



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE ECONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM POLÍTICAS PÚBLICAS,
ESTRATÉGIAS E DESENVOLVIMENTO**

MANUEL VICTOR MARTINS DE MATOS

**DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO E INDÚSTRIA
PETROLÍFERA BRASILEIRA: AS REDES E ESTRATÉGIAS DO
SISTEMA PRODUTIVO SUBMARINO**

Rio de Janeiro, RJ
Maio de 2020

MANUEL VICTOR MARTINS DE MATOS

**DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO E INDÚSTRIA
PETROLÍFERA BRASILEIRA: AS REDES E ESTRATÉGIAS DO
SISTEMA PRODUTIVO SUBMARINO**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Políticas Públicas, Estratégia e Desenvolvimento (PPED) do Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciências, em Políticas Públicas, Estratégias e Desenvolvimento.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Gerson Pessoa de Matos
Coorientador: Prof. Dr. Edmar Luiz Fagundes de Almeida

Rio de Janeiro, RJ
Maio de 2020

FICHA CATALOGRÁFICA

M433 Matos, Manuel Victor Martins de.
Desenvolvimento tecnológico e indústria petrolífera brasileira: as redes e estratégias do sistema produtivo submarino / Manuel Victor Martins de Matos. – 2020.
317 f.; 31 cm.

Orientador: Marcelo Gerson Pessoa de Matos.

Coorientador: Edmar Luiz Fagundes de Almeida.

Tese (doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Economia, Programa de Pós-Graduação em Políticas Públicas, Estratégias e Desenvolvimento, 2020.

Bibliografia: f. 273-287.

1. Sistema produtivo submarino. 2. Indústria petrolífera - Brasil. 3. Competência tecnológica. I. Matos, Marcelo Gerson Pessoa de, orient. II. Almeida, Edmar Luiz Fagundes de, coorient. III. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Instituto de Economia. IV. Título.

CDD 681.766 5

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária: Bruna Amarante Oliveira CRB 7 – 6602
Biblioteca Eugênio Gudin/CCJE/UFRJ

**DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO E INDÚSTRIA PETROLÍFERA
BRASILEIRA: AS REDES E ESTRATÉGIAS DO SISTEMA PRODUTIVO
SUBMARINO**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Políticas Públicas, Estratégia e Desenvolvimento (PPED), Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciências, em Políticas Públicas, Estratégias e Desenvolvimento.

Aprovada em 14 de maio de 2020 pela Banca Examinadora

Prof. Dr. Marcelo Gerson Pessoa de Matos (Orientador)

Prof. Dr. Edmar Luiz Fagundes de Almeida (Coorientador)

Prof. Dr. José Vitor Bomtempo Martins (PPED-UFRJ)

Prof. Dr. Marina Honório de Souza Szapiro (IE-UFRJ)

Prof. Dr. Marcelo Igor Lourenço de Souza (Engenharia Oceânica-UFRJ)

Prof. Dr. Jorge Nogueira de Paiva Britto (Economia-UFF)

Agradecimentos

A construção de uma tese exige muito esforço, dedicação, organização; além de foco e determinação na busca de informações e aprendizados. É evidente então, que isso só é possível com a participação, auxílio e força de familiares, professores, especialistas e amigos. Nesse caminho ao longo de quatro anos, pude conviver com pessoas especiais e devo a elas também essa conquista. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Agradecer inicialmente à Deus e à intercessão de Nossa Senhora, pois em todos os momentos, mesmo nos mais difíceis, pude me sentir agraciado e confiante no meu caminhar. Também aos meus familiares, em especial meus pais e irmãos, que estiveram ao meu lado apoiando no aprendizado e na intempérie apesar das dúvidas, dificuldades e incertezas que a vida acadêmica nos expõe. Sempre com aquele abraço e acolhimento que só vocês são capazes de me prover.

Me sinto honrado e realizado por ter tido a oportunidade de trocar experiências e vivências em uma instituição que reúne um corpo docente e discente inspirador e qualificado. Ao meu orientador Marcelo Pessoa de Matos, que se predispôs a acolher meu projeto e ideias agregando vivamente ao trabalho através de indicações de referenciais teóricos, de aprazíveis discussões e de seu bom humor típico. Ao meu coorientador Edmar de Almeida, meu agradecimento por sempre apoiar e subsidiar nos debates com indicações preciosas de quem é profundo conhecedor do setor de óleo e gás. Ambos acreditaram nos meus esforços e que eu seria capaz de alcançar os objetivos.

Preciso agradecer aos diversos professores do Instituto de Economia que participaram desta caminhada compartilhando seus conhecimentos e apontamentos. Em especial, ao Prof. Hélder Queiroz, me orientando e auxiliando na fase inicial da pesquisa. Aos professores, Robson Silva e Adrianno Oliveira da UFRRJ por sempre me acolherem.

Quero agradecer aos colegas do PPED/UFRJ e aos amigos da vida e de crisma pelos nossos encontros revigorantes onde podíamos trocar nossos anseios e expectativas. Sem vocês o caminho seria ainda mais duro e complicado. A energia positiva passada foi sem igual!

Por fim, aos especialistas e entrevistados de empresas, instituições de pesquisa e organizações governamentais que se dispuseram a me receber e passar informações e conhecimentos técnicos acerca do Sistema Produtivo Submarino. Àqueles que não tiveram a mesma disponibilidade fica também meu agradecimento. Fui bem recebido por todos e a pesquisa de campo só foi possível graças a estes profissionais que vivem e respiram o segmento com muita dedicação.

RESUMO

MATOS, Manuel Victor Martins de. Desenvolvimento tecnológico e indústria petrolífera brasileira: as redes e estratégias do sistema produtivo submarino. Tese de Doutorado. Instituto de Economia – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2020.

A indústria petrolífera brasileira enfrenta um período de grandes desafios geopolíticos e econômicos; e apesar disso, tem apresentado aumentos sucessivos da produção. O desenvolvimento tecnológico se tornou imperativo para ultrapassar as especificidades técnicas dos campos e, desde os anos 1970, a exploração e produção (E&P) *offshore* construiu no país importantes competências. O sistema produtivo submarino (SPS) se constitui como uma fronteira tecnológica essencial nesta indústria para a redução de custos e obtenção de ganhos de eficiência. Neste sentido, o presente trabalho investiga qual o potencial do SPS na constituição de um núcleo dinamizador de atividades industriais e competências tecnológicas no Brasil. Para responder tal questão, o referencial teórico de sistema de inovação, de processo de mudança tecnológica e de regime tecnológico é utilizado com o intuito de aportar ao método investigativo e às análises. Por meio da pesquisa de campo e bibliográfica e do questionário misto, o trabalho busca compreender a organização das redes do SPS e a captação das percepções e estratégias de especialistas e atores do SPS. A partir disso, se analisam temáticas fundamentais para auferir acerca das potencialidades e desdobramentos em que o SPS pode gerar efeitos indutores nas atividades industriais brasileiras. A tese aponta que foram e são desenvolvidas capacitações e infraestruturas capazes de enfrentar os desafios tecnológicos dos campos brasileiros, porém o SPS brasileiro demonstrou ser maduro e limitado na criação de sinergias e ligações interindustriais. Portanto, o potencial do SPS como um núcleo dinâmico para as atividades industriais no Brasil é baixo e depende de mudanças em políticas públicas; da promoção da cooperação entre os atores, inclusive interindustrial; e da inserção de tecnologias dos *clusters* tecnológicos com maior enlace.

Palavras-Chave: indústria petrolífera brasileira; indústria *offshore*; sistema produtivo submarino; núcleo dinâmico industrial; competências tecnológicas; pesquisa, desenvolvimento e inovação.

ABSTRACT

MATOS, Manuel Victor Martins de. Technological development and brazilian oil industry: the networks and strategies of submarino production system. PhD Thesis. Institute of Economy – Federal University of Rio de Janeiro, 2020.

The Brazilian oil industry faces a period of great geopolitical and economic challenges. Despite this, it has stated successive increases in production. The technology development has become imperative to overcome the technical specificities of the fields and, since the 1970s, the offshore exploration and production built important skills in the country. The subsea productive system (SPS) is an essential technological frontier in this industry to reduce costs and obtain efficiency gains. In this sense, the present work investigates the potential of the SPS in the constitution of a dynamic core of industrial activities and technological competences in Brazil. To answer this question, the theoretical framework used to contribute to the investigative method and the analyzes was innovation system, technological change process, technological regime and dynamic capability. Through field and bibliographic research and the mixed questionnaire, the work seeks to understand the organization of the SPS networks and capture the perceptions and strategies of specialists and actors of the SPS. From this, fundamental themes are analyzed to explore about the potentialities and developments of the SPS and the generation of induction effects in Brazilian industrial activities. The thesis points that exists an important development in capacities and infrastructures to promote the skills and knowledge to face the technological challenges of the Brazilian fields. However, the Brazilian SPS proved to be mature and limited in creating synergies and inter-industrial connections. Therefore, the potential of the SPS as a dynamic core for industrial activities in Brazil is low and depends on changes in public policies; promoting cooperation between actors, including inter-industry; and the insertion of technologies from the technological clusters with the highest link with SPS.

Keywords: Brazilian oil industry; offshore industry; subsea production system; industry dynamic core; technology competencies; research, development and innovation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Modelo de Árvore de Natal Molhada usada no pré-sal	26
Figura 2: Instalação de manifold submarino de produção no campo de Roncador em 2014	27
Figura 3: Relação entre os principais componentes de um SPS	31
Figura 4: Exemplo de um arranjo de SPS e os equipamentos associados	32
Figura 5: Exemplo de um arranjo submarino com poços satélites e cluster	37
Figura 6: Desenvolvimentos técnicos no sistema de <i>risers</i> do pré-sal (2010-2017)	47
Figura 7: Mapa do arcabouço teórico	99
Figura 8: Distribuição regional de produção e consumo de petróleo (2015 e estimado para 2030)	109
Figura 9: Histórico e principais acontecimentos relacionados com o Conteúdo Local no Brasil até 2017	129
Figura 10: Disposição das Resoluções da ANP no ambiente <i>offshore</i>	137
Figura 11: Instituições Credenciadas por estado da federação (até 31 de março de 2019)	146
Figura 12: Rede de projetos de pesquisa no âmbito da cláusula de PD&I relativos ao SPS (até 31 de março de 2019)	149
Figura 13: Principais desdobramentos e segmentos industriais envolvidos na rede de equipamentos e serviços do pacote tecnológico 1	177
Figura 14: Principais desdobramentos e segmentos industriais envolvidos na rede de equipamentos e serviços do pacote tecnológico 2	192
Figura 15: Principais desdobramentos e segmentos industriais envolvidos na rede de equipamentos e serviços do pacote tecnológico 3	202

Quadro 1: Operações nas fases de gerenciamento da integridade	43
Quadro 2: Descrição dos pacotes tecnológicos no SPS	63
Quadro 3: Principais contribuições da abordagem de Sistema Nacional de Inovação.	78
Quadro 4: Formas de aprendizado da cooperação tecnológica no ambiente interno...	86
Quadro 5: Principais condicionantes do conceito de regimes tecnológicos.....	91
Quadro 6: Classificação da estratégia inovativa das firmas.....	94
Quadro 7: Detalhamento de conceitos-utilização-referências.....	98
Quadro 8: Questões norteadoras para o questionário misto.....	101
Quadro 9: Atividades admitidas para aplicação dos recursos da cláusula de PD&I.....	140
Quadro 10: Resumo das principais infraestruturas e ofertas desenvolvidas pelas fornecedoras no SPS brasileiro.....	160
Quadro 11: Resumo dos principais desenvolvimentos e produções das instituições de pesquisa no SPS brasileiro.....	170
Quadro 12: Principais interações e infraestruturas do Pacote Tecnológico 1	180
Quadro 13: Principais interações e infraestruturas do Pacote Tecnológico 2	194
Quadro 14: Principais interações e infraestruturas do Pacote Tecnológico 3	205
Quadro 15: Implicações potenciais para o SPS brasileiro	253
Tabela 1: Principais indicadores da indústria de petróleo e gás no Brasil e no Mundo (anos selecionados 2010, 2014 e 2017)	107
Tabela 2: Produção brasileira de petróleo em terra e mar e no polígono do pré-sal (2010-2017)	113
Tabela 3: Receitas e nº de empregados das empresas globais de fornecimento no SPS (2018)	120
Tabela 4: Evolução dos recursos no PRH-ANP entre 2008 e 2017 (Mil R\$)	143
Tabela 5: Contratos firmados com a Petrobras ativos em abril de 2019: empresas selecionadas.....	153

Gráfico 1: Estimativa da produção de petróleo no Brasil.....	110
Gráfico 2: Volume de petróleo offshore certificado no mundo por profundidade.....	111
Gráfico 3: Produção de petróleo por profundidade (2005-2015).....	112
Gráfico 4: Gastos (bilhões US\$) em projetos globais de E&P por países (média anual 2018-2025).....	115
Gráfico 5: Instalações de infraestrutura submarina.....	117
Gráfico 6: Gasto global no SPS.....	118
Gráfico 7: Volume de obrigações geradas pela cláusula de investimentos em PD&I..	124
Gráfico 8: Participação das concessionárias na produção de petróleo brasileira (2017).....	125

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABDI - Associação Brasileira de Desenvolvimento Industrial

ABESPETRO - Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Petróleo

ANM - Árvore de Natal Molhada

ANP – Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

AUV - *Autonomous Underwater Vehicle*

BAP - Base Adaptadora de Produção

BCB – Banco Central do Brasil

BCS - Bombeio Centrífugo Submerso

BM - Banco Mundial

BNDES - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

BNDES P&G - Programa BNDES de Apoio ao Desenvolvimento da Cadeia de Fornecedores de Bens e Serviços Relacionados ao Setor de Petróleo e Gás Natural

BP - *British Petroleum*

CAPEX - *Capital Expenditure*

CENPES - Centro de Pesquisa e Desenvolvimento Leopoldo Américo Miguez de Mello

CEPAL - Comissão Econômica para América Latina e Caribe

CEPALSTAT – Base de dados e publicações estatísticas da CEPAL

CEPERJ - Fundação Centro Estadual de Estatísticas, Pesquisas e Formação de Servidores Públicos do Rio de Janeiro

CGEE - Centro de Gestão e Estudos Estratégicos

CNPE - Conselho Nacional de Política Energética

E&P – Exploração e Produção

EIA - *U.S. Energy Information Administration*

Embrapii – Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial

ENADE - Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes

EPE – Empresa de Pesquisa Energética

FIESP – Federação das Indústrias do Estado de São Paulo

FINEP - Financiadora de Estudos e Projetos

FIRJAN - Federação das Indústria do Estado do Rio de Janeiro

FMECO - *Failure Mode, Effects, And Criticality Analysis*

FMI – Fundo Monetário Internacional

FNDCT - Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

FPSO - *Floating Production, Storage and Offloading*

HAZOP - *Hazard And Operability Study*

IA – Inteligência Artificial

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IBP - Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustíveis

IED – Investimento Estrangeiro Direto

IDH – Índice de Desenvolvimento Humano

IEA-International Energy Agency

IEL - Instituto Euvaldo Lodi

IOF - Imposto sobre Operações Financeiras

JIP - *Joint Industry Project*

MCV - Módulos de Conexão Vertical

MME - Ministério de Minas e Energia

MODA - Monitoramento Óptico Direto no Arame

NOV - National Oilwell Varco

Nymex - Bolsa de Mercadorias de Nova Iorque

OECD – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico

OLADE - Organização Latino-americana de Desenvolvimento de Energia

OMPETRO - Organização dos Municípios Produtores de Petróleo

ONIP - Organização Nacional da Indústria de Petróleo

OPEP – Organização dos Países Exportadores de Petróleo

OPEX – *Operational Expenditure*

OTC - *Offshore Technology Conference*

PCL – Política de Conteúdo Local

PE – Participações Especiais

P&D – Pesquisa e Desenvolvimento

PD&I – Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação

PETROBRAS – Petróleo Brasileiro S.A.

PIB – Produto Interno Bruto
PIG - *Pipeline Inspection Gauge*
PLEM - Pipeline End Manifold
PLET - Pipeline End Termination
PRH ANP- Programa de Recursos Humanos para o Setor Petróleo e Gás
PROCAP - Programa de Capacitação Tecnológica em Águas Profundas
PROMINP - Programa de Mobilização da Indústria Nacional de Petróleo e Gás Natural
PUC – Pontifícia Universidade Católica
ROV – Remoted Operation Vehicle
SSGS - Sistema de Gerenciamento de Sistemas Submarinos
SPS – Sistema Produtivo Submarino
SSAO - Separador Submarino Água-Óleo
SSPP - Sistema Submarino de Produção Petrolífera
SURF - *Subsea Umbilical, Risers and Flowlines*
TLP - Teste de Longa Duração
UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro
UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas
USP – Universidade de São Paulo

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	16
1. CAPÍTULO 1 - A ENGENHARIA SUBMARINA E AS TECNOLOGIAS ENVOLVIDAS NO SISTEMA PRODUTIVO SUBMARINO	23
1.1. O SISTEMA SUBMARINO DE PRODUÇÃO PETROLÍFERA	24
1.2. DEFININDO A ARQUITETURA DE UM SISTEMA SUBMARINO DE PRODUÇÃO PETROLÍFERA	30
1.3. OS PRINCIPAIS SERVIÇOS PRESTADOS NO DESENVOLVIMENTO DE UM CAMPO SUBMARINO	39
1.3.1 Serviços de instalação dos equipamentos submarinos	39
1.3.2 Serviços de gerenciamento de integridade da produção	42
1.4. DESAFIOS E TECNOLOGIAS EMERGENTES	45
2. CAPÍTULO 2 - MARCO TEÓRICO E METODOLOGIA DE PESQUISA	64
2.1. O PROCESSO DE MUDANÇA TÉCNICA: TRAJETÓRIAS TECNOLÓGICAS E A ABERTURA DE JANELAS DE OPORTUNIDADES	66
2.1.1. Trajetórias e mudança tecnológica: a quebra de paradigmas	67
2.1.2. A abertura de janelas de oportunidades: o avanço tecnológico como fator indutor	71
2.1.3. O processo de redução e convergência de <i>catching up</i>	73
2.2. SISTEMAS DE INOVAÇÃO E RELAÇÕES EM REDE	75
2.2.1. O Referencial de Sistemas de Inovação	76
2.2.2. Redes de Inovação: complementariedades e efeitos indutores	82
2.3. SISTEMA DE INOVAÇÃO E TRAJETÓRIA DE MUDANÇA TECNOLÓGICA EM PERSPECTIVA DE SISTEMAS PRODUTIVOS OU SETORIAL	87
2.3.1. Por dentro dos sistemas de inovação: a perspectiva setorial	87
2.3.2. Regime tecnológico: especificidades e estratégias dos atores do sistema produtivo	90
2.4. A DISCUSSÃO DE ESTRATÉGIAS INOVATIVAS DAS FIRMAS	93
2.5. DIMENSÕES ANALÍTICAS E OS ELEMENTOS DA METODOLOGIA DE PESQUISA	96
3. CAPÍTULO 3 – UM PANORAMA DO SISTEMA DE INOVAÇÃO DO SISTEMA PRODUTIVO SUBMARINO BRASILEIRO	104
3.1. CONTEXTUALIZAÇÃO E DEMANDA	104
3.1.1. Indústria petrolífera e demanda: os principais indicadores	106
3.1.2. A perspectiva <i>offshore</i> e o posicionamento brasileiro nos projetos ao redor do mundo	111
3.2. SUBSISTEMA DE PRODUÇÃO E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA	115
	13

3.2.1.	O mercado global do Sistema Produtivo Submarino	116
3.2.2.	O principal demandante do Sistema Produtivo Submarino no Brasil: o papel da Petrobras	121
3.3.	SUBSISTEMA DE POLÍTICAS, PROMOÇÃO, REPRESENTAÇÃO E FINANCIAMENTO	126
3.3.1.	As políticas públicas para o desenvolvimento operacional da indústria	127
3.3.1.1.	Calendário de rodadas de licitação	127
3.3.1.2.	Política de conteúdo local	129
3.3.1.3.	Repetro-Sped	132
3.3.1.4.	Política de compras das Estatais	134
3.3.1.5.	Regulações de integridade dos ativos	136
3.3.2.	Fomento e apoio financeiro à inovação	138
3.3.2.1.	Cláusula de investimento em Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I)	139
3.3.2.2.	CT Petro	142
3.3.2.3.	Programa de Formação de Recursos Humanos da ANP	142
3.4.	SUBSISTEMA DE CRIAÇÃO DE CAPACITAÇÕES, PESQUISA E SERVIÇOS TECNOLÓGICOS	144
3.5.	PRINCIPAIS CONCLUSÕES DOS SUBSISTEMAS	150
4.	CAPÍTULO 4 - COMPETÊNCIAS, ESTRATÉGIAS E POLÍTICAS PÚBLICAS: O POTENCIAL INOVATIVO DO SPS BRASILEIRO	151
4.1.	A PARTICIPAÇÃO DAS EMPRESAS FORNECEDORAS DO SPS NO MERCADO BRASILEIRO	151
4.2.	A CONFIGURAÇÃO DAS REDES MERCANTIS E DE COMPETÊNCIAS DO SISTEMA PRODUTIVO SUBMARINO POR PACOTES TECNOLÓGICOS	155
4.2.1.	Pacote tecnológico 1: Processos de controle de fluxos	176
4.2.2.	Pacote tecnológico 2: Processos de transporte de fluxos	191
4.2.3.	Pacote tecnológico 3: Processos de gerenciamento da integridade da produção	200
4.2.4.	Principais conclusões acerca da configuração das redes nos pacotes tecnológicos	210
4.3.	A CONFIGURAÇÃO DAS ESTRATÉGIAS NO AVANÇO DE COMPETÊNCIAS NO SISTEMA PRODUTIVO SUBMARINO POR GRUPO DE ATORES	213
4.3.1.	Relevância do mercado brasileiro do SPS	213
4.3.2.	Relevância da inovação para os atores	216
4.3.3.	Formas e critérios de contratação	220
4.3.4.	Fontes de financiamento para o processo de inovação	221
4.3.5.	Dificuldades para inovar	222
4.3.6.	As estratégias de apropriação e proteção	226
4.3.7.	Perspectivas sobre os desafios emergentes, o <i>subsea factory</i> e as tecnologias disruptivas	229
4.3.8.	Relevância das políticas públicas	236
4.4.	PRINCIPAIS DESDOBRAMENTOS E POTENCIALIDADES DO SPS	245
4.5.	PROMOVENDO O SPS BRASILEIRO: SUGESTÕES DE POLÍTICAS PÚBLICAS	257

CONCLUSÃO	263
BIBLIOGRAFIA	275
APÊNDICE A – ROTEIRO DO QUESTIONÁRIO: ÓTICA DAS PETROLÍFERAS	290
APÊNDICE B – ROTEIRO DO QUESTIONÁRIO: ÓTICA DOS FORNECEDORES	299
APÊNDICE C – ROTEIRO DO QUESTIONÁRIO: ÓTICA DAS INSTITUIÇÕES DE PESQUISA	309
APÊNDICE D – LISTA DE ENTREVISTADOS	318

INTRODUÇÃO

As *commodities* energéticas cumprem um papel fundamental no crescimento econômico e no fornecimento energético à sociedade. Alguns países e regiões se destacam pelas reservas e produção destas *commodities*, a ponto de existir uma dependência das receitas. Esta dependência pode causar alterações na estrutura produtiva e fenômenos econômicos como “doença holandesa”, reprimarização da pauta exportadora e desindustrialização (MATOS, 2012).

Além dos impactos dessas receitas nos países produtores, a indústria petrolífera¹ ainda impacta por meio do desenvolvimento industrial da cadeia produtiva e do direcionamento de investimentos e tecnologias nas áreas receptoras das operações e infraestruturas.

Desta forma, a indústria petrolífera é capaz de impactar a estrutura produtiva e o desenvolvimento econômico e regional, não apenas pela via das rendas extraordinárias originadas da venda das *commodities*, mas também, pelo arrasto e propulsão causado pelo desenvolvimento industrial (MATOS, 2015).

O período conhecido como “boom das *commodities*” (2000-2014) ficou marcado pela alta dos níveis de preços das *commodities* e pela bonança advinda das rendas extraordinárias usufruídas pelas indústrias extrativas e governos. As *commodities* energéticas (petróleo, gás e carvão) obtiveram destaque neste período por serem consideradas estratégicas para o crescimento econômico das nações.

Dados do Banco Mundial mostram que a média do crescimento do PIB latino-americano entre 2004-2013 foi de 4,1% e o Chinês de 10,1%. Ou seja, além do mercado relativo aos países da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), outros mercados passaram a demandar em maior medida o produto.

O esforço das petrolíferas neste período é evidente se observarmos os dados de reservas provadas mundiais. Segundo a British Petroleum (BP) (2019), em 1998 as reservas provadas eram de 1,14 trilhões de barris e este dado evoluiu para 1,49 em 2008 e 1,72 em 2018. Isso significa um incremento de quase 236 bilhões de barris entre 2008 e 2018.

¹ Quando se faz menção ao termo “petrolífero(a)”, normalmente se refere ao petróleo assim como ao gás.

Esse ciclo de alta de preços permitiu à indústria petrolífera novas experiências na busca de reservas mesmo em ambientes demandantes de maior esforço tecnológico e financeiro. As descobertas de grandes reservas e a evolução no processo de exploração e produção (E&P) em ambientes marinhos receberam vultuosos investimentos por parte das grandes petrolíferas.

Foram significantes os incrementos nas reservas provadas e o avanço nas tecnologias relativas à produção em águas ultraprofundas. As regiões produtoras *offshore* (em mar) do “triângulo de ouro” (Golfo do México, Brasil e Oeste africano) lideraram as descobertas de novos campos produtores e exigiram que se avançassem os estudos acerca da engenharia submarina.

Por esta razão, parte importante dos montantes de investimentos das empresas foram destinados ao sistema submarino de produção petrolífera² (SSPP) a fim de atender às demandas produtivas e tecnológicas.

Porém, em 2014 o nível de preços do petróleo sofreu forte queda encerrando o ciclo de boom. O preço saiu do patamar dos US\$100/barril em 2014 para os US\$30/barril no segundo semestre de 2015 (ANP, 2016). Conforme Pinto Jr (2016), a crise econômica mundial, a dificuldade dos países da Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP) em manter os acordos de produção e a queda da importação dos EUA devido à produção do *shale*³ são alguns dos motivos para o fim do ciclo.

Desde então, a indústria de óleo e gás (O&G) vem convivendo com a volatilidade dos preços em escala global, o alcance da maturidade dos ativos e a dificuldade de acesso aos reservatórios. Além disso, os custos de E&P inflacionaram sobremaneira com os sucessivos aumentos do preço entre 2000 e 2014. Essa indústria enfrenta um período de desafios que a coloca à prova em questões como: as inovações e os sistemas tecnológicos, um futuro sustentável e as incertezas econômicas especialmente quanto ao apetite para investimentos.

² Este termo é utilizado na engenharia de petróleo e submarina para se referir ao conjunto de áreas de conhecimento necessárias para o desenvolvimento de campos submarinos de petróleo e gás. Será abordado com mais detalhes no primeiro capítulo do trabalho.

³ Os EUA conseguiram desenvolver tecnologias de produção de petróleo e gás em rochas de hidrocarbonetos a partir de folhelhos de xisto.

A melhora dos níveis de preços a partir de 2017 e a manutenção da participação do petróleo no consumo global são indicadores que dão um novo fôlego financeiro às companhias. Frente a esse contexto, a indústria petrolífera passa por um período de reestruturação e ajuste. O modelo de negócios das Companhias de Petróleo Internacionais (IOCs, sigla em inglês) e das grandes fornecedoras globais procuraram se adequar a radical mudança de patamar de preços de 2014 com a redução do *capital expenditure* (Capex)⁴. Isso levou a focalização dos investimentos em segmentos os quais são considerados estratégicos para as pretensões financeiras de cada companhia.

A urgência por uma resposta de adequação empresarial a esta dinâmica complexa (comercial e técnica) implica na tentativa de reversão dos constrangimentos financeiros por meio de corte de custos e ganhos de eficiência⁵. Assim, é fundamental o alcance sistemático de inovações e melhorias, em um ambiente de grande escala e riscos atrelados ao conhecimento e experiências produtivas. Ao mesmo tempo, faz parte dessa dinâmica, a aquisição e fusão de empresas, além da possibilidade de reposicionamento das atividades e marcas no mercado.

A busca por soluções tecnológicas capazes de proporcionar melhores custo-benefício nas operações se tornou um imperativo. Isso inclusive vem ampliando a colaboração⁶ entre as empresas do setor e as indústrias com enlaces tecnológicos (aeroespacial, defesa, tecnologia da informação, telecomunicação, biomedicina e automotivo).

⁴ Ler mais em Queiroz (2016) e Almeida e Losekann (2016a) acerca da adequação de modelos de negócios das companhias. Sobre o Capex, é um termo que expressa os gastos com os projetos de E&P.

⁵ Sobre os custos de produção, Almeida e Losekann (2016a) notam que os cortes no investimento são inevitáveis e isso faz com que as operadoras direcionem seus recursos em áreas com menor custo de produção possível. Historicamente, a correlação entre o preço e os custos de E&P é forte.

⁶ A colaboração para o desenvolvimento de inovações é uma alternativa importante em segmentos que tem se tornado espaço de pressões da sociedade civil e de investidores, como a segurança das operações e a maior efetividade das ações relacionadas a mudanças climáticas. Em áreas de inovação onde a competição não é explícita essa interação se facilitaria, conformando-se em um passo importante para que a colaboração na inovação venha a ser uma norma no upstream e se crie uma cultura da inovação.

Desta forma, a disputa entre ambientes e projetos de produção petrolífera (ex.: pré-sal⁷, areias betuminosas, *shale*) demonstra um novo contexto de abundância e diversidade na oferta. Nesse contexto, quanto menor for o *break even*⁸, maiores os lucros das petroleiras envolvidas e maior o incentivo das IOCs para atuarem em novos projetos. A necessidade de maiores esforços de inovação se encontra em projetos não convencionais de E&P, pois assim é possível reduzir custos e aumentar a produtividade. Por isso, as maiores mobilizações de inovação estão nos projetos de *offshore* e de *shale*.

A International Energy Agency (IEA) (2013) aponta como questão fundamental para a E&P ultraprofunda a necessidade de estabelecer atividades no leito marinho e sua operação remota da superfície oceânica e em muitos casos a alguns quilômetros da costa. É deste tipo de desafio que a tecnologia submarina trata e busca soluções.

Assim sendo, apesar do SPS ter avançado sobremaneira nas últimas décadas, este representa uma oportunidade de um grande salto com a inserção de tecnologias industriais da fronteira tecnológica. Isso visto a necessidade da produção petrolífera para atendimento da demanda e da superação de desafios e constrangimentos para o desenvolvimento dos campos.

Antes de avançar na linha de raciocínio da introdução, é fundamental observar a utilização de termos que se referem ao tema central da pesquisa. No jargão da indústria o Sistema Submarino de Produção Petrolífera (SSPP) é conhecido pelo termo em inglês “*subsea*” (em português submarino). Na economia, o termo Sistema Produtivo está relacionado ao conjunto de elementos que se interligam para a produção de um bem ou serviço para obter um resultado final.

Assim, de modo a aliar o termo derivado da engenharia (Sistema Submarino de Produção Petrolífera), do jargão de mercado (*Subsea*) e da economia (Sistema Produtivo); a tese tratará o seu tema central como Sistema Produtivo Submarino (SPS). Assim, o SPS

⁷ O pré-sal está localizado na Bacia do Espírito Santo, na Bacia de Santos (a 300 km da costa) e na Bacia de Campos (a 100 km da costa), entre os Estados de Santa Catarina e Espírito Santo. As áreas apresentam atividades que envolvem explorações em profundidades de 6000 metros a partir do nível do mar, em média, sendo cerca de 2000 metros de lâmina d'água e 2000 metros de sal.

⁸ Termo usado para designar o preço de mercado em que a receita é igual aos custos, onde não existe lucros nem perdas.

engloba os aspectos relacionados ao conjunto de elementos que interagem com o intuito de dispor de equipamentos, estruturas e serviços para o SSPP.

A partir desta contextualização mais ampla, deve-se notar que o ambiente produtivo brasileiro se insere como destacado *player* nesse contexto internacional de disputa, redesenho dos projetos e inserção tecnológica; especialmente pelo potencial exploratório e produtivo no ambiente do pré-sal⁹.

Visto o potencial dos reservatórios e investimentos e a experiência de décadas de E&P em águas ultraprofundas¹⁰, o Brasil se candidata a ser um dos principais países do mundo no avanço da fronteira tecnológica relacionada ao SPS.

A justificativa para o estudo paira sobre a oportunidade de discutir o domínio atual e os possíveis avanços da tecnologia do SPS da indústria brasileira, tendo em vista a complexidade tecnológica que articula diferentes áreas do conhecimento e competências e tecnologias de diversos segmentos econômicos, apresentando, assim, o potencial de exercer amplos efeitos indutores dinâmicos de avanços tecnológicos.

É desta questão central que a tese se debruça: qual é o potencial do sistema produtivo submarino na constituição de um núcleo dinamizador de atividades industriais e competências tecnológicas no Brasil? As perguntas subsidiárias são, portanto: (i) como o sistema de inovação do SPS no Brasil tem se organizado para o desenvolvimento de tecnologias e mudanças técnicas na fronteira tecnológica? e; (ii) como a atuação do estado (políticas públicas e marco legal/regulatório) pode contribuir para a ampliar o potencial de desenvolvimento industrial e tecnológico no Brasil a partir do sistema de inovação no SPS?

A hipótese relativa ao problema central da pesquisa está na expectativa de que as redes do SPS brasileiro, do modo como se configuram, possibilitam a geração de efeitos indutores e avanços tecnológicos, se conformando em um polo tecnológico dinâmico na economia brasileira.

⁹ A despeito da importância dos campos maduros do offshore brasileiro, o potencial do pré-sal tem impressionado analistas. A província pré-sal, descoberta em 2006 em águas ultraprofundas, é composta por grandes acumulações de óleo leve, de boa qualidade e com alto valor comercial. Isso representa uma forte alteração da escala de demanda tecnológica e a necessidade de avanço na fronteira tecnológica imposta.

¹⁰ A Petrobras, no papel de empresa estatal, tem sido o eixo principal do avanço tecnológico devido às experiências e aprendizagem acumuladas com a E&P offshore desde a década de 1970.

Uma segunda hipótese é que se espera encontrar uma configuração de players, destacadamente multinacional e geridos por estratégias externas, que colocam substanciais desafios para uma política que objetive estimular o desenvolvimento de um sistema setorial de inovação no SPS, de modo dinâmico e na fronteira tecnológica internacional.

A partir disto, o objetivo principal é analisar as redes do SPS brasileiro e o posicionamento estratégico dos seus *players*, os efeitos indutores gerados (e potenciais) pelo processo de inovação e as políticas públicas que promovem e influenciam esta dinâmica. Isso visa descortinar o potencial deste sistema produtivo constituir um eixo estratégico e dinâmico de desenvolvimento industrial e tecnológico no país e o potencial do poder público promovê-lo.

Os objetivos específicos podem ser elencados da seguinte forma:

- Estudar a recente dinâmica de desenvolvimento tecnológico do SPS brasileiro e a abertura de janelas de oportunidades à indústria brasileira.
- Mapear os grandes pacotes/clusters tecnológicos relevantes e desafiadores para a expansão do SPS e as competências tecnológicas requeridas neste.
- Tendo em vista as capacidades tecnológicas existentes e necessárias, caracterizar os *players* e as redes tecnoeconômicas que se estabelecem a partir do SPS brasileiro.
- Apontar e discutir os potenciais e efetivos efeitos indutores do SPS no ambiente intra-setorial e intersetorial.
- Analisar as potencialidades tecnológicas, estudando as políticas públicas que auxiliam na superação de desafios e oportunidades, de forma a se aproveitar o potencial indutor/mobilizador tecnológico deste sistema produtivo.

De modo a responder a essas questões, a tese é estruturada em quatro capítulos. O primeiro capítulo procura situar o leitor sobre a engenharia submarina e as tecnologias envolvidas na produção petrolífera *offshore*. A ideia é expor também do que se trata o SPS em termos técnicos e comerciais.

O capítulo 2 discute o marco conceitual e teórico a ser utilizado como embasamento para a metodologia proposta. São abordados conceitos relacionados ao processo de mudança técnica, sistemas de inovação e regimes tecnológicos; observando como eles interagem e se conectam.

No capítulo 3 é realizado um esforço para compreender e apresentar o panorama e a trajetória do SPS brasileiro. Para isso, as seções foram divididas em grandes temas divididos a partir dos subsistemas de inovação como: a participação do Brasil na produção *offshore* mundial e a competição entre projetos de desenvolvimento de campos; as grandes fornecedoras presentes no mercado do SPS e a configuração do mercado mundial de equipamentos; as políticas públicas de promoção e financiamento no Brasil; e a base científica nacional existente.

O último capítulo tem como objetivo examinar o potencial inovativo das redes de comércio, de inovação, de aprendizado e de cooperação visto as capacidades tecnológicas das empresas envolvidas no setor. Primeiramente, procura-se estudar o mercado brasileiro do SPS, para então discutir a constituição; a organização das redes; as relações interindustriais; e as capacitações tecnológicas com o fim de observar a dinâmica do SPS na indústria brasileira.

Após, são expostas as estratégias no avanço de competências do SPS brasileiro. Concluindo o capítulo a ideia é apontar os principais desdobramentos e potencialidades do SPS; sugerindo ações para promoção destas e apresentando os resultados dos questionamentos levantados.

Encerrando o trabalho, as conclusões da pesquisa são apresentadas, expondo as respostas às hipóteses e objetivos da tese. Além disso, as limitações e as sugestões para trabalhos futuros são incluídas.

1. CAPÍTULO 1 - A ENGENHARIA SUBMARINA E AS TECNOLOGIAS ENVOLVIDAS NO SISTEMA PRODUTIVO SUBMARINO

Com as grandes descobertas no ambiente *offshore* e a necessidade de E&P petrolífera neste ambiente, a engenharia e tecnologia submarina avançou sobremaneira a partir do desenvolvimento de melhorias, novos produtos e novas técnicas. Estas contribuíram para avanços na segurança operacional, na eficiência produtiva e na durabilidade dos ativos submarinos.

Nos últimos anos, a partir do desenvolvimento e o início da inserção de novas tecnologias com potencial em diversas atividades econômicas (redes de comunicação, materiais avançados, digitalização, dentre outras), a fronteira tecnológica do SPS se expandiu e demonstra espaço para importantes avanços que podem promover importante redução de custos e tempo de operação, aumento da taxa de recuperação de óleo e melhoria na integridade de ativos.

Levando em conta a diferenciação explicitada na introdução acerca de Sistema Submarino de Produção Petrolífera (SSPP) e Sistema Produtivo Submarino (SPS), este capítulo visa descrever os principais pontos do SSPP. É preciso dizer que o SSPP envolve processos de perfuração, de desenvolvimento do campo e operação do campo. Eles se conectam e relacionam, inclusive interferindo nas possibilidades de aplicações de equipamentos, serviços e tecnologias.

Porém, para efeito deste trabalho, com foco nos equipamentos e serviços relacionados a todo o processamento marinho circunscrito do leito marinho à lâmina d'água; o SSPP consiste em um poço submarino completado, uma cabeça de poço submarina, uma árvore de natal, um sistema de linhas de fluxos, um grupo de equipamentos submarinos e um sistema de controle para operar o poço.

Por fim, a intenção do capítulo 1 é expor o devido conhecimento técnico, de modo simples e objetivo, ao leitor que não conhece do que se trata a parte de engenharia e tecnologias recentes do Sistema Produtivo Submarino (SPS). Desta forma, podemos avançar para o estudo do problema e alcançar os objetivos propostos na introdução. Caso o leitor já conheça a abordagem técnica da temática, tem a possibilidade de seguir para o capítulo 2.

1.1. O SISTEMA SUBMARINO DE PRODUÇÃO PETROLÍFERA

A produção petrolífera *offshore* depende de atividades e tecnologias submarinas altamente especializadas, o que demanda um esforço de engenharia para solucionar aspectos relacionados à dificuldade de acesso ao reservatório e instalações submarinas e de sua operação e serviços atrelados. Esta seção se debruça sobre como se configura e é desenvolvido o SSPP, atentando para os equipamentos, serviços e ciclo de vida do campo submarino.

A engenharia submarina é uma disciplina que pode ser discutida em três tópicos: (1) o sistema submarino de produção; (2) a segurança dos fluxos e do sistema de engenharia; e (3) as estruturas e equipamentos submarinos. O conceito de desenvolvimento de campos submarinos surge no início dos anos 1970, com a instalação da cabeça de poço e dos equipamentos de produção no solo marinho. Segundo Bai e Bai (2016)¹¹, esse sistema permitiu que o fluido fosse dirigido a uma unidade de processamento nas proximidades.

A partir de então, o desenvolvimento da engenharia submarina e dos sistemas relativos ao poço e aos equipamentos subaquáticos associados foram cunhados como sistemas submarinos de produção petrolífera (SSPP). Este pode ser definido como o conjunto de conexões, tubos e equipamentos submarinos que tem como objetivo levar os fluidos produzidos das reservas e escoar até a superfície (normalmente uma unidade de produção¹²).

A engenharia submarina se utiliza de equipamentos e estruturas que permitem a produção em campos submarinos e são desenvolvidos para suportar os desafios que o ambiente marinho exige. Os principais serão apresentados a seguir em tópicos para facilitar o entendimento do leitor quanto à sua função e características essenciais.

¹¹ Esta referência é bastante utilizada neste capítulo por ser um texto que explica didaticamente e especificamente acerca da engenharia submarina e do sistema submarino de produção petrolífera. É um *handbook* muito encontrado nas referências de artigos, papers e livros de especialistas da área.

¹² Segundo o Dicionário do petróleo (2019), uma unidade estacionária de produção é uma unidade na superfície marinha onde se localizam os controles dos equipamentos instalados no leito submarino, da geração de energia e do processamento de fluidos produzidos (exportação, descarte e/ou reinjeção). Podem ser de vários tipos: plataforma fixa, plataforma semissubmersível, plataforma de pernas atirantadas, FPSO (Floating Production, Storage and Offloading) e FSO (Floating Production and Offloading).

- Cabeça de poço submarina

É responsável, entre outras coisas, pela interface de conexão de outros equipamentos nas etapas do ciclo de vida do desenvolvimento do campo (perfuração, completção¹³ e operação do poço). Por estar localizada no solo do leito marinho (*mudline*) é conhecida por cabeça de poço submarina ou *mudline*.

Os poços submarinos são classificados em satélite ou agrupados (*clustered*). O primeiro é individual e possibilita a flexibilidade de localização, instalação, controle e operação de forma separada. O segundo é agrupado pois vários poços são direcionados a um manifold, o que permite o compartilhamento de funções comuns entre diversos poços como linhas de injeção e equipamentos de controle. A redução de custos em linhas de fluxos e umbilicais e na utilização de apenas uma embarcação de serviço para o cluster de poços são vantagens importantes.

- Conjunto de Árvore de Natal Molhada – Wet Tree (ANM)

Este equipamento é utilizado na chamada completção molhada, ou seja, quando o sistema de cabeça de poço se posiciona no leito marinho. No Brasil, devido à característica de longa extensão territorial dos reservatórios, se torna mais propício e menos custoso o uso de completção molhada.

A ANM¹⁴ é um arranjo de válvulas, conexões e tubos localizados no topo da cabeça de poço submarina e são instalados com auxílio de veículos de operação remota (ROV– sigla em inglês) em águas profundas e ultraprofundas. A orientação das válvulas pode ser vertical ou horizontal. É o principal equipamento de segurança de um poço submarino, sendo sua função realizar o fechamento do poço no caso de qualquer risco e eventualidade. Apresenta quatro partes: Base Adaptadora de Produção (BAP)¹⁵, ANM, Capa da ANM e Módulos de Conexão Vertical (MCV).

¹³ Se refere às operações que visam equipar o poço para a produção petrolífera e injeção de fluidos.

¹⁴ Segundo a Petrobras (2015), este equipamento foi cunhado assim na década de 1930 quando habitantes dos EUA o associaram com um pinheiro de natal, já que estava coberto de neve. Na década de 1960, ganhou o adjetivo “molhada” pois passou a ser instalada no fundo do mar.

¹⁵ Conforme Bai e Bai (2016), a BAP é composta por concetores hidráulicos, tubos, elementos de vedação, mandris de linhas de fluxo, válvulas do tipo gaveta e painéis de operação remota. Se encontra no topo do sistema de cabeça de poço submarino com a função de orientar e ancorar a coluna da ANM, de permitir a trava da ANM e de haver comunicação entre as linhas de produção.

Figura 1: Modelo de Árvore de Natal Molhada usada no pré-sal



Fonte: Petrobras (2015)

A ANM é um bloco fabricado em aço forjado, com passagens onde estão instaladas válvulas do tipo gaveta responsáveis pela contenção ou passagem de fluidos de produção ou de injeção, dependendo se o poço é produtor ou injetor. Estas válvulas são acionadas por um veículo submarino operado remotamente (ROV), mas as demais válvulas são acionadas a partir de um painel de operação remota na plataforma. Por meio de fluidos hidráulicos se mantém a pressão necessária para as válvulas estarem abertas e o poço produza normalmente.

- Manifold

O manifold é um conjunto de tubos e válvulas que tem como objetivo coletar, distribuir, controlar e monitorar o fluxo de fluido entre os poços submarinos. O uso de manifold está vinculado à simplificação do sistema submarino, à redução de *risers* e dutos submarinos e ao aperfeiçoamento do fluxo dos fluidos.

O tamanho do aparelho depende do número de poços, vazão e configuração da arquitetura do sistema submarino. Os tipos de equipamento podem variar de uma simples extremidade de dutos (conhecido como *Pipeline End Manifold* ou PLEM), a grandes estruturas.

Figura 2: Instalação de manifold submarino de produção no campo de Roncador em 2014



Fonte: Petrobras (2015)

- Extremidades de dutos e estruturas em linha

O desenvolvimento de um campo submarino tem apresentado um afastamento da infraestrutura submarina em seus projetos, considerando-se importante a interligação dos sistemas de exportação de fluxos com uma malha de dutos existente e que disponha de capacidade de escoamento. Deste modo, caso necessária uma interligação futura entre equipamentos, um PLEM por exemplo, possibilita uma interligação futura.

O PLEM tem função parecida com um manifold, mas não possui elementos de controle e de monitoramento. São instalados na extremidade de um trecho de duto, de modo

a fazer ligação com outros dutos. O *Pipeline End Termination* (PLET) é usado para permitir a transição e a conexão do duto para o *riser*, além de ser empregado na conexão do duto com *manifolds* e ANM por meio de um jumper rígido ou flexível. Este último pode possuir uma ou mais saídas.

- Jumpers

É um conector de tubo curto para a interligação de dois equipamentos submarinos como ANM, *manifold*, PLEM e PLET. A distância entre os componentes determina o comprimento do Jumper e suas características construtivas. Existem os jumpers rígidos e flexíveis, porém o último proporciona mais versatilidade nas ligações.

- Dutos submarinos

A) Linhas de fluxo (*flowlines*): As linhas de fluxo são usadas para conectar poços, *manifolds* e *risers* para instalações na superfície. Serve para o transporte e movimentação de produtos petroquímicos, gás de injeção, água de injeção e produtos químicos. Existem dutos flexíveis e rígidos cada vez mais resistentes à pressão e temperatura. A tubulação pode agrupar vários tubos ou um único tubo que precisam de isolamento térmico devido ao resfriamento do fluido produzido no trajeto marítimo.

As linhas rígidas são constituídas de aço carbono, mas dependendo do fluido a ser transportado, podem ser de ligas especiais de modo a inibir corrosão, abrasão e erosão. Além disso, um revestimento externo pode ser feito para manter a temperatura do fluido e evitar a formação de hidratos e parafinas. Estas linhas são menos custosas, mas exigem limitações operacionais na sua instalação, o que prolonga o tempo do serviço.

Já as linhas flexíveis são compostas por camadas. No núcleo da linha há uma carcaça de aço intertravado, seguido por barreira de pressão interna, armadura de pressão, camada intermediária de plástico, armaduras de tração, camada externa de plástico e a proteção antiabrasiva. Estas linhas são mais caras e exigem maior complexidade e tecnologia na fabricação, porém sua instalação é mais simples e demanda menos tempo. Outra vantagem importante é a possibilidade de reutilização deste tipo de duto.

B) *Risers*: O *riser* de produção é a parte suspensa da linha de fluxo e está sujeito a elevados níveis de fadiga devido às correntezas, movimentação da unidade de produção e efeito das ondas. Existem *risers* flexíveis e rígidos e seu diâmetro varia de 3 a 12 polegadas (76,2 mm e 304,8 mm).

São classificados pela sua configuração em vertical, catenária ou complexa. Na primeira é aplicada uma força de tração no topo e fica na posição vertical, na segunda as extremidades (topo e leito marinho) não ficam alinhadas em formato de L. Já a complexa é uma combinação das configurações anteriores e podem ser instaladas boias de flutuação ficando em formato de S deitado.

Além disso, quanto ao material pode ser classificada em rígido e flexível. O *riser* rígido é feito em aço de modo rígido. Já o *riser* flexível é constituído em camadas de aço intercaladas com polietileno proporcionando flexibilidade, estanqueidade, proteção contra corrosão e abrasão das camadas metálicas.

- Umbilical

O umbilical tem a função de transportar fluidos de controle e/ou transmitir corrente elétrica com o intuito de controlar as atividades dos equipamentos submarinos de produção e de segurança (ANM, válvulas, *manifolds* e etc). Assim, um umbilical é formado por um grupamento de tubos metálicos, mangueiras termoplásticas e cabos elétricos. São utilizados tubos no umbilical para monitorar pressões e injetar componentes químicos a partir da unidade de produção.

- ROV e AUV

ROV (*Remotely Operated Vehicle*) e AUV (*Autonomous Underwater Vehicle*) são robôs submarinos que permitem a coleta de amostras, análises de dados e intervenções de equipamentos e estruturas. Os ROVs são veículos submarinos operados de modo remoto por um profissional e os AUVs são veículos operados de modo autônomo.

- Equipamentos para processamento primário de petróleo

Segundo Mendes, Romeiro e Costa (2012), são equipamentos submarinos utilizados para o tratamento de hidrocarbonetos que visam a separação de fluidos produzidos (óleo, água, gas natural e outros) com o intuito de possibilitar a exportação, reinjeção ou descarte do fluido. Podem permitir a redução ou a substituição total do processamento de fluidos na unidade de produção localizada na superfície.

Apresenta potencial tecnológico e de redução de custos operacionais associados às instalações de produção. Estes equipamentos ainda passam por diferentes níveis de maturação e desenvolvimento, não se constituindo como um padrão tecnológico do SSPP.

A) Separação submarina água-óleo: visa a separação da água presente na formação do reservatório (água livre) do petróleo. É feita por meio da decantação das moléculas de água, já que as moléculas de petróleo são mais leves. Este equipamento é o mais avançado na maturação industrial e já existe aplicação em campo, apesar de serem necessários avanços tecnológicos de mecânica.

B) Separação e reinjeção de dióxido de carbono (CO₂): equipamento de separação do CO₂ (nocivo ao meio ambiente) do gás associado, que pode ser estocado em cavernas de sal posteriormente.

C) Desidratação supersônica submarina de gás natural: remoção das moléculas de água dispersas no gás natural.

D) Compressão submarina de gás natural: compressão do gás natural para exportação em terra.

E) Injeção submarina de água: serve para a captação e filtração de água do mar com o objetivo de injetá-la nos reservatórios de petróleo ou para a reinjeção da água livre no reservatório do qual foi extraído.

F) Sistemas submarinos de potência: alimentação elétrica dos equipamentos submarinos.

1.2. DEFININDO A ARQUITETURA DE UM SISTEMA SUBMARINO DE PRODUÇÃO PETROLÍFERA

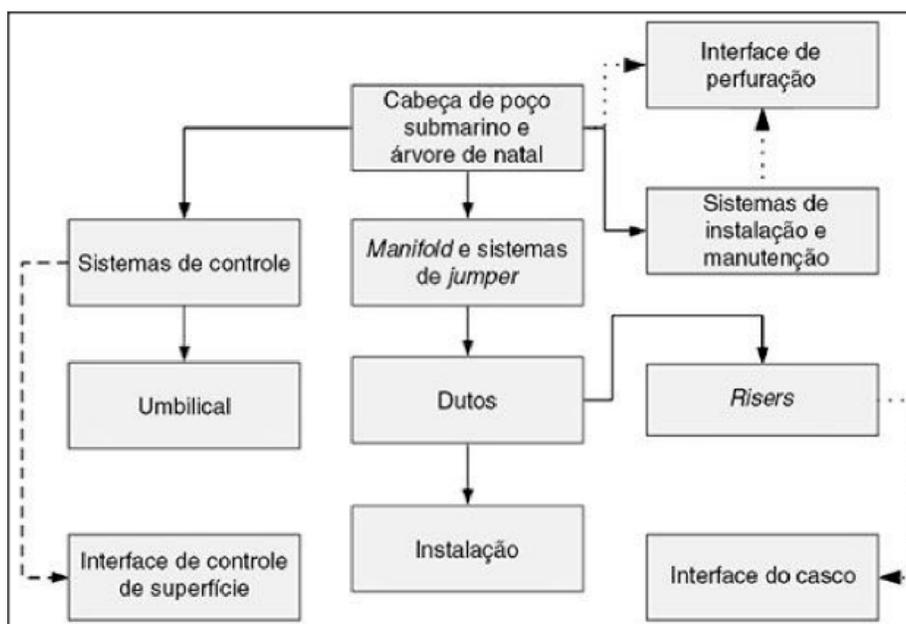
Conhecendo melhor os equipamentos submarinos expostos na seção anterior, podemos dizer que um SSPP consiste em sistemas: sistemas de cabeça de poço e árvore de natal, sistemas de umbilicais e *risers*, sistemas *manifolds* e jumpers, sistemas de linhas de fluxos, sistemas de controle¹⁶, sistema de alimentação elétrica¹⁷ e o sistema de instalação e manutenção (BAI e BAI, 2016).

¹⁶ Segundo Mendes, Romeiro e Costa (2012), desempenha a função de operar as válvulas das ANM, manifolds e tubulações do SPS; além de monitorar e enviar à unidade de produção variáveis importantes como temperatura, pressão, presença de areia. O sistema de controle é classificado entre hidráulico, elétrico ou elétrico-hidráulico.

¹⁷ Segundo Mendes, Romeiro e Costa (2012), a função desse sistema é gerar, distribuir e transmitir energia aos equipamentos do arranjo submarino. A geração ocorre em uma estação na superfície e é necessária a

Desta forma, o SSPP é um arranjo entre os sistemas e equipamentos relacionados, dispostos no leito marinho para o desenvolvimento de campos petrolíferos *offshore*. Cada projeto de desenvolvimento é único devido às circunstâncias impostas e diversas especificidades relativas à: natureza do reservatório, quantidade e posicionamento dos poços, posicionamento da unidade de produção se houver, aspectos econômicos, relevo submarino e lâmina d'água.

Figura 3: Relação entre os principais componentes de um SPS



Fonte: Bai e Bai (2016)

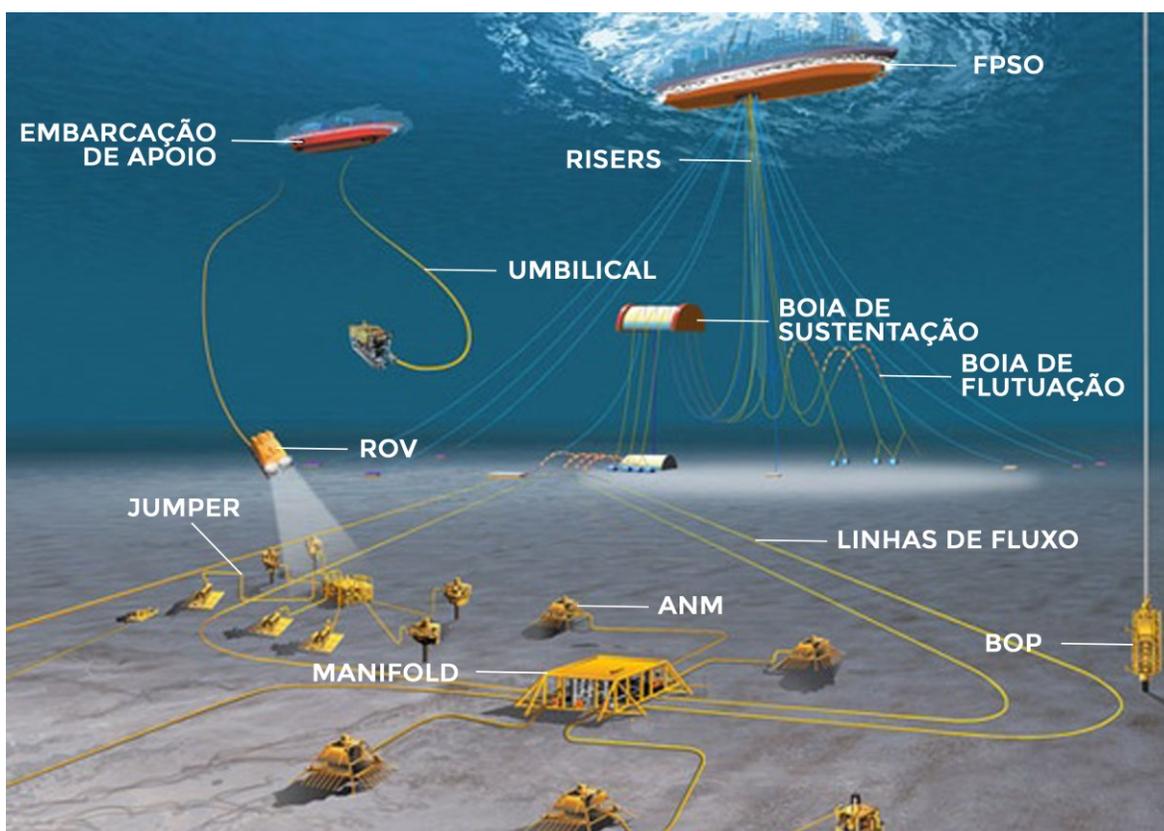
A figura 3 dispõe as relações entre os sistemas e componentes. O sistema de cabeça de poço e árvore de natal controlam a contenção e passagem dos fluidos, sendo direcionados em um sistema de *manifolds* e *jumper*s agrupando os poços e interligando alguns equipamentos à dutos e *risers* que encaminham os fluidos produzidos à unidade de produção no casco. O sistema de cabeça de poço e árvore de natal são controlados por operadores na superfície a partir do acionamento das válvulas. Esta operação é feita por

disponibilidade ininterrupta de energia de modo que os equipamentos submarinos operem mesmo em uma suposta falha de energia.

meio do umbilical que transporta os fluidos e corrente elétrica para tal acionamento das válvulas.

O SSPP pode se conformar em diferentes layouts e designs de projetos. Isso desde um único poço satélite ou a diversos poços agrupados (*cluster*) em torno de um equipamento (*manifold*), que são ligados por linhas de fluxos à plataforma fixa, à *Floating Production, Storage and Offloading* (FPSO) ou até mesmo às operações *onshore*.

Figura 4: Exemplo de um arranjo de SSPP e os equipamentos associados



Fonte: Elaboração própria a partir da imagem da TN Petróleo (2016). Disponível em: <https://tnpetroleo.com.br/noticia/reserva-20-do-pre-sal-para-ciencia-e-tecnologia-e-aprovada-por-comissao-do-senado/>

A configuração do sistema varia de acordo com as condições de acesso ao reservatório. Neste sentido, são utilizadas técnicas que permitam a operação do poço mesmo em ambientes com diferentes condições geológicas, oceanográficas, geográficas e

logísticas. O desafio a ser ultrapassado no desenvolvimento de um campo submarino, conforme Bai e Bai (2016), é maximizar economicamente os ganhos da maneira mais confiável, segura e custo-efetiva disponibilizada no momento da execução do projeto.

A determinação do SSPP leva em consideração as diversas possibilidades de arquitetura do campo e os aspectos relativos ao ciclo de vida do desenvolvimento do campo. O ciclo de vida é algo complexo a ser planejado pois atenta desde as primeiras prospecções e descobertas¹⁸, perpassa pela delimitação do reservatório¹⁹ e finalmente se projeta a produção do poço ao longo do ciclo de vida de desenvolvimento.

A partir das estimativas de produção de óleo e gás e dos dados de reservatórios levantados, o melhor arranjo e rota de dutos são selecionados e posteriormente testadas; e a configuração produtiva dos equipamentos submarinos é determinada tendo em conta as considerações deste arranjo e sua instalação.

Este desenvolvimento do campo submarino e a configuração do SSPP é selecionada baseada em dados históricos de diferentes projetos e seções de discussões entre especialistas. São considerados fatores críticos: engenharia e design; custo e orçamento; localização do poço e complexidade de completação; flexibilidade para expansão do campo; facilidade na construção e fabricação dos equipamentos submarinos; capacidade de intervenção; instalação e comissionamento; confiança e risco da arquitetura do campo; e acessibilidade de ROV e AUV.

Quanto às possibilidades de arquitetura do campo e implementação do projeto, algumas questões são consideradas a seguir para determinar a melhor arquitetura possível para o desenvolvimento do campo submarino. Bai e Bai (2016) apresentam algumas questões, onde serão enfatizadas as opções relativas ao caso brasileiro.

(1) A primeira é acerca do desenvolvimento em águas rasas (menos de 200m de profundidade), profundas (entre 200m e 1500m) e ultra-profundas (mais de 1500m). Para altas profundidades, a complexidade da operação é maior, apresentando custos e riscos mais elevados. Isso porque se requer maiores extensões de dutos, a instalação de

¹⁸ Geólogos e geofísicos de exploração delimitam a área geológica a partir de poços antigos, análises sísmicas e informações disponíveis.

¹⁹ Tendo a avaliação da prospecção realizada, é possível que engenheiros e geólogos apontem os poços de perfuração e calculem o volume estimado de óleo e gás presente no reservatório.

equipamentos no leito marinho é impactada por maior pressão e qualquer intervenção, reparo e manutenção depende de robôs submarinos.

(2) O segundo ponto é acerca da escolha do sistema de completação. Esta pode ser seca onde o sistema de árvore de natal está na plataforma ou, como utilizado no caso brasileiro, pode ser molhado. No sistema de completação molhado, o sistema de ANM está exposto às condições do leito marinho sendo controlado remotamente. Em termos globais, segundo Bai e Bai (2016), mais de 70% dos poços em águas profundas se utilizam da completação molhada.

A completação molhada amplifica a estrutura em torno do reservatório e flexibiliza a expansão do campo, o que facilita as operações nas embarcações e possibilita interfaces com *risers* apesar de altos custos de manutenção. Esta completação pode ser por acesso direto ao poço ou se utiliza de um sistema para agrupamento de poços. O primeiro é usualmente aplicado em campos marginais e permite maiores intervenções via unidade de produção. O segundo é mais eficiente e apresenta melhor custo benefício na gestão e tratamento da ANM em poços submarinos vizinhos, além de facilitar a logística de infraestrutura de uma unidade de produção (FPSO por exemplo).

(3) Um outro aspecto é sobre dois tipos de desenvolvimento marinho: *tieback* e isolado (*stand alone*). Os desenvolvimentos submarinos somente eram justificáveis no caso de grandes reservatórios devido ao retorno esperado em relação aos custos e riscos. O *tieback* permite uma conexão entre novas descobertas petrolíferas e uma instalação de produção existente.

Neste, os investimentos são menores por se utilizar de uma infraestrutura existente, possibilitando a viabilidade econômica de projetos menos vantajosos e a extensão da vida útil da infraestrutura já existente para o desenvolvimento de outras descobertas. Mas isso depende de fatores como: distância para a infraestrutura existente, profundidade, tamanho do reservatório, unidade de produção utilizada e taxa de recuperação do poço.

Quanto ao desenvolvimento isolado, é relativo à um sistema submarino dedicado e implementado para um grande reservatório. A vantagem principal reside na possibilidade de conexão de outros campos do reservatório ao sistema e a flexibilidade para conexão de futuros poços satélites. Neste tipo de desenvolvimento, normalmente se utiliza estruturas

como FPSO, Teste de Longa Duração (TLP), plataforma fixa ou plataforma submersível com o intuito de receber a produção do campo.

(4) O quarto aspecto atenta para os métodos de elevação artificial dos fluidos do fundo do poço até a unidade de produção. No ambiente *offshore* são empregados o *gas lift*, a pressurização submarina e o bombeio centrífugo submerso (BCS). Segundo Bai e Bai (2016), campos em águas profundas requerem a elevação artificial para manter os fluxos de produção e alcançar os objetivos econômicos da produção. Porém, este ambiente e a implementação dos métodos é um desafio operacional.

O *gas lift* é um dos métodos predominantes, porém sua operação em pressões altas nas águas ultra-profundas é limitada. Com a injeção de gás no interior da coluna de produção, a energia contida no gás comprimido eleva os fluidos. O investimento é relativamente baixo neste método.

A pressurização submarina ocorre por meio de uma bomba de cavidades progressivas, a qual usa um rotor para deslocar um volume fixo de fluidos independente das condições de pressão na saída. Alguns reservatórios com o tempo de produção acabam reduzindo a sua pressão para o deslocamento do fluido, assim, a pressurização submarina serve para manter os níveis de pressão durante o desenvolvimento do campo. Este método exige um alto consumo de energia elétrica, mas permite longos *tiebacks* submarinos.

O BCS é feito através de uma bomba centrífuga de múltiplos estágios operada por um motor e instalada na coluna de produção. O bombeamento ocorre em função da velocidade rotacional e de uma cabeça dinâmica na bomba. É considerado um método efetivo e econômico de elevação de grandes volumes em diferentes condições do poço. Este método também exige um alto consumo de energia elétrica, mas é menos complexo e mais eficiente do que o método *gás lift*.

(5) O próximo ponto trata do processamento submarino, definido por Bai e Bai (2016) como qualquer tratamento e manipulação dos fluidos produzidos para mitigar as questões de segurança de fluxos prioritários que seriam levados à uma unidade de produção (*offshore* ou *onshore*). Isso inclui, basicamente, o bombeamento²⁰, a separação de fluidos²¹, a gestão de sólidos, as trocas de calor, o tratamento do gás e a injeção química.

²⁰ Esse processo aumenta consideravelmente a necessidade de energia elétrica do sistema submarino.

Como já mencionado anteriormente, os equipamentos relativos a este ponto ainda dependem de avanços e desenvolvimentos para uma melhor aplicabilidade. Em alguns campos a viabilidade econômica está atrelada ao potencial inovativo e à utilização destes equipamentos e suas tecnologias.

A tecnologia e produtos demandados para o bombeamento submarino e separação de água são consolidadas, porém a separação de três fases e a compressão submarina de gás requer maior atenção e a superação de alguns desafios por parte das empresas envolvidas. A separação submarina é importante, pois poderia proporcionar maior segurança de fluxos por reduzir o risco de formação de hidratos e corrosão interna de dutos que ocorre com a combinação de água e gás.

Os benefícios advindos do processamento submarino podem ser diversos. Bai e Bai (2016) elencam as seguintes: redução do CAPEX devido a menor atividade nos processamentos em superfície; aceleração e aumento da produção e recuperação; possibilita o desenvolvimento de campos marginais; extensão da produção por meio de campos já existentes; melhorar a gestão de fluxos; e redução do impacto ao meio ambiente.

(6) O último aspecto é acerca das possibilidades de arranjo submarino. Um arranjo submarino leva em conta inicialmente o planejamento de locação dos poços, realizado por meio das análises no reservatório. Tendo isso em vista, os equipamentos submarinos podem ser configurados de diversas maneiras de acordo com as condições do campo e as escolhas do operador. O ideal é haver um balanço entre a melhor taxa de recuperação dos poços (relação do número, poços e localização de poços) e o espaço e custo da infraestrutura.

Uma possibilidade de arranjo submarino é um sistema de poço satélite com um poço submarino individual. É utilizado em poços muito distantes e separados, nos quais a produção é feita por um simples *flowline* advindo do poço para um *manifold* ou unidade de produção. Não há interação entre os poços e é necessária uma maior extensão de dutos e umbilicais para atender cada poço individualmente.

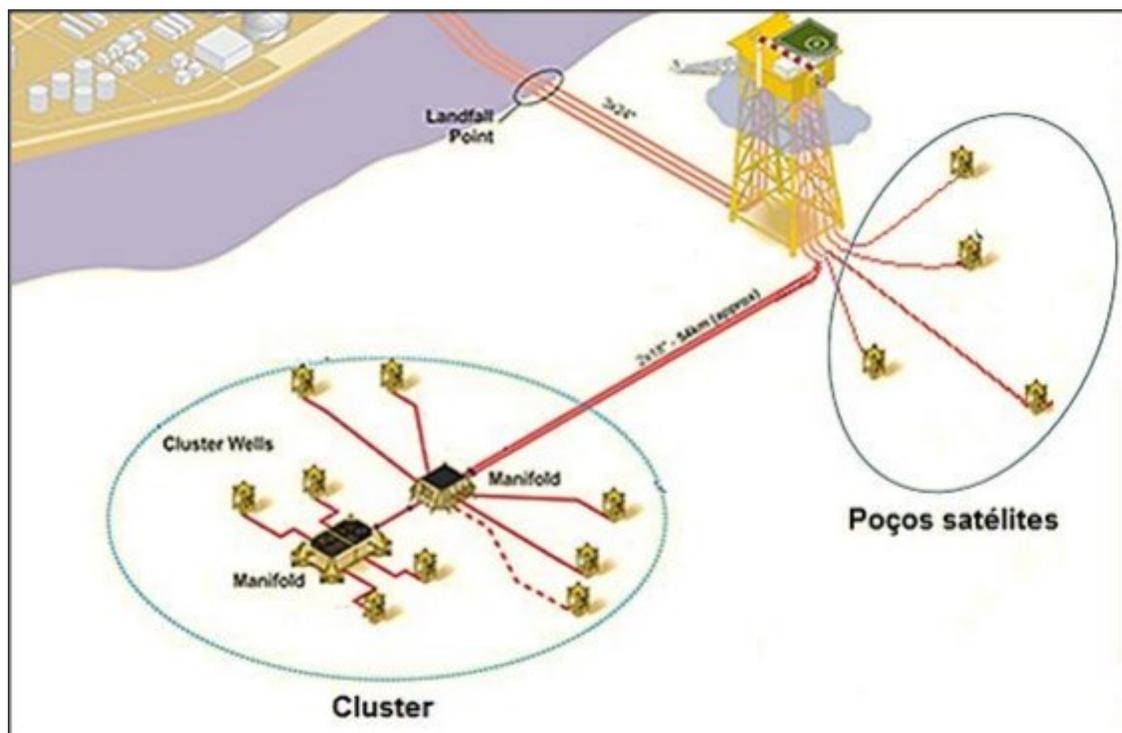
O sistema de poços em cluster é outra opção por agrupar e conectar os poços submarinos a *manifolds* para que os fluidos sejam escoados por um único duto submarino

²¹ A separação submarina pode ser em duas fases ou três fases. Em duas fases servem para separar o gás do óleo, da água ou de condensados. Quando é feita em três fases, são usadas para separar o gás da fase líquida e a água do óleo.

até a unidade de produção. Além disso, um único umbilical pode ser usado na conexão do cluster de poços e a unidade de produção.

Ou seja, o arranjo em cluster poupa *risers*, *flowlines* e umbilicais sendo vantajoso para projetos em águas profundas e ultra-profundas. Por outro lado, em relação a um arranjo satélite, o arranjo em cluster tem menor eficiência operacional requerendo investimentos e tecnologias no processamento submarino (bombeamento, separação e etc).

Figura 5: Exemplo de um arranjo submarino com poços satélites e cluster



Fonte: Bispo (2016) adaptado de Gênese (2016)

Por último, os pontos discutidos acima permitem à operadora a seleção ótima de arquitetura de desenvolvimento do campo, atentando para as condições econômicas, geofísicas, geográficas e geológicas e para o estado da arte do desenvolvimento tecnológico de equipamentos e serviços. Após esta fase de planejamento do desenvolvimento do campo, são necessárias operações visando a garantia do escoamento dos fluidos produzidos.

A partir do momento que o sistema de produção é instalado, a preocupação recai em garantir a segurança e a redução dos impactos ambientais e em manter o contínuo fluxo de

hidrocarbonetos. A seguir se discorre acerca dos principais aspectos relativos a esta questão no desenvolvimento do campo submarino.

O comissionamento e o *start up* são as primeiras operações visando o início da produção. São feitos testes²² para simular o funcionamento das instalações e a produtividade para enfim realizar o *start up*. Tal mobilização envolve uma infraestrutura em mar como diversas embarcações (incluindo a unidade de perfuração), barco de suporte, barco guindaste, barco rebocador, barco de transporte, ROVs, mergulhadores e AUVs.

O processamento da produção é relativo às operações dos separadores, válvulas, compressores, injetores, sistema de controle de equipamentos de produção, bombas e dutos associados. Ou seja, fundamental na fase de desenvolvimento produtivo.

Uma questão crítica no desenvolvimento em águas ultra-profundas são os problemas relativos aos fluidos. As temperaturas e pressões extremas combinada ao conteúdo do óleo (água, condensados, parafina, asfalteno, dentre outros) podem comprometer a viabilidade do projeto.

De modo a remediar essa questão, são injetados químicos para inibir a corrosão, auxiliar na manutenção (fluidos de limpeza e cloretos), inibir parafinas e hidratos, inibir a formação de espumas e auxiliar na solvência dos fluidos. A ideia é remediar e tratar os fluidos com um pequeno volume contínuo de injeções. Essas operações são de suma importância para a segurança operacional do desenvolvimento do campo submarino.

Com o sistema em funcionamento, as operações de inspeção e manutenção seguem uma periodicidade para garantir a segurança e a longevidade das instalações nos níveis propostos de produção. São mobilizadas embarcações e mão de obra especializada para a intervenção nas instalações. Grande parte dos equipamentos necessitam da intervenção de ROVs e AUVs, mas já existem tecnologias que realizam a intervenção por meio do acoplamento ao equipamento.

Esse entendimento das operações no desenvolvimento do campo submarino abre uma diversidade de serviços necessários para que sejam garantidas a segurança operacional e o fluxo de fluidos esperados. Na próxima seção se explicita os principais serviços relativos ao sistema submarino de produção petrolífera.

²² O teste de poço é feito para confirmar a produtividade do reservatório e localizar qualquer limite do sistema no longo prazo da produção.

1.3. OS PRINCIPAIS SERVIÇOS PRESTADOS NO DESENVOLVIMENTO DE UM CAMPO SUBMARINO

Após a compreensão dos desafios para a construção da arquitetura do campo submarino e das etapas do desenvolvimento do SSPP, são necessárias uma variedade de operações necessárias que exigem diferentes tipos de prestação de serviços. Nesta seção o enfoque recai sobre os serviços relacionados à instalação e os relacionados ao gerenciamento da integridade da produção.

Estes serviços muitas vezes detêm um caráter de grande especialização devido à gama de tecnologias e mão de obra qualificada necessárias para efetivar as operações. As condições do ambiente marinho, a infraestrutura de embarcações e equipamentos e a logística são elementos importantes na prestação dos serviços no SSPP.

1.3.1 Serviços de instalação dos equipamentos submarinos

Os serviços de instalação são referentes à instalação dos equipamentos submersos na faixa d'água como ANM, *manifolds* e linhas de fluxos; responsáveis por uma parte considerável do investimento para implantação do SPS. Estes serviços requerem embarcações especializadas e custosas, devidamente equipadas para receber os ROVs ou AUVs utilizados nas operações.

São consideradas atividades perigosas e delicadas, até porque são equipamentos pesados, os quais as embarcações precisam transportar e instalar em local preciso do ambiente marinho. A análise da instalação é uma tarefa multidisciplinar, pois as ondas do oceano movimentam a embarcação de instalação, a qual por meio de um cabo suspenso e o ponto de descida do equipamento sofre exposição das correntes marítimas nos movimentos submersos.

A operação de posicionamento dos equipamentos no leito marinho depende do posicionamento da embarcação na superfície, buscando uma proximidade do componente com a sua posição final, e do posicionamento do componente no ambiente submarino, o qual depende de controles para rebaixar, pousar e travar no alvo devido. Nesta fase do

rebaixamento do componente são utilizadas as unidades hidro acústicas para medir o posicionamento e a bússola giroscópica e ROV para detectar a inclinação.

Devido aos desafios enfrentados, ainda é feita uma análise de instalação para validar a capacidade de levantar peso e as estruturas de embarcações. Os dados mínimos para esta análise normalmente incluem: dados de meio ambiente e geotécnicos, características de locomoção das embarcações, dados do sistema produtivo submarino e dados do sistema de perfuração.

O processo de movimentação dos componentes submarinos para o local de instalação envolve o despacho, o transporte e as operações de instalação. Além disso, existem três fases de instalação: a saída do equipamento e descida até o leito marinho; o pouso do equipamento; e a trava do equipamento. As embarcações típicas da operação de instalação são barcos de transporte²³, de perfuração, de suporte offshore e embarcações especiais para grandes pesos e para carretéis de umbilicais e linhas de fluxo.

Na instalação destes equipamentos são feitas categorizações com base no peso, formatos, dimensões e profundidade. Para as linhas de fluxo, *risers* e umbilicais a instalação exige embarcações diferenciadas em relação aos demais equipamentos que utilizam uma embarcação convencional de perfuração de poço.

Essa diferenciação é essencialmente explicada por questões de peso e espaço nas embarcações. Na instalação de linhas de fluxo, *risers* e umbilicais qualquer alteração nos padrões de diâmetros dos componentes, altera significativamente o peso do carretel, a metragem de linhas e umbilicais em uma embarcação e a quantidade de viagens e embarcações necessárias para realização da instalação. Isso gera desafios tecnológicos e logísticos na produção destes componentes e na utilização das embarcações. Por esses motivos, estas operações são tão custosas quanto o próprio equipamento.

Para exemplificar o quanto estes serviços demandam uma alta complexidade tecnológica e necessitam de soluções inovadoras, o trabalho de Silva et al (2018) discorre acerca da instalação de uma ANM no pré-sal e a primeira aplicação da Petrobras por meio da instalação “*on wire*” (no fio na tradução literal). A solução técnica de instalação citada

²³ A escolha do barco de transporte depende das seguintes características: dimensões, peso e centro de gravidade do equipamento; distância e rota de transporte; orçamento; custos; e habilidade para suportar condições meteorológicas ruins.

contava com uma embarcação de suporte de ROV e uma embarcação de suporte de dutos no campo de Búzios na Bacia de Santos do pré-sal.

O uso do ROV e o do umbilical conectado a este por meio de uma ferramenta conhecida como “*Multi Quick Connector*” permitiu ao veículo executar todas as funções requeridas na instalação. Isso auxiliou no bloqueio e desbloqueio de conectores e testes de vedação; na verificação de dados de pressurização coletados por sensores; e na operação de abertura e fechamento de válvulas. Um painel na ANM transmite ao umbilical do ROV as informações e ações em tempo real, dispensando complexos sistemas de instalação e plataformas.

Em dezembro de 2017 e no mês seguinte foram feitas instalações deste tipo, para ANM de tamanho 4m x 4m x 6m e peso em torno de 50 toneladas sendo guinchada fora do deck da embarcação. Segundo os autores, a instalação foi um sucesso e se mostrou segura ao atingir a otimização do processo, aumento de performance e redução de riscos operacionais.

Encerrando esta seção, uma operação que guarda alguma semelhança com os serviços de instalações nas possíveis execuções técnicas é o descomissionamento. Este nada mais é do que a operação inversa da instalação, na qual se desinstala e retira os equipamentos e dutos submarinos do leito marinho. Assim, é algo muito caro e que mobiliza grandes esforços e recursos representando um desafio tecnológico e operacional.

O devido descarte ou reutilização é algo complexo e exige uma operação logística e naval, além de estudos dos equipamentos e dutos e do ambiente marinho para avaliar a forma mais eficiente de destinação destes. As petrolíferas têm observado outros projetos de descomissionamento ao redor do globo (ex.: Mar do Norte) e analisado a sua aplicabilidade e as adaptações necessárias para tal.

O descomissionamento é um tema do final dos anos 2010 para o SSPP brasileiro devido à necessidade de realizar a operação em campos maduros próximos do fim da produção já no início dos anos 2020. Ou seja, é algo relativamente novo na indústria petrolífera brasileira e ainda são estudadas formas de se executar dentro das exigências regulamentares (segurança operacional e meio ambiente), das possibilidades técnicas e de custos menores.

1.3.2 Serviços de gerenciamento de integridade da produção

Outros serviços estão relacionados à manutenção da integridade dos ativos do SSPP. Segundo Siqueira (2018), o gerenciamento de integridade de sistemas submarinos são um conjunto de ações/procedimentos/sistemática que tem como objetivo garantir a integridade do SSPP ao longo de todo o seu ciclo de vida. Estes serviços são realizados após a instalação dos componentes submarinos e resultam na extensão da vida útil dos equipamentos e na segurança operacional.

São operações, normalmente com altos custos, para manutenção, prevenção, inspeção, monitoramento e avaliação dos ativos do SPS. Porém, evitam possíveis custos de parada da produção, de reparos, de novos equipamentos, de possíveis multas e de imagem da empresa com um eventual sinistro. Segundo Smedstad, Nilsen e Bressand (2017), o custo da falha já significa a motivação necessária para desenvolver melhorias em produtos, reduzir custos, promover confiabilidade e entregar mais rápido e melhor atendendo ao fluxo de caixa disponibilizado.

No caso de acidente, todos esses possíveis custos somados podem resultar em perdas incalculáveis para além dos custos econômicos citados, como a perda de vidas e de impactos ambientais severos. Isso demonstra a necessidade de se implementar os serviços de integridade da produção, que do ponto de vista econômico é compensado pela segurança operacional.

Desta forma, essas operações são de fundamental importância para os donos dos ativos do SPS. Siqueira (2018) atenta para três fases de um programa de gerenciamento de integridade: informações do ativo, avaliação de riscos e elaboração das atividades. Abaixo se dispõe o quadro 1 com as operações previstas em cada fase.

Quadro 1: Operações nas fases de gerenciamento da integridade



Fonte: Siqueira (2018)

A primeira fase se restringe à coleta de dados e informações disponíveis acerca dos ativos. Porém, a segunda fase está focada nos riscos de impactos ambientais ou danos às pessoas e instalações do SSPP. Ou seja, deve-se avaliar o que pode ocorrer de errado e assegurar que os riscos intrínsecos às atividades tenham as salvaguardas necessárias. Para Siqueira (2018), salvaguardas são as atividades capazes de dar previsibilidade a situações as quais os ativos podem estar sujeitos, e compreendem os procedimentos operacionais, monitoramento, inspeções e manutenção preventiva.

A avaliação dos riscos compreende o levantamento dos possíveis riscos, a probabilidade e severidade dos riscos, os elementos críticos de segurança operacional, as salvaguardas e o gerenciamento dos riscos. A variação de indicadores como vazão, temperatura e pressão são fundamentais nesta avaliação de riscos, o que demonstra a necessidade de constante monitoramento dos dados para a devida verificação da possibilidade de danos.

Tendo em conta a frequência das variações e a severidade destas, estabelece-se os elementos críticos de segurança operacional. São identificados os equipamentos ou sistemas que em caso de falha podem causar ou contribuir para um acidente, além de traçar um procedimento com o intuito de controle dos riscos operacionais.

Dois estudos auxiliam na avaliação e estabelecimento dos elementos críticos: estudo de perigos e operacionalidade (*hazard and operability study* - HAZOP) e estudo de falhas, efeitos e análise crítica (*failure mode, effects, and criticality analysis* - FMECA). O primeiro, com o auxílio de uma equipe especializada, avalia por meio do layout submarino e dos parâmetros de produção (pressões, temperaturas, volume de produção) o que acontece se os parâmetros operarem fora do esperado para então estabelecer os elementos críticos. O segundo, também com a atuação de especialistas, estuda os elementos críticos e seu funcionamento para identificar como o elemento pode falhar e quais medidas evitam tal perigo. Em resumo, estuda os mecanismos de falhas e o estabelecimento de salvaguardas nas operações.

A terceira fase é a prática das atividades que são planejadas e organizadas por meio de programas de monitoramento, de inspeção e testes e de manutenção preventiva. Por meio do FMECA são recolhidas as informações fundamentais para a elaboração dos planos e o planejamento de ações corretivas, disponibilizando as instruções de execução das atividades com a devida segurança e eficácia para garantir a integridade do ativo.

Dentre alguns elementos de monitoramento estão os movimentos da unidade de produção, a produção de areia, os arames dos *risers* e a fadiga dos equipamentos. Já a manutenção preventiva se utiliza das recomendações do fabricante, dos resultados das inspeções e testes e dos sistemas preditivos.

Desta forma, o gerenciamento de integridade é executado pelo levantamento, revisão e integração de dados; pela avaliação de risco; pela avaliação de integridade; e pela implementação e acompanhamento de medidas corretivas e preventivas. São exigidos, por exemplo, conhecimentos de áreas como resistência dos materiais, ciência dos materiais, regulamento e legislação no mercado de petróleo, análise de riscos e corrosão.

1.4. DESAFIOS E TECNOLOGIAS EMERGENTES

Tendo o conhecimento dos principais aspectos da engenharia e do funcionamento do sistema submarino de produção petrolífera, esta seção se propõe a descrever e discutir as principais inovações e tecnologias recentes neste sistema. Algumas já estão sendo implantadas e outras estão em desenvolvimento, mas o foco está naquelas tecnologias com maior potencial no caso brasileiro.

Em projeto da Associação Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) e do Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), publicado em 2016, foi realizado um estudo acerca do sistema submarino de produção petrolífera no âmbito do projeto de agendas tecnológicas setoriais. Foram feitos dois panoramas: econômico e tecnológico.

Neste projeto, um panorama das tecnologias submarinas do SSPP tratou de elencar e discutir os desafios e as tecnologias emergentes, as quais estão sendo introduzidas recentemente no mercado ou em desenvolvimento na sua fase pré-comercial.

Esse trabalho panorâmico auxilia na organização da seção 1.4 e também disponibiliza informações sobre as principais tecnologias emergentes. Para além deste trabalho, foram feitas pesquisas em trabalhos publicados em eventos da área, como a *Offshore Technology Conference* (OTC) e consultas a empresas e a prêmios de inovação da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP).

Os desafios estratégicos da indústria *subsea* mundial e algumas tecnologias que podemos elencar relacionados ao foco de estudo da tese que é a faixa d'água do SPS são:

(1) Detecção e controle de parafinas e hidratos

As parafinas e hidratos podem se concentrar nas linhas de escoamento em águas ultraprofundas. Tais depósitos podem gerar graves problemas na garantia de escoamento para as operações. A localização, o dimensionamento e a remoção da concentração destes produtos se utilizam de tecnologias, respectivamente: métodos acústicos, técnicas de gamagrafia e intervenção química ou mecânica (*Pipeline Inspection Gauge* - PIGs).

(2) Concepções para isolamento e aquecimento de linhas

As grandes distâncias e profundidades, além de arranjos submarinos com maiores distâncias da cabeça de poço à plataforma faz com que os estudos de isolamento térmico e de sistemas para aquecimento de linhas sejam promissores. Dutos e tubos têm se utilizado

de materiais alternativos e especiais como os compósitos (polímero intensificado com reforços de fibra embutidos) e nanocompósitos nas suas camadas anulares, além de materiais com baixa condutividade térmica e boa resistência mecânica.

(3) Desenvolvimento de sistemas de separação e bombeamento submarino

Como já indicado nas seções anteriores, o aumento da capacidade de bombeamento e separação de fluxos tornou-se um desafio essencial para o desenvolvimento e aperfeiçoamento da produção petrolífera em águas ultraprofundas. Existe potencial para o desenvolvimento de tecnologia nacional para os sistemas de bombas elétricas submersíveis, os sistemas de medição de fluxos multifásicos, os sistemas de controle e transmissão de energia (umbilicais) e os equipamentos de separação submarina.

(4) Desenvolvimento de tecnologia de reinjeção de gás para águas ultraprofundas

O gás associado ao petróleo e fluido produzido representa um importante desafio técnico e econômico, pois a logística produtiva e a dinâmica comercial do gás é diferente do óleo. Desta forma, surge a questão de como proceder com este gás associado e que no caso do pré-sal apresenta o constrangimento de grandes teores de CO₂.

Algumas das soluções tecnológicas para estes desafios perpassam pelo desenvolvimento de técnicas de reinjeção de gás nos reservatórios; seja apenas do CO₂, com o intuito de não liberar este gás na atmosfera ou do gás natural, para posterior retirada e venda.²⁴ Isso perpassa também pelo processamento primário dos fluidos na unidade de produção que deve ser otimizado para simplificar o processo.

(5) Sistemas de *risers* rígidos em catenária

Este sistema em catenária é uma configuração na qual o *riser* fica preso na unidade de produção e se estende livremente até o solo. Permite a aplicação de ligas alternativas, uma conexão alternativa à solda tradicional e o uso de aços de alta resistência. É uma tecnologia comprovada inclusive em âmbito internacional e alguns campos do pré-sal irão se utilizar desta.

²⁴ Segundo a Subsea World Magazine (2018), a Shell pretende estocar a maior parte do CO₂ do gás do pré-sal por meio da construção de cavernas salinas na camada do pré-sal de forma a reduzir as emissões de gases de efeito estufa.

(6) Sistemas de *risers* flexíveis

Poucas empresas multinacionais detêm o design e a tecnologia de fabricação de dutos flexíveis, umbilicais de controle e acessórios como conectores e fortalecedores de flexão. O Brasil é o maior mercado deste sistema e apresenta desafios como o uso de dutos flexíveis com diâmetros internos acima de 16 polegadas, a necessidade de operar com alto teor de fluidos corrosivos como H₂S e CO₂ e a fabricação de umbilicais submarinos para alta potência energética.

(7) Sistemas de *risers* alternativos

Tem sido estudado novos conceitos de *risers* de produção e de linhas de escoamento devido aos campos do pré-sal. Para atender essas demandas, as empresas desenvolveram o *Tension Leg Riser*, na qual os *risers* são conectados em boias tensionadas; o *Free Standing Hybrid Riser*, onde o *riser* híbrido é autossustentado; o *Riser tower*, na qual os *risers* são envolvidos em uma torre autossustentada por flutuadores; e o *Steel Lazy Wave Riser*, o qual o *riser* de aço com flutuadores está em uma configuração de corcova complacente.

A figura 6 demonstra os desenvolvimentos técnicos no sistema de *risers* utilizados no pré-sal, que apresenta relação com os dois últimos pontos descritos acima. Desde 2010 o sistema de *risers* flexíveis tem passado por avanços significativos em termos de configuração, de redução de fadiga, de padronização e de otimização. Inclusive obtendo prêmios na OTC em 2013, 2014 e 2015.

Figura 6: Desenvolvimentos técnicos no sistema de *risers* do pré-sal (2010-2017)



Fonte: Oliveira et al (2017)

(8) Equipamentos submarinos

As estruturas e equipamentos submarinos devem passar por melhorias para suportar os sistemas submarinos de completação molhada em águas ultraprofundas. Porém, um dos maiores desafios é a instalação destes no ambiente de águas ultraprofundas, necessitando assim do desenvolvimento de métodos e embarcações para o lançamento de equipamentos de grandes dimensões e cargas elevadas. Além disso, nos últimos anos, os veículos subaquáticos têm se destacado pela versatilidade e potencial de redução dos custos em diversas operações, sendo importante equipamento no desenvolvimento do campo.

(9) Materiais alternativos para operação com fluidos corrosivos

As condições do ambiente produtivo com altas pressões e temperaturas e os fluidos corrosivos, particularmente para os campos do pré-sal com alta concentração de CO₂ e H₂S, exigem o desenvolvimento de tecnologias na área de materiais. São desafios e oportunidades no Brasil: materiais em aço de alta resistência associados a métodos de soldagem apropriados; novas ligas para anodos de sistemas de proteção, evitando a fragilização por hidrogênio e dispositivos eletrônicos que limitam a corrente do sistema; materiais alternativos para operação com fluidos corrosivos; e dutos com materiais alternativos como os materiais compósitos e as ligas metálicas de alta resistência e resistentes à corrosão.

(10) Aquisição e tratamento de dados geológicos, geotécnicos e oceanográficos

É cada vez mais essencial as tecnologias e plataformas de análise de dados para adquirir, processar e interpretar dados geológicos, geotécnicos, oceanográficos e meteorológicos e geográficos. Essa necessidade está na realização dos projetos e programas em águas profundas e ultraprofundas com as informações dos reservatórios, leito do mar e colunas d'água para as atividades de instalação, desenvolvimento e produção.

Nesta área se destacam os sistemas de sensores para geração de dados, o monitoramento para identificação de vazamentos e espelhamento de manchas de óleo e a construção de plataformas computacionais que dispõe, organiza e analisa os dados obtidos a um operador ou atua de forma autônoma.

(11) Energia elétrica para o desenvolvimento de sistemas submarinos

A produção em águas profundas e ultraprofundas requer a transmissão e distribuição de alta potência em longas distâncias, seja de uma unidade de produção flutuante ou

onshore. Segundo Rajashekara, Krishnamoorthy e Naik (2017), a instalação e operação de sistemas elétricos submarinos apresentam diversos desafios como: o aumento da pressão a cada 100m de profundidade; a característica da água do mar de corrosividade e condução elétrica; a necessidade de manutenção na superfície; a necessidade de grandes potenciais para dar conta das bombas submarinas e compressores usados; e longas distâncias de umbilicais entre o gerador e equipamentos.

(12) Tentativa de padronizar, reutilizar e dar multiuso às partes do SPS

De modo a facilitar interfaces, conexões e novos usos dos equipamentos e sistemas, tem se buscado soluções para aproveitamento destes. Isso pode reduzir custos importantes de design, de operações e de projetos, além de facilitar a exportação de equipamentos.

Por fim, duas fronteiras tecnológicas capazes de afetar todos os desafios estratégicos citados acima e que prometem ter efeitos disruptivos no Brasil são: o conceito de *subsea to shore* (do fundo do mar para a terra) ou *subsea factory* e a tecnologia digital. Trataremos de ambos respectivamente a seguir.

No *subsea factory*, não há a necessidade do uso de unidades flutuantes já que a produção é escoada para a unidade de processamento na costa. Isso elimina o uso das unidades flutuantes e pode viabilizar a produção de poços não atrativos economicamente através da tecnologia convencional.

Existem algumas vantagens econômicas no uso desta configuração. Segundo Bispo (2016), a principal vantagem está em não utilizar plataformas, tendo em vista os elevados CAPEX e OPEX (*operational expenditure*) relativos às plataformas e o seu longo tempo de construção. Os custos de transporte de cargas e pessoas são eliminados e se reduz substancialmente o número de trabalhadores no mar. Além disso, sem uma unidade de produção flutuante, a segurança operacional é maior e o impacto ambiental é menor.

Uma plataforma pode ter o comprimento de dois grandes estádios de futebol e recebe uma série de tubulações e equipamentos para o processamento dos fluidos. Isso representa alta carga de peso e pouco espaço disponível, ou seja, qualquer equipamento que possa ser transferido para o ambiente submarino significa um “alívio” nas operações na plataforma.

Alguns desafios tecnológicos conforme Bispo (2016) estão atrelados às longas distâncias com a costa. A garantia de escoamento dos fluidos fica limitada devido à perda

de carga e pressão, mesmo com o uso comum de bombas multifásicas no offshore ainda existem dificuldades com os sistemas de compressão submarinos de gás.

Outro ponto é a demanda elevada de energia elétrica e sua distribuição para as bombas e os demais equipamentos, pois é natural a perda de potência com a distância. O que tem sido estudado é a implantação da fonte elétrica no meio submarino ao invés da instalação em terra, mas ainda é um desafio tecnológico importante.

Os umbilicais e seu custo e complexidade técnica representam outro gargalo tecnológico pois o peso e o comprimento do equipamento representam desafios relacionados à fabricação, instalação e qualidade da transmissão.

O *subsea to shore* ou *subsea to somewhere* é um conceito utilizado basicamente na Noruega em campos de gás. Dois exemplos são os campos de Snohvit (250m profundidade) e Ormen Lange (entre 800m e 1000m de profundidade) que estão a 140km da costa e o gás é levado diretamente a uma unidade de liquefação e planta de processamento, respectivamente (BOSCO, 2014).

No Brasil não há nenhum campo associado à terra e sim à uma FPSO. Porém, tecnologias recentes em desenvolvimento no país são a separação submarina de gás, óleo e água e o tratamento e a reinjeção de água submarina, as quais representam um avanço importante no conceito e por outro lado facilitam as operações na plataforma.

Conforme ABDI e CGEE (2016a), o desenvolvimento tecnológico deste conceito no Brasil teria potencial para alavancar o surgimento e crescimento de mercados nas áreas de equipamentos submarinos; tubulações; cabos umbilicais de alta potência; instrumentação submarina; e inspeção, manutenção e gerenciamento de risco.

Já sobre as tecnologias digitais, referem-se ao conjunto de avanços tecnológicos em big data e análise; internet das coisas; aparelhos móveis; nuvem de arquivos, dados e documentos; robótica e drones; inteligência artificial (IA)²⁵; tecnologia de vestimenta; e ferramentas de sociabilidade e colaboração. Estas tendências tecnológicas têm potencial de

²⁵ Conforme Noshi, Assem e Schubert (2018), a IA está relacionada ao emprego de algoritmos complexos e a uma rede de ferramentas para solucionar problemas de ordem multidimensional imitando o cérebro humano. Usando a ciência e engenharia é possível por meio de máquinas e computadores resolver tarefas que requerem habilidades complexas ao pensamento humano.

influenciar processos produtivos em diversas indústrias. Isso não será diferente na indústria petrolífera e no SPS.

A enorme quantidade de dados recolhidas pelas empresas e órgãos estatais que atuam no SPS são essenciais para a devida segurança operacional e já a algumas décadas é natural o monitoramento de indicadores. Entretanto, a necessidade de manter a integridade das operações e ativos fez com que se utilizasse um número cada vez maior de sensores e outros dispositivos para coleta de dados de importância nesses processos. Isso potencializou a ideia do uso de automação industrial e de análises e estimativas auxiliando na tomada de decisões e rotinas a partir de algoritmos e equipamentos capazes de responder e agir de modo instantâneo a algum tipo de evento ou alerta.

Segundo Noshi, Assem e Schubert (2018), os benefícios descritos trazem uma questão associada à coleta e uso apenas dos dados e informações necessários para tomada de ações e decisões que garantam a produção de óleo e gás. A enorme quantidade de dados pode ser um impedimento aos especialistas para obter um modelo ótimo.

Por esta razão, os autores discutem o emprego do chamado “*machine learning*” na exploração e produção petrolífera, o qual a partir de métodos de IA e big data cria modelos de redes neurais artificiais para utilizar uma interface inteligente de interpretação e simulação nas operações e equipamentos. Isso permite inclusive uma atuação autônoma e inteligente no monitoramento, predição, interpretação, seleção de modelos, diagnósticos, estimação e gestão de riscos, dentre outras ações operacionais.

Em projeto do Fórum Econômico Mundial de 2017, intitulado “*Digital Transformation Initiative Oil and Gas Industry*”²⁶, o setor de óleo e gás foi alvo de estudo para compreender o potencial das tecnologias digitais, considerando que estas podem proporcionar uma nova era para a indústria petrolífera devido aos rápidos avanços e a mudança de necessidade dos consumidores.

O que podemos aferir deste acerca do SPS é sobre dois temas definidos como centrais: gestão digital do ciclo de vida do ativo, podendo transformar as operações e melhorando a agilidade e a estratégia da tomada de decisão; e o ecossistema circular de colaboração, que significa a promoção de plataformas digitais integradas para colaboração

²⁶ Tradução livre: “Iniciativas de Transformação Digital na Indústria de Óleo e Gás”

e auxílio no desenvolvimento mais rápido de inovações por meio de redução de custos de informação e transparência operacional.

Desta forma, algumas das recomendações do Fórum Econômico Mundial para a indústria perpassa por direcionar a cultura da inovação e de adoção de tecnologias entre empresas; por identificar oportunidades de colaboração e entendimento de plataformas de compartilhamento econômico; e por reformar a arquitetura de dados das companhias. Já as recomendações para os tomadores de políticas públicas e governos estão atreladas ao desenvolvimento global de dados padronizados e criar um arcabouço regulatório mais claro.

Acerca do caso brasileiro, segundo o Instituto Euvaldo Lodi (IEL) e Pinto Jr (2018)²⁷, a busca pelos vetores de redução de custos para assegurar a competitividade dos projetos, a vantagem de ser uma das principais zonas produtivas do mundo e a capacidade acumulada no desenvolvimento de soluções tecnológicas e inovações específicas no país são fatores importantes que podem impulsionar o desenvolvimento de tecnologias digitais. Isso é corroborado pela complexidade crescente do SPS e a busca por rotinas e análises que auxiliem na segurança operacional e na gestão de integridade dos ativos.

Dentro do escopo do trabalho desenvolvido pelo IEL e o Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) (IEL, 2017), que aponta um mapa de *clusters* tecnológicos relevantes para a competitividade de sistemas produtivos; esta tese se utiliza de conceitos e da divisão de *clusters* feita pelo estudo.

Neste sentido, vale fazer um adendo acerca da importância das tecnologias disruptivas e da divisão dos *clusters* que tem afetado à toda indústria mundial e está no radar das petrolíferas.

Sem adentrar demais no assunto que será discutido no capítulo de referencial teórico, a ideia de mudanças disruptivas é relacionada às alterações de padrões de concorrência setoriais ou de modelos de negócios atualmente predominantes.

Para avaliar tais impactos, as tecnologias são agrupadas nos chamados “*clusters* tecnológicos” com o fim de reunir as tecnologias-chave por proximidade tecnológica e de

²⁷ Nota técnica do setor de óleo e gás elaborada no âmbito do projeto Indústria 2027 do Instituto Euvaldo Lodi (IEL) da Confederação Nacional das Indústrias (CNI) (IEL, Pinto Jr., 2018).

acordo com as bases de conhecimento envolvidas. A seguir é feita uma breve caracterização dos oito clusters:

- Inteligência Artificial, *Big Data*, Computação em Nuvem: reúne um conjunto organizado de conhecimentos e tecnologias (“máquinas computadorizadas”), aplicados a determinados fins: percepção, compreensão, processamento, interpretação, otimização, ação, etc.

- Redes de Comunicação: com o intuito da troca de informações, os principais tipos de inovação deste cluster são de produto (redes embarcadas em produtos ou produtos conectados com fibras óticas, redes lógicas e comunicação sem fio); de infraestrutura (redes como plataformas para integração intra e extra firma); e de mercado (utilização de tecnologias *blockchain* para desenvolver novos mercados e/ou corrigir falhas de mercado de natureza informacional).

- Internet das Coisas: pode ser definida como um sistema de interconexão, através da Internet ou de uma rede específica, de dispositivos informáticos incorporados em objetos cotidianos, permitindo-lhes enviar e receber dados, e atuar sobre estes objetos. Sensores e microeletrônicos são como um “sistema nervoso central” do equipamento.

- Produção Inteligente e Conectada: refere-se a sistemas ciberfísicos de interconexão, digitalização, processamento e otimização da cadeia produtiva (incluindo seus processos e desenvolvimento de produtos, quase que personalizados), com crescente utilização de inteligência artificial. Os gêmeos digitais (em inglês, “*digital twin*”) se inserem neste cluster.

- Materiais Avançados: As inovações deste cluster são de fato novos insumos que permitem o desenvolvimento de novos produtos (itens de vestuário com propriedades de alto desempenho; drogas com liberação controlada), mudanças em processos (materiais para impressão 3D) e abertura de novos mercados (produtos de biorrefinaria).

- Nanotecnologia: As nanotecnologias são insumos, partes e componentes utilizados em produtos de várias indústrias, o que instrumentaliza, inclusive, o desenvolvimento de novos produtos, implicando o surgimento de novos mercados e demandando novas competências.

- Biotecnologia: é o conjunto de técnicas que usam organismos vivos ou suas partes para obter ou modificar os produtos para melhorar plantas ou animais ou para desenvolver

microrganismos com fins claramente definidos, ou seja, para a obtenção de produtos e serviços.

- Armazenamento e Geração de Energia para Empreendimento Submarino: o primeiro corresponde à utilização de uma reação química (reação redox) para armazenar energia elétrica. É o campo tecnológico onde se utilizam métodos eletroquímicos para armazenar energia. A geração de energia para empreendimento submarino não faz parte do Projeto Indústria 2027 e foi adicionado pelo pesquisador, estando relacionado à necessidade de energia elétrica para os sistemas do SPS funcionarem. A geração submarina está voltada para geração de energia nuclear, das ondas, da troca de calor para distribuição nos equipamentos submarinos.

Então, podemos dizer que os quatro primeiros clusters estão relacionados à chamada “digitalização” e está presente em diversas frentes da indústria mundial. Isso pode demarcar um potencial interessante que existiria com a integração com as principais empresas de tecnologia digital (Google, Microsoft, IBM, GE e Siemens) visto que existem oportunidades de negócios e parcerias em um espaço com potencial de aplicação de tecnologias disruptivas.

Apesar da dificuldade em acompanhar a velocidade das inovações e tecnologias e seu uso efetivo e comercial no SPS brasileiro, é importante ter a noção de qual caminho estas tem percorrido e onde pretendem chegar. Baseada no relatório analítico no âmbito do trabalho da ABDI e CGEE, em prêmios de instituições e organizações nacionais e internacionais, em revistas e publicações do setor submarino brasileiro e em informações disponíveis do site da Petrobras, a seguir se descrevem os principais avanços tecnológicos recentes e as tecnologias em desenvolvimento no Brasil no âmbito do SSPP.

Para descrever tais tecnologias, optou-se aqui por utilizar a divisão em seis grupos de tecnologias de engenharia submarina sugerida no relatório analítico da ABDI e CGEE (2016a).

GRUPO 1: Materiais, Técnicas de Soldagem e Conexões

O desenvolvimento tecnológico deste grupo pode representar a simplificação das operações e a viabilização de projetos muito custosos.

- Uso de anodos inteligentes para autocontrolar o potencial de proteção contra corrosão em dutos submarinos.

- Uso de novas ligas metálicas para composição de anodos de sacrifício em dutos submarinos.

Ambas tecnologias citadas estão relacionadas à proteção catódica (por meio do anodo de sacrifício de alumínio) para reduzir os riscos de fragilização por hidrogênio dos dutos. Porém, existem contrapartidas pois as ligas de alumínio recebem aditivos como mercúrio e estanho que apesar dos bons resultados são propensos à poluição do meio ambiente, colocando em dificuldades a vida marinha.

- Uso de revestimento para proteção anticorrosiva de juntas soldadas no campo em tubos de aço carbono com revestimento externo em polietileno e polipropileno tripla camada.²⁸

- Desenvolvimento de membranas de alta performance para a separação de CO₂ do gás natural permitindo menores plantas de processamento com alta capacidade.

- Desenvolvimento de sistema de tratamento compacto de gás por membranas capazes de remover H₂S e água reduzindo assim o peso e custos na unidade de produção.

- Uso de comunicação submarina sem fios óptica.

Outras tecnologias importantes, mas com potencial baixo de produção no Brasil até 2025, segundo ABDI e CGEE (2016a) são:

- Uso de materiais compósitos aplicados no revestimento interno de linhas rígidas e camadas de dutos flexíveis com o intuito de reduzir o peso e aumentar a resistência à fluidos agressivos. Estes materiais são de grande interesse pois apresenta baixo peso e alta resistência à corrosão e fadiga.

- Uso de novos conceitos e materiais aplicados em acessórios e estruturas de interface entre *risers* e sistemas flutuantes para eliminar a necessidade de mergulho nas operações de interligação por exemplo.

- Uso de novos conceitos e de novo material flutuador para as linhas flexíveis em profundidades de 2 - 3km, de modo a reduzir as dimensões e o aumento da eficiência do flutuador.

²⁸ Desenvolvida em parceria pela MEI Engenharia e Petrobras devido a necessidade de uma alternativa técnico-comercial ao material importado, esse revestimento é 100% nacional e serve para dutos terrestres e submersos. Esta inovação foi finalista no prêmio ANP de inovação de 2014.

- Uso de ferramentas, sistemas e métodos alternativos para desmobilização, recuperação e descarte de dutos e equipamentos submarinos para reduzir o custo de operação.

GRUPO 2: Sistemas de *Risers* Rígidos Convencionais e Alternativos e *Risers* Flexíveis

A operação dos *risers* de produção vem se tornando mais complexa devido a profundidade e condições dos campos do pré-sal brasileiro.

- Uso de filamentos de calor nos dutos para evitar a formação de hidratos e manter o calor dos fluidos devido as baixas temperaturas e longas distâncias em águas profundas e ultraprofundas.

- Uso de novas fibras sintéticas na fabricação de tendões alternativos devido às mudanças da elevação da boia geradas pelo alongamento do cabo.

- Uso de materiais alternativos como alumínio, compósitos e titânio em *risers*. Estes já estão presentes e são utilizados na indústria offshore, porém a ampliação do seu uso depende do alto custo destes materiais.

- Uso de dispositivos inibidores de esforços em sistemas de *riser* (*Steel Catenary Riser*, *Lazy Wave* e outros), com o intuito de mitigar esforços e fadiga do *riser* que levam ao entrancheiramento, penetração, sucção, soterramento e prisão no solo.

- Uso de dispositivos para garantir o espaçamento entre *risers* e evitar choques em movimentações da corrente do mar e da embarcação.

- Uso de tendões híbridos (corrente adicionada de cabo de poliéster ou compósitos) para ancoragem de *Tension Leg Riser* em águas profundas. Tem a vantagem de reduzir o carregamento vertical na unidade flutuante devido ao peso reduzido das fibras sintéticas.

- Sistema de produção baseado no uso da Boia de Sustentação de *Riser* para desacoplar os movimentos da plataforma flutuante dos *risers* rígidos de coleta e exportação da produção.

- Uso de sistema alternativo para atracação da boia com oito tendões para minimizar a inclinação no caso de falha de tendões. As chamadas boias de sustentação de *risers* estão sujeitas a forças como o vento, a corrente marinha e ondas que contribuem para a deterioração das linhas de ancoragem podendo causar problemas de segurança de pessoal, ativos e meio ambiente.

- Uso de *risers* flexíveis não metálicos para cenários específicos.
- Uso de sistemas automatizados para interligação de *risers* e mangotes evitando o mergulho raso.
- Uso de conectores alternativos para *risers* flexíveis que estabelecem interface com outros equipamentos e dutos visando eliminar o processo de dobra das armaduras de tração.²⁹
- Desenvolvimento de sistema de fluabilidade rotativa para dutos de modo a reduzir a fricção lateral e o acúmulo do solo marinho no entorno dos dutos. Sendo projetado para se movimentar, os módulos eliminam dobras e reduzem a movimentação axial das tubulações.
- Criação de unidade robótica controlada remotamente conhecida como “Annelida” para a quebra de hidratos e a remoção de parafinas sem sonda. Aplicável em dutos rígidos e em linhas flexíveis não pigáveis. O robô inserido na linha pela plataforma se desloca e efetua o serviço de remoção, possibilitando a redução de custos com sondas.

GRUPO 3: Sistemas de Controle Submarino e Sensores

Neste grupo tem sido indispensável para as operações de monitoramento de equipamentos capazes de melhorar a comunicação entre os sistemas de controle em superfície e submarino. Para Smedstad, Nilsen e Bressand (2017), aspectos essenciais na nova era das condições de monitoramento estão relacionados ao foco na integridade do equipamento, na necessidade de reduzir custos e no rigor regulatório.

- Desenvolvimento de sistema de controle por meio de ferramentas de tecnologias digitais com uso de sensores de pressão e temperatura e de atuador elétrico conectados a uma interface de histórico de dados em nuvem e um sistema autônomo.³⁰
- Uso de sensores não intrusivos com tecnologia de fibra ótica para monitorar a temperatura e pressão de linhas submarinas. Por ser não intrusivo e de baixa atenuação de sinal para longas distâncias, as aplicações da fibra ótica em águas profundas e ultraprofundas apresentam grande potencial.

²⁹ Foi finalista do prêmio de inovação da ANP de 2018 e desenvolvido pela Petrobras, Laboratório de Metalurgia Física (LAMEF) da UFGRS.

³⁰ Segundo Campagnac et al (2018), o sistema de controle desenvolvido pela Siemens ainda enfrenta constrangimentos, mas apresenta adaptações como solução.

- Uso de ultrassom de altíssima sensibilidade denominado “PROVUS” para desenvolvimento de um sistema não intrusivo de monitoramento de corrosão capaz de estimar a taxa de corrosão com grande precisão e versatilidade para ambientes onshore e offshore.

- Uso de sistemas inteligentes para processar os dados e indicar intervenções possibilitando a combinação de ferramentas de preparação, soldagens e inspeção baseadas em análises prescritivas e descritivas para a tomada de decisão.

- Uso de sistema software de manutenção preditiva para monitoramento da eficiência e da condição dos ativos.

- Uso de sistema software para ativação de unidade hidráulica geradora de pressão que visa controlar a operação de equipamentos, a aquisição de dados e a emissão de relatórios em tempo real.

- Uso de *riser* flexível com conector ao sistema Monitoramento Óptico Direto no Arame (MODA). Conhecido como “Olho Mágico”, auxilia na identificação de eventos de rupturas das armaduras de tração do duto flexível, evitando o risco de falha global do *riser*, de paradas de produção prolongadas e de danos ambientais.³¹

- Uso de sensores de fluxo multifásico de alta precisão para medir parâmetros físicos de escoamentos multifásicos (gás-óleo-água-sólidos).

- Uso de novas técnicas de inspeção se utilizando de ROVs para reparar os dutos submarinos e garantir a integridade do sistema de produção. A inspeção é uma operação que enfrenta desafios para a remoção de organismos marinhos ou de revestimento dos dutos e nem sempre tem sido possível se utilizar dos ROVs.

- Uso de técnicas de monitoração por meio de imagens para aumentar a eficiência e confiabilidade das operações submarinas. Estas imagens são colhidas por veículos submarinos, porém ainda apresentam limitações quanto a resolução do registro das imagens e o devido tratamento destas para análise.

- Uso de ferramenta de detecção de trincas por meio de sensores para inspecionar tubos cladeados devido a trincas de fadiga no fundo do mar.

³¹ Esta inovação foi patenteada e passou a ser requerida no fornecimento de linhas flexíveis do pré-sal, foi premiada na OTC 2015 e finalista no prêmio de inovação da ANP 2014. Desenvolvida em parceria com a Petrobras, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Monflex e Ouro Negro.

GRUPO 4: Sistemas de Transmissão e Distribuição de Alta Potência

A geração de energia no leito submarino ainda apresenta diversas dificuldades, então a geração na superfície e a transmissão e distribuição de potência aos equipamentos submarinos. Os sistemas submarinos de suprimento de energia elétrica de modo seguro, confiável e de custo-benefício tem se desenvolvido com sucesso nas aplicações e tecnologias de processamento submarino.

- Uso de interruptor de desconexão (*circuit breaker*) visando a segurança de equipamentos submarinos de alta demanda energética. Serve para proteger o circuito elétrico de sobrecargas ou curto circuito.

- Uso de transformadores submarinos para a alimentação de alta potência, especialmente em sistemas submarinos com grandes profundidades e distância da costa.

- Uso de cabos umbilicais de alta potência para transmissão e distribuição de alta potência.

- Uso de conectores apropriados para alta potência visando a conexão de cabos e terminais de equipamentos. Tais conectores precisam manter a pressão de vedação da barreira durante a vida de equipamento com o intuito de preservar a integridade elétrica.

- Desenvolvimento do conceito de atuadores elétricos combinados à engrenagem mecânica para acionamento de equipamentos submarinos. A potência elétrica é transmitida ao fundo do mar e convertida em força mecânica.

GRUPO 5: Técnicas de Inspeção e Monitoramento

A inspeção e monitoramento da integridade do SPS tem ganhado destaque e enfoque tecnológico nos últimos anos devido as demandas de segurança operacional, de escoamento produtivo dos fluidos em segurança e de impactos ao meio ambiente. Algumas técnicas são utilizadas para a coleta de dados e a intervenção aos equipamentos por meio de sensores, ROVs e AUVs.

- Uso de AUVs visando a inspeção de equipamentos, coleta de dados e monitoramento ambiental. Este equipamento tem apresentado rápido desenvolvimento e se apresenta como uma opção tecnológica para diversas aplicações, já que os ROVs são caros e ineficientes em algumas operações.

- Sistema robótico móvel para monitoramento e possibilidade de intervenções (DORIS). Trata-se de um veículo teleoperado capaz de captar e analisar áudio, vídeo, imagem térmicas, vibrações e composição atmosférica.

- Uso de sensores de fibra ótica para o monitoramento de temperatura e deformações em *risers* e dutos submarinos.

- Uso de um sistema autônomo de limpeza e inspeção de *risers* (AURI), instalado ao redor do *riser*.³²

- Uso do PIG Palito para inspeção de dutos submarinos de diferentes diâmetros. Considerado inovador por oferecer ao mercado uma alternativa para a inspeção de alguns tipos de dutos que até então não podiam ser inspecionados, devido à ausência de alternativas nacionais e mundiais.

- Uso de Boia Meteoceanográfica Nacional para aquisição de dados. O principal benefício reside no domínio tecnológico de sistemas de medição meteoceanográfica, com alto conteúdo local, reduzindo os custos de aquisição, operação e manutenção de sistemas autônomos para o monitoramento.

GRUPO 6: Equipamentos Submarinos

O Brasil conseguiu por meio do desenvolvimento da engenharia submarina um importante avanço em soluções tecnológicas, as quais permitiram o uso de equipamentos bastante específicos.

- Desenvolvimento do Sistema Nautilus - sistema submarino de armazenamento e injeção de produtos químicos automatizado tendo impacto nos custos e riscos operacionais. Se dá pela utilização de uma combinação inovadora de técnicas de bombeio eletro-hidráulico e de controle e automação das válvulas dos equipamentos submarinos.

- Desenvolvimento e qualificação de telas premium para controle de areia visando evitar o entupimento e erosão de equipamentos e tubulações em águas profundas.³³

³² Foi desenvolvida em conjunto pela Petrobras e Pontifícia Universidade Católica do RJ sendo premiada pelo prêmio de inovação da ANP 2015 e seu desempenho implica em uma limpeza e inspeção em tempo 10 vezes menor que os procedimentos normais. Seu uso representa uma economia de R\$12 milhões por ano.

³³ A produção destas telas no Brasil possibilita a substituição de importações, da ordem de US\$ 100 milhões, e demonstra potencial de exportação. Esta inovação foi finalista no prêmio ANP 2014 e desenvolvida em parceria entre o Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais e Statoil (atual Equinor).

- Uso de tecnologia de reparo de linhas flexíveis assistidos por veículo subaquático. O equipamento é projetado para operar em lâminas d'água rasas e profundas, e não há no mercado nacional e internacional oferta de tecnologia semelhante que possa recuperar a integridade de dutos flexíveis submarinos em operação.

- Desenvolvimento de um protótipo do “FlatFish” (tipo de veículo subaquático autônomo) no Brasil. Verificou-se a necessidade de um veículo submarino autônomo de baixo custo que possa residir e se direcionar autonomamente a uma estação de docagem submarina nas operações.

- Projeto das árvores de natal molhadas aplicadas ao redesenvolvimento (*Enhance Vertical Deepwater Tree*), devido a necessidade de padronização de equipamentos, de agilidade e de redução de custos em escala global.³⁴

- Projeto de “árvores de natal molhada compacta” que procura reduzir em 50% o peso do equipamento em relação ao peso tradicional, além de reduzir o CAPEX e OPEX do sistema submarino durante o tempo de vida útil do campo.

- Uso de sistema de elevação artificial de fluidos com maior flexibilidade operacional dirigindo os fluxos para o módulo de bombeio.³⁵

- Uso de bomba centrífuga submersa instalada em Skid no leito marinho visando o aumento da vazão da produção devido a existência de poços com baixa razão gás-óleo.

- Desenvolvimento de estações submarinas de tratamento de água do mar para injeção em poços produtores. É uma alternativa ao sistema de tratamento instalado na unidade de produção e elimina a necessidade de *risers* de injeção.³⁶

³⁴ Projeto desenvolvido pela Shell e a antiga FMC Technologies (TechnipFMC) no Brasil, transformou-se em projeto padrão e vem sendo utilizado em desenvolvimentos de campos marítimos no Golfo do México e na Malásia. Foi finalista do prêmio ANP de inovação em 2014.

³⁵ O conjunto módulos de bombeio, caixão flutuante e bombas elétricas submarinas é o mais profundo instalado no mundo. Estima-se aumento de produção de 30% em relação ao sistema tradicional. Esta inovação foi desenvolvida pela Shell e a antiga FMC Technologies (TechnipFMC) e foi finalista no prêmio de inovação da ANP em 2014.

³⁶ Conforme a Subsea World Magazine (2018b), esta tecnologia está sendo desenvolvida no BHGE Brazilian Technology Center por meio de uma Joint Innovation Partnership (JIP) incluindo as operadoras Equinor, Galp, Petrobras, Repsol Sinopec e Shell. Ainda se encontra em fase de experimentação, mas até 2020 se espera qualificar o sistema para lâminas de água de 3000m.

- Desenvolvimento do separador submarino Hi-Sep para aproveitar do estado líquido do CO₂ em certa temperatura e pressão e obter melhor taxa gás/óleo.

- Método de captura e armazenamento de dióxido de carbono e purificação de gases associados na produção de petróleo em águas ultraprofundas através do processo de produção de hidratos dos gases em equipamentos de separação submarina. Monetizou os gases associados por facilitar o trato em seus diferentes estados, reduziu espaço na unidade de produção e reduz impactos de meio ambiente.

- Uso de separadores submarinos visando a separação gás-líquido ou separação trifásica no leito marinho.

O separador gás-líquido aumenta a taxa de fluxo de petróleo, melhora o fator de recuperação do poço e pode ser instalado em um poço novo ou já existente, o que reduz os custos operacionais do projeto devido ao impacto financeiro da necessidade de uma estação na superfície e da disponibilidade de navios de apoio com grande capacidade. Porém, apesar de grandes avanços, o separador submarino ainda precisa de novas soluções tecnológicas para obter a eficiência esperada e ser aplicada de modo abrangente.³⁷

Encerrando a discussão do capítulo 1, que buscou compreender e apresentar ao leitor aspectos fundamentais da engenharia submarina de produção petrolífera e das soluções tecnológicas em uso e desenvolvimento no ambiente *offshore* brasileiro, podemos dividir o SPS em três grandes pacotes tecnológicos e suas principais atividades, equipamentos, serviços e empresas, como disposto no quadro 2.

A divisão em grandes pacotes representa todos os processos que este trabalho pretende abarcar em suas análises e inclui todos os grupos de tecnologias de engenharia submarina. Os pacotes serão úteis nas análises posteriores de redes por apresentar um padrão nos processos e grandes insumos e usos similares.

³⁷ Sobre os projetos de processamento submarino de separação de gás-líquido e de separação água-óleo ver Albuquerque et al (2013).

Quadro 2: Descrição dos pacotes tecnológicos no SPS

Pacotes tecnológicos	Principais atividades	Principais equipamentos e serviços relacionados
Processos de controle de fluxo (<i>Subsea Equipment</i>)	Controlar e gerenciar os fluxos de óleo, água e gás provenientes da produção	-Árvore de Natal Molhada (ANM), <i>Manifolds</i> , Bombas -Instalação
Processos de transporte de fluxos – <i>Subsea Umbilical, Risers and Flowlines</i> (SURF)	Realizar o escoamento de produtos e canalizar energia elétrica para os equipamentos submarinos	- <i>Risers</i> , <i>flowlines</i> , e umbilicais - Instalação
Processos de Gerenciamento da integridade da produção	Monitoramento e controle dos ativos e serviços submarinos; coleta de amostras e dados; análises de dados e intervenções em equipamentos e estruturas; e venda de equipamentos e softwares	-Sensores, PIG, AUVs, ROVs, Softwares -Serviços que utilizam os bens acima para a predição, monitoramento, inspeção e manutenção dos equipamentos envolvidos na produção

Fonte: Elaboração própria

É essencial ainda salientar a importância dos conceitos e tecnologias apresentadas neste capítulo, pois será de grande valia no entendimento do capítulo analítico sobre as capacitações tecnológicas e a discussão do problema central da tese que visa compreender o potencial do SPS como um núcleo dinamizador de atividades industriais e de tecnologias de ponta no Brasil.

2. CAPÍTULO 2 - MARCO TEÓRICO E METODOLOGIA DE PESQUISA

O capítulo 2 está preocupado em mostrar ao leitor por qual referencial teórico a pesquisa irá se basear e como a metodologia irá caminhar. A ideia foi reunir, discutir e apontar os conceitos capazes de auxiliar na análise do potencial do SPS brasileiro e descrever os passos da pesquisa a partir deste arcabouço.

Autores clássicos como Adam Smith, Karl Marx e David Ricardo demandaram esforços para compreender o sistema capitalista e as estratégias de crescimento econômico no século XIX. Porém, Joseph Schumpeter, no início do século XX, destacou-se por contribuir para o debate com novos elementos como o processo produtivo e a base tecnológica.

Schumpeter concluiu, que período após período, o sistema produtivo capitalista apresentava incrementos de produtividade decorrentes de aperfeiçoamentos no processo de trabalho e de mudanças tecnológicas contínuas na função de produção. As inovações ao longo do processo permitiam transformar o “fluxo circular” através de desequilíbrios no fluxo de bens no mercado e da inserção de novidades no funcionamento do sistema.

Os argumentos schumpeterianos influenciaram diversas gerações de economistas e se tornaram um terreno fértil para o desenvolvimento de conceitos e teorias, especialmente preocupadas com o desenvolvimento econômico, economia industrial e economia da inovação e tecnologia.

Muitos estudos notam a importância da mudança tecnológica como um instrumento capaz de possibilitar o *catching up*³⁸ dos países em desenvolvimento devido ao poder de

³⁸ O início dos estudos acerca do processo de *catching up* remonta ao famoso trabalho de Gerschenkron (1962) tratando da Europa no final do século XIX. Este analisava o atraso industrial e o crescimento econômico apontando aspectos institucionais, creditício e de cooperação bancos-indústria. A definição de *catching up* pode ser caracterizada pela habilidade de um país encurtar as diferenças em produtividade e renda frente a um país líder e/ou entrando em convergência com os demais países do mundo. Para fins deste trabalho se atenta para a discussão de Cassiolato et al (2014) acerca da incompatibilidade da forma usual como o termo *catch up* tem sido usado e a base teórica de sistemas de inovação. Levando em consideração este aporte, quando feita menção ao termo neste capítulo, será apenas para reproduzir fielmente as idéias dos autores citados. Contudo, nas análises no restante da pesquisa, só se considerará este conceito se entendido como redução do hiato ou avanço em termos de competências tecnoprodutivas e capacidade inovativa, sabendo

mudanças estruturais e possibilidade de reestruturação econômica (DOSI, 1982; FREEMAN E PEREZ, 1988; PEREZ, 1992; REINERT, 1996; NELSON E WINTER, 2002; SAVIOTTI, 2005; PEREZ, 2010b; MAZZUCATO, 2011; HAUSMANN et al, 2013; LUNDEVALL, 2016). O papel da mudança técnica no processo de desenvolvimento econômico é fundamental para a conformação de alterações estruturais do sistema econômico.

Levando em consideração um referencial de base teórica schumpeteriana e evolucionária para responder às questões centrais abordadas na seção anterior, a tese atenta para quatro pontos essenciais para a análise proposta: (1) o processo de mudança técnica; (2) os sistemas de inovação e redes de inovação; (3) os regimes tecnológicos; e (4) estratégias de inovação. A intenção desta seção é destacar como esses pontos de referenciais teóricos podem contribuir na construção metodológica.

O primeiro é importante por auxiliar na compreensão dos efeitos das mudanças tecnológicas na trajetória tecnológica dos sistemas produtivos. Como é possível reduzir a distância tecnológica e promover a mudança técnica através do processo de produção e de inovação e quais as oportunidades advindas deste processo? Para subsidiar respostas, serão abordados nesta sequência os conceitos de paradigma tecnológico e tecnoeconômico, trajetória tecnológica, processo de mudança técnica e janelas de oportunidades.

O conceito de sistema de inovação é um referencial analítico entendido como essencial neste trabalho por agregar as interações entre as firmas e suas relações com as instituições que gerem o mercado. Como empresas e instituições se comportam e interagem diante do processo de aprendizado para desenvolver capacidade de inovação industrial? Esta resposta se discute a partir dos conceitos de redes de inovação.

O terceiro ponto se relaciona diretamente com os anteriores e atenta para as especificidades intrínsecas a cada sistema produtivo. Quais as principais diferenças nos sistemas produtivos tendo em conta os recursos existentes entre instituições e organizações?

que a forma e trajetória desta evolução é única e fortemente influenciada pelas características e estruturas historicamente constituídas no Brasil.

O quarto ponto destaca as diferenças entre as diversas estratégias de inovação das firmas. Quais os intuítos estratégicos e a forma de atuação das empresas no processo inovativo? É fundamental considerar como as empresas se posicionam à luz das oportunidades inerentes aos regimes tecnológicos relevantes, para pontuar o efetivo potencial do SPS brasileiro em constituir um polo mobilizador e desenvolvedor de competências.

Vale destacar que conceitos e elementos do referencial schumpeteriano e evolucionário; como economia da tecnologia, ciclo de vida, escala produtiva e maturação tecnológica não são abordados detalhadamente. Eles são pertinentes na medida que se explore profundamente o desenvolvimento técnico do sistema produtivo; e nesta tese o que se propõe é prover um quadro amplo e completo. Os quatro pontos acima satisfazem esse objetivo.

2.1. O PROCESSO DE MUDANÇA TÉCNICA: TRAJETÓRIAS TECNOLÓGICAS E A ABERTURA DE JANELAS DE OPORTUNIDADES

O primeiro ponto a se discutir neste referencial teórico é o processo de mudança técnica. Nesta seção são explorados conceitos como de trajetórias tecnológicas, de paradigma, de janelas de oportunidade e de processo de *catching up*. Tendo em conta a análise do SPS e os desenvolvimentos tecnológicos em curso desde os anos 1980 na E&P de águas profundas e ultraprofundas no Brasil, é fundamental compreender como se configuram as trajetórias de desenvolvimento tecnológico e de que modo isso representa oportunidades para os integrantes do sistema produtivo.

O desenvolvimento tecnológico e a inovação são temas recorrentes na economia industrial. A evolução do pensamento neo-schumpeteriano auxiliou na construção de conceitos relativos a questões primordiais da teoria do desenvolvimento econômico como competitividade, destruição criativa, mudança tecnológica e relação causal entre crescimento, renda e progresso técnico.

Neste sentido, os ciclos econômicos e as perturbações na estrutura de mercado, possibilita que algumas empresas se sobressaiam em detrimento de outras. Este processo se faz pela obtenção de maior fatia de mercado, seja pela melhoria e inovação em produtos e processos, e/ou pelo processo de aquisições. Uma tendência pode ser observada: as empresas atuantes na fronteira tecnológica procuram diversificar suas atividades, agregando a oferta de indústria e de serviços.

Em uma visão neo-schumpeteriana (DOSI, 1982; NELSON E WINTER, 1982; PEREZ, 1983; DOSI, 1988; FREEMAN E PEREZ, 1988; PEREZ E SOETE, 1988; PEREZ, 2006; dentre outros), preocupada com as transformações nos sistemas socioeconômicos, a atividade inovadora é um processo relacionado diretamente com a percepção dos agentes econômicos quanto às possíveis alternativas tecnológicas e o seu potencial de desenvolvimento e incremento produtivo.

Alguns trabalhos se preocuparam com a compreensão do processo de mudança tecnológica ao longo do tempo e as suas diferentes circunstâncias (DOSI, 1982; DOSI, 1988; FREEMAN E PEREZ, 1988; PEREZ, 1992; PEREZ, 2010b; DOSI E NELSON, 2016), traçando trajetórias e observando as características intrínsecas a este processo.

Segundo Dosi (1982), a interpretação do processo de mudança tecnológica e de inovação passa por quatro pontos fundamentais: (1) identificar as dimensões caracterizando a amplitude do paradigma tecnológico e a diferença para os demais; (2) separar os períodos entre tecnologias usuais e diferenciadas; (3) definir os “quebra-cabeças” mais desafiadores a se solucionar; e (4) descrever a transição de um padrão tecnológico para uma nova tendência em implantação. Esses pontos subsidiam a tese na busca pela compreensão e resposta do problema proposto.

2.1.1. Trajetórias e mudança tecnológica: a quebra de paradigmas

Tendo em conta a preocupação levantada anteriormente, Dosi (1982) construiu uma ferramenta analítica, baseada no conceito de paradigma científico de Thomas Kuhn. A ideia

de Dosi é sugerir que assim como na ciência, os processos tecnológicos tendem a ser superados em função de descobertas ou inovações radicais; havendo mudanças drásticas semelhantes na organização industrial e nas estruturas de mercado.

O conceito de paradigma tecnológico (DOSI, 1982; DOSI, 1988; PEREZ, 2010b; DOSI E NELSON, 2016) é utilizado como um padrão de soluções para um conjunto de problemas de ordem técnica mais relevantes em uma perspectiva, pautado na produção do conhecimento e trajetória tecnológica a partir de uma abordagem padronizada e direcionada de investigação. A partir destes princípios e práticas faz-se a seleção de procedimentos e rotinas predominantes.

Em um olhar mais amplo, Freeman e Perez (1988) se preocupam com as consequências de certos tipos de mudanças tecnológicas e a crise estrutural de ajustamento destas na economia; sugerindo uma taxonomia da inovação e discutindo quatro conceitos: inovações incrementais, inovações radicais, mudanças de sistemas tecnológicos e mudanças de paradigma tecnoeconômico.

- (1) As inovações incrementais são aquelas que ocorrem continuamente na atividade industrial e de serviços, dependendo de uma combinação de pressões da demanda, de fatores sociais e culturais e de oportunidades e trajetórias tecnológicas.
- (2) As inovações radicais são aquelas que ocorrem descontinuamente a partir do resultado da atividade deliberada de P&D nos laboratórios das instituições.
- (3) As mudanças de sistemas tecnológicos são aquelas mudanças de longo alcance, capaz de afetar várias atividades da economia e promover novos setores. São baseadas na combinação de inovações radicais e incrementais juntamente com inovações na gestão e organização dos negócios. Vale observar a correspondência deste ao que foi tratado no capítulo 1 como *clusters* tecnológicos e este último será utilizado no restante do trabalho.
- (4) As mudanças de paradigma tecnoeconômico são aquelas de longo alcance no sistema tecnológico que apresentam forte influência e efeitos persuasivos no comportamento de toda a economia.

O meio para a mudança a partir de novas tendências é o paradigma tecnoeconômico, um modelo da melhor prática na indústria, que gradualmente emerge da utilização ótima do novo potencial inovativo oferecido por cada revolução. Essa nova lógica para tomada de decisões em gestão, finanças, comércio e engenharia tem a capacidade de aumentar a efetividade, a eficiência e os investimentos. Além disso, pode influenciar nas organizações sociais, na esfera institucional e nas expectativas e comportamentos.

Tendo esta noção, o conceito de paradigma tecnoeconômico (FREEMAN E PEREZ, 1988; PEREZ, 1992) é representativo de um modelo diretor do progresso tecnológico que ocorre por décadas, capaz de identificar e desenvolver produtos e processos produtivos economicamente rentáveis, atentando para o conjunto de normas e rotinas intrínsecos à evolução.

Então, o mapa de trajetórias ordena os padrões de avanço nas características tecnoeconômicas dos produtos e no uso eficiente dos recursos. A heterogeneidade da evolução das firmas está no grau de sucesso na exploração das oportunidades inovativas proporcionadas em cada paradigma (DOSI E NELSON , 2016). Esses elementos são considerados cruciais para Perez (2010b) na articulação das interconexões das novas dinâmicas, pois possibilita um futuro previsível e plausível, o barateamento da inovação, a difusão total e a capacidade de redução do custo de capital e trabalho.

Desta forma, um novo paradigma tecnoeconômico é um conjunto de possibilidades técnicas e organizativas para renovar as indústrias existentes. A oportunidade não se resume aos ganhos oligopolísticos da mudança tecnológica discutidos por Dosi (1982), mas também na liderança e criação de novos setores e desenvolvimento de sistemas tecnológicos novos a partir das grandes mudanças técnicas. Quanto maior a complexidade das tecnologias específicas já instaladas e a disponibilidade de qualificação de recursos humanos o êxito do paradigma é maior.

O paradigma compreende padrões de solução específicos para problemas tecnoeconômico selecionados (DOSI E NELSON, 2016). Esse conceito é importante nesta tese por envolver questões caras ao SPS como a viabilidade do desenvolvimento tecnológico frente aos recursos econômicos e sociais disponíveis no sistema produtivo.

Outra ideia importante é acerca da evolução das tecnologias a partir do aperfeiçoamento de técnicas e processos, a qual é cunhada por Dosi (1982) como “trajetórias tecnológicas”. Assim definida: “atividade ‘normal’ de solução de problemas determinada por um paradigma, pode ser representada pelo movimento de ‘*trade-offs*’ multidimensionais entre as variáveis tecnológicas que o paradigma define como relevantes.” (DOSI, 1982, pp. 13)

Algumas características das trajetórias tecnológicas são discutidas por Dosi e Nelson (2016), aqui se destaca: (1) as trajetórias ordenam, mas não eliminam a persistente geração da variedade³⁹ nos espaços de produção e processos de inovação; (2) as trajetórias extrapolam para o futuro a questão do conhecimento, pois este é compartilhado pela comunidade de instituições e profissionais, e reduzem a incerteza acerca do futuro tecnológico; e (3) as trajetórias atendem regularmente às curvas de aprendizado.

A interação complexa de fatores econômicos e institucionais ditam o ritmo e a direção das novas tecnologias. Na fase de tentativa e erro, as instituições produzem e direcionam o conhecimento específico, caracterizando em um processo de tomada de riscos. Na fase de maturidade oligopolista, inicialmente a dinâmica econômica da curva de aprendizado e as assimetrias temporárias demonstram a capacidade de obter sucesso na inovação. Em outro estágio, a firma pode passar pelo progresso tecnológico e criar barreiras estáticas a entrada (economia de escala).

Estes surtos de mudança tecnológica podem transformar o sistema produtivo, elevar o nível de produtividade, rejuvenescer indústrias maduras e alterar trajetórias tecnológicas. Dosi (1982) entende que a teoria da mudança tecnológica assume as seguintes perspectivas: a relação entre forças econômicas e a autonomia relativa no momento do progresso técnico; os fatores do lado da oferta; os efeitos das mudanças técnicas no ambiente oligopolístico; o comportamento empresarial e a estrutura organizacional; e a relevância de organizações a parte do mercado.

Assim, a questão que se abre para a próxima seção é quais são as oportunidades e estímulos capazes de permitir o desenvolvimento tecnológico do sistema produtivo. A

³⁹ Os autores atentam para o conceito de variedade discutido por Saviotti (2005).

abertura de janelas de oportunidades está atrelada às circunstâncias que envolvem tal processo de mudança técnica.

2.1.2. A abertura de janelas de oportunidades: o avanço tecnológico como fator indutor

Uma ruptura nas trajetórias tecnológicas exige dos atores econômicos envolvidos novos esforços em recursos, capacitação, conhecimento e inovação para responder a um novo paradigma e/ou mudança tecnológica disruptiva. Isso gera novos desafios na gestão da inovação às empresas dominantes e permite a entrada de novas empresas especializadas (CHRISTENSEN, 1997).

A expressão “janelas de oportunidades” foi inicialmente utilizada em Perez e Soete (1988) e faz referência ao papel das mudanças do paradigma tecnoeconômico e das novas tecnologias. A possibilidade do “salto”⁴⁰ dos retardatários, poderia levar ao alcance das lideranças do mercado ou até mesmo a superação.

As janelas de oportunidades constituem-se em uma chance perante um contexto tecnológico, econômico e institucional para alterações estruturais amplas em instituições especializadas e ligadas às novas tecnologias. Lee e Malerba (2014, 2016) expandem esse conceito dentro do arcabouço de sistema setorial de inovação (discutido mais à frente) e identificam três tipos de janelas: tecnológica, institucional e de demanda.

No longo prazo, o resultado da disputa entre velhas e novas tecnologias, segundo Dosi (1988), depende das oportunidades latentes nas alternativas. A questão fundamental nesta disputa são os graus de percepção e a exploração dessas oportunidades; as quais estão diretamente relacionadas às características de acumulação, investimentos e *path dependence*.

Desta forma, o potencial de abertura de oportunidades depende também do progresso tecnológico ao longo de uma trajetória; ou seja, das pré-condições (DOSI, 1988;

⁴⁰O termo em inglês usado em Perez e Soete (1988) é *leapfrogging*.

VÉRTESY, 2017). Tal progresso está relacionado com o desenvolvimento de infraestruturas específicas, ao sistema de economias de escala, tecnologias complementares e padrões técnicos particulares.

Para Perez (2006), os mercados devem estar prontos e ávidos para experimentar novos produtos, nichos⁴¹, complementação de serviços e oportunidades tecnológicas; apesar de enfrentar tensões sociais e econômicas devido à potencialização derivada do livre mercado. A autora observa que os principais espaços de inovação estão em novos produtos, serviços, processos tecnológicos e modelos de negócios situados:

- (1) em indústrias centrais com aplicações orientadas para o usuário;
- (2) em indústrias modernizadas, lucrando a partir de novas tecnologias que mudam o perfil do produto e avancem na fronteira tecnológica
- (3) em ramos induzidos que desabrocham por suporte, complementaridade e interconexão da fábrica à nova economia;
- (4) em novas tecnologias radicais que poderiam iniciar a próxima revolução tecnológica.

Os usuários e os produtores das novas tecnologias representam os dois tipos de espaços do processo de inovação. O dinamismo que possibilita um novo universo de oportunidades advém dos direcionamentos empresariais internos e da contribuição intersetorial reforçada mutuamente. (PEREZ, 2010b)

O governo pode ter um papel nesse processo de abertura de oportunidades e *catching up*. Para Vértesy (2017) os governos, historicamente, desenvolvem políticas públicas de criação de vantagens como: suporte direto financeiro e de capacitação por um longo período de tempo para as firmas locais, redução de custos de inovação e alteração do ambiente institucional.

Segundo Perez e Soete (1988), no início do processo de desenvolvimento econômico e produtivo de um mercado, a entrada de produtos maduros e consolidado pode

⁴¹ Nicho é um subconjunto especializado de um mercado que pode preceder e até ser um requisito para a criação posterior de um novo mercado. O aprendizado acumulado tem efeitos no desenvolvimento tecnológico até um ponto o qual um nicho se torna vantajoso a um grupo de usuários, e então se transforma em um mercado.

ser importante para alcançar o dinamismo tecnológico por meio da cumulatividade unidirecional e da promoção de capacitações internas. Os autores compreendem que o *catching up* somente é alcançado por meio da promoção de capacidades na participação em geração e melhorias tecnológicas.

Inclusive o uso de tecnologia importada, geralmente por meio de investimentos estrangeiros diretos (IED), depende de condições necessárias de superação de desafios no processo complexo de efetiva assimilação tecnológica e captura de oportunidades. É fundamental a inserção de políticas de difusão, pois estas permitem inovações incrementais, a interconexão às cadeias produtivas globais e o desenvolvimento do produto dentro de um sistema tecnoeconômico.

Apesar da necessidade do conhecimento para alavancar esse processo, neste contexto, pode ser importante a disponibilidade de universidades públicas e a relativa autonomia para entrada de novas empresas e produtos dos novos *clusters* tecnológicos. O esforço no conhecimento e habilidade tecnológica constante, o aumento dos fluxos de investimento e as vantagens de localidade e infraestrutura são fatores que potencializam essa oportunidade.

A questão é como a economia e os sistemas produtivos podem adentrar na onda de inovação visto o processo árduo de mudança estrutural e *catching up* dos países. A criação de oportunidades depende de instituições eficazes e apropriadas a fim de gerar uma sinergia combinando oportunidades e incentivos em épocas de transição tecnológica (PEREZ, 1992; MAZZUCATO, 2011). É justamente inspirado nisso que a tese busca apontar as possibilidades de explorar janelas de oportunidades no SPS.

2.1.3. O processo de redução e convergência de *catching up*

Os trabalhos neo-schumpeterianos tem a característica de enfatizar as capacidades de inovação e de tecnologia como fatores que permitem o processo de *catching up* (PEREZ E SOETE, 1988; NELSON E WINTER, 2002; LEE, 2013; DOSI E NELSON, 2016 e

outros). Estes autores observam que somente países os quais tem investido fortemente na formação de habilidades e P&D se encontram capazes de realizar o *catching up*.

Cabe aqui mais uma vez sublinhar que o uso do termo *catch up* é incompatível com a ideia de uma trajetória e evolução única nos países em desenvolvimento, inclusive influenciada fortemente pelas características e estruturas historicamente constituídas nestes países. Por este motivo, as análises se utilizam do termo redução do hiato; e o termo *catching up* somente é utilizado para retratar fielmente as ideias dos autores citados.

Conforme Lee (2013), a possibilidade de acesso às bases de conhecimento existentes determina o *catching up*. Isso porque as firmas retardatárias não apresentam capacidade para geração de conhecimento; limitando os canais de difusão e as habilidades de absorção e de adoção do conhecimento. Sobre a acessibilidade, o autor considera algumas mensurações a partir da base de dados de patentes, do grau de transferência tecnológica e modularidade⁴².

Assim, são levantados por Lee e Malerba (2014) quatro aspectos que explicam satisfatoriamente o ciclo de *catching up*: condições iniciais, macrofatores (ex.: taxa de juros, salários), capacidades da firma e sistemas nacionais de inovação. Essas explicações são efetivas devido a emergência de países em desenvolvimento enfrentarem o atraso industrial ou obter maior crescimento das rendas.

A globalização intensificou as interações globais e locais forçando processos adaptativos em mercados locais. É gerada assim uma complexa organização industrial globalizada onde ocorre a “customização em massa” para obtenção de economias de escala e a busca por múltiplos nichos e economias de especialização. Isso demanda uma integração descentralizada e estruturas de redes por parte das grandes firmas globais, a partir da comunicação instantânea.

A desagregação e a realocação em segmentos de mercados se tornaram um processo característico das empresas globais. Segundo Pérez (2006), essas práticas de terceirização

⁴² Um sistema modular é um sistema composto de unidades ou módulos desenhados independentemente. A modularidade é alta quando os componentes produtivos são padronizados e os quais podem ser ofertados por ofertantes independentes para industriais finais.

estão dentro dos países de origem e além da fronteira, espalhadas pelas múltiplas oportunidades para especialização a partir de empresas menores que executam atividades de sofisticados projetos de P&D até serviços essenciais e básicos. A ideia é utilizar uma rede de valor para maximizar a eficiência e minimizar os custos de transação.

A redistribuição da indústria mundial pelo planeta direciona para desafios e oportunidades a partir do “*global push*”: distribuição e transporte global, coordenação global (ex.: gestão de cadeias de fornecedores, de especificações, de pesquisa e design, de compartilhamento de dados), engenharias essenciais para design, contratação global (ex.: organização de licitações), educação global e indústrias do meio ambiente (PÉREZ, 2006).

A saída para países em desenvolvimento com abundância em recursos naturais seria avançar em uma estratégia de promoção tecnológica e institucional criativa a partir das possibilidades de posicionamento nas redes globais e opções tecnológicas (PEREZ, 2010a). A oportunidade estaria na tendência de “hipersegmentação” dos mercados no paradigma atual.

Em resumo, todo esse arcabouço de janelas de oportunidades e de *catching up* subsidia a compreensão de um ponto fundamental na tese: entender de que forma o SPS brasileiro pode aproveitar novas oportunidades e ser capaz de reduzir o hiato tecnológico para produzir em ambientes *offshore*. Esse entendimento da trajetória tecnológica do sistema produtivo habilita o país a ser um espaço produtivo com alto potencial e atrai novos atores em atividades especializadas.

2.2. SISTEMAS DE INOVAÇÃO E RELAÇÕES EM REDE

O referencial conceitual desta seção é muito importante por servir como base de descrição e análise do panorama e das redes do SPS. O referencial de sistemas de inovação auxilia com a disposição de elementos fundamentais que permitem uma análise acerca do desenvolvimento tecnológico; levando em conta o ambiente de mercado, produtivo, regulatório e institucional. Já o referencial de redes serve para estudar e observar mais

detidamente as relações existentes entre os atores do SPS, sejam em redes de comércio, de inovação, de cooperação e de aprendizado.

Desta forma, é capaz de ajudar no entendimento da configuração e organização do sistema de inovação e de redes do SPS, de modo a auxiliar na resposta do problema central que questiona se existe um núcleo dinâmico e no teste das hipóteses da existência de efeitos indutores.

2.2.1. O Referencial de Sistemas de Inovação

Após serem discutidos na seção anterior elementos, conceitos básicos e padrões acerca do processo de mudança tecnológica; se faz necessário adentrar na influência que as instituições e suas interações tem no comportamento das organizações envolvidas no processo de inovação. Essa discussão inicial é necessária para a compreensão do referencial de sistemas de inovação, pois seu entendimento depende de como o avanço técnico ocorre no mundo moderno e dos processos e instituições chaves envolvidos (NELSON, 1993).

Cassiolato e Lastres (2005) observam que, até a década de 1960, a discussão sobre as fontes de inovação era polarizada entre o avanço do desenvolvimento científico e as pressões de demanda por novas tecnologias. Nas décadas seguintes, a inovação passou a ser visto como um processo de aprendizado não-linear, cumulativo e específico da localidade.

Freeman foi o primeiro a empregar o termo⁴³ em uma publicação nos anos 1980. Já no início dos anos 1990, os trabalhos de Lundvall (1992) e Nelson (1993) acerca do tema se destacaram e explicitaram a relação da abordagem dos sistemas nacionais de inovação com a teoria da inovação.

⁴³Conforme Freeman (1995), foi Bengt-Ake Lundvall quem utilizou inicialmente a expressão “sistema nacional de inovação”. Já Johnson e Lundvall (2005) entendem que o conceito foi utilizado primeiro por Christopher Freeman em um texto para o Grupo de Ciência, Tecnologia e Competitividade Internacional da OCDE no início dos anos 1980.

Segundo Edquist (1997), os atores assim como os fatores que definem o contexto enfrentado são elementos de sistemas⁴⁴ para a criação e uso do conhecimento para propósitos econômicos. Para o autor, a característica sistêmica da abordagem de sistemas de inovação significa ultrapassar a lógica da visão linear de mudança tecnológica onde começa com a P&D e o desenvolvimento tecnológico, e finaliza com o crescimento da produtividade.

Desta forma, o conceito de sistema nacional de inovação para Lundvall (1992) faz referência aos aspectos da estrutura econômica e produtiva e do marco institucional que afeta a aprendizagem e a pesquisa de um determinado sistema de produção. A ideia básica está não apenas no desempenho, mas na interação entre os vários atores e o modo como se afeta o desenvolvimento dos sistemas. Ou seja, “um conjunto de instituições distintas que contribuem para o desenvolvimento da capacidade de inovação e aprendizado de um país, região, setor ou localidade.” (CASSIOLATO E LASTRES, 2005, pp. 37).

O cerne da teoria moderna de sistemas de inovação, segundo Soete, Verspagen e Weel (2010) é a noção de que a inovação no nível agregado é de fato resultante de processos interativos, os quais envolvem atores do nível micro e que próximo das forças de mercado essas interações são geridas por instituições de fora do mercado. “Porque a eficiência desse processo observada no nível macro depende do comportamento de atores individuais, e instituições que governam suas interações, coordenando o surgimento de problemas.”⁴⁵ (SOETE, VERSPAGEN E WEEL, 2010, pp.1163)

A teoria acerca de sistema de inovação, conforme Lundvall (2007) analisa o processo de aprendizado envolvendo a habilidade de agentes e organizações racionais e imperfeitas. O principal desafio da pesquisa de sistemas de inovação é evitar pensar em modelos causais e desenvolver teorias e técnicas analíticas que possibilitem o estudo de diferentes fatores e sua interação sistêmica.

⁴⁴Segundo Edquist (2004), sistemas se referem a uma funcionalidade, de modo a objetivar ou alcançar algo. Um sistema se constitui em tipos de componentes e as relações entre eles, para obter uma forma coerente.

⁴⁵(TRADUÇÃO LIVRE) “Because the efficiency of this process observed at the macro level depends on the behavior of individual actors, and the institutions that govern their interaction, coordination problems arise.”

Lundvall (2007) desenha um método do nível micro ao macro com quatro passos: (1) analisar por dentro das firmas em termos de inovação pela luz organizacional e de recursos humanos; (2) analisar a interação entre as firmas e com a infraestrutura de conhecimento, incluindo as interconexões domésticas e internacionais; (3) explorar as especificidades nacionais de educação, mercado de trabalho, mercado financeiro, regimes de bem estar e regimes de direito de propriedade; e por fim, (4) usar a organização das firmas e o posicionamento nas redes como fatores que explicam a especialização e performance do sistema de inovação.

Considerando as contribuições de autores como Lundvall, Freeman, Johnson, Nelson e Edquist; a abordagem de sistema nacional de inovação pode ser resumida em suas principais ideias conforme Soete, Verspagen e Weel (2010). Destacam-se cinco abaixo:

Quadro 3: Principais contribuições da abordagem de Sistema Nacional de Inovação

Contribuição	Implicações
Estudo das fontes de inovação	<ul style="list-style-type: none"> -São analisadas como interações sistemáticas -Estudadas como complementariedades entre as várias fontes de inovação (P&D ou não) no conjunto de sucessos e falhas das firmas analisadas no processo de inovação.
Estruturação de direções e políticas por parte das instituições e organizações do sistema	<ul style="list-style-type: none"> - As instituições e organizações incluem hábitos, práticas, regulações e rotinas que alteram a direção da atuação empresarial, a interação e atuação dos agentes, e a geração da inovação. - Três funções básicas das instituições, segundo Edquist e Johnson (2005), no processo de inovação são: reduzir a incerteza providenciando informação; gerar conflitos e cooperação; e proporcionar incentivos. - Alguns artificios econômicos e legais podem ser utilizados e afetam os esforços de inovação, a apropriação das rendas e a difusão de conhecimento como por exemplo: obrigações de investimentos e demanda local, salário, imposto de renda e direitos de propriedade (regras e leis de patentes, direitos de cópia e registro de marcas).
O aprendizado interativo é obtido pelo dia a dia de busca de fontes de conhecimento	<ul style="list-style-type: none"> - A natureza dinâmica do sistema supõe o aprendizado contínuo de maneira a haver uma adaptação aos desafios correntes. Lundvall e Johnson (2016) trabalham o aprendizado intencional (educação, treinamento, P&D – “aprender por pesquisa”) e o aprendizado como um produto da rotina de atividades econômicas (“aprender fazendo, usando e interagindo” – “aprender por produzir”).

	-O aprendizado é um processo direcionado e custoso, o aprendizado está conectado a diferentes fontes de conhecimento (interna ou externa), o aprendizado é cumulativo e aumenta o estoque de conhecimento, e por último, o estoque de conhecimento específico das firmas geram especialmente inovações locais e incrementais.
A interação é uma característica comum de todos os sistemas de inovação	-Há a necessidade de interação e cooperação constante entre a firma inovadora e outras instituições. Isso levaria a círculos virtuosos de exploração do conhecimento disponível. -Uma relação importante é entre o usuário-produtor que tem como função básica a comunicação de informações sobre oportunidades tecnológicas e necessidades do usuário.
O capital social ⁴⁶ estimula os processos de inovação	-As instituições historicamente mais avançadas tem construído um alto estoque de capital social. Este estoque tem efeito positivo na acumulação de conhecimento, melhorando os resultados dos esforços de pesquisa e a taxa de descobertas. Por conseguinte, é um canal de aumento da produtividade e renda.

Fonte: Elaboração própria a partir de Soete, Verspagen e Weel (2010)

Para além do já exposto no quadro acima, vale comentar sobre as últimas três contribuições e a relação entre a interação e o aprendizado. A interação é uma característica comum de todos os sistemas de inovação. Estudiosos da inovação têm sido catedráticos em afirmar a necessidade de interação e cooperação constante entre a firma inovadora e outras instituições. Isso levaria a círculos virtuosos de exploração do conhecimento disponível.

Conforme Edquist (2004), as competências de aprendizado podem ser focadas em inovação, P&D e construção de competências. A primeira está basicamente nas firmas a partir da criação de capital estrutural (ativos relativos a conhecimento controlados pelas firmas). A P&D guarda relação com a interação entre as firmas e as universidades e organizações de pesquisa pública. A construção de competência pode ocorrer dentro ou fora da firma e procura a criação de capital humano por meio de treinamento e educação.

Após a discussão das cinco principais ideias do arcabouço de sistema de inovação por Soete, Verspagen e Weel (2010), podemos observar um aspecto importante de

⁴⁶Capital social é o conjunto de recursos sociais embutidos nas relações, normas e valores associados aos relacionamentos sociais. Ou seja, o conceito engloba aspectos como laços sociais, confiança nas relações e sistemas de valor.

contribuição na esfera analítica: o conceito de sistemas de inovação atende aqueles que procuram uma ferramenta prática para o desenho da política de inovação, assim como os estudiosos que buscam realizar uma síntese analítica. Para Lundvall (2007), a necessidade de captar o conhecimento global e criar conhecimento local faz com que os governos tentem formular estratégias nacionais específicas, incluindo políticas para adquirir e absorver conhecimento.

Deste modo, a dimensão das políticas é essencial no processo de mudança técnica. Soete, Verspagen e Weel (2010) notam a importância do arcabouço teórico de sistemas de inovação para formulação e implantação de políticas governamentais. Toda política industrial precisa ser justificada pela identificação das falhas de mercado e pelo argumento de como a política pode ser aplicada de modo ótimo.

As instituições não integrantes do mercado são importantes nos resultados “macro” da inovação. Vale notar, levando em consideração a natureza multidimensional da inovação, que a abordagem de sistemas de inovação rejeita a ideia de uma política ótima a ser alcançada. As políticas de inovação devem ter caráter contínuo e os tomadores de decisão atuam como um mero ator que desenha o sistema (*top-down*).

A tendência, conforme Cassiolato e Lastres (2005), são as políticas focalizarem em conjuntos de atores e seus ambientes com o intuito de potencializar os resultados e sua eficácia. As novas políticas, além de reforçarem as instituições científicas e tecnológicas, devem colocar importância na interação, apostando na geração, aquisição e difusão de conhecimentos interativos.

Os países em desenvolvimento também têm dado ênfase à promoção de sistemas de produção e de inovação, mas a superposição de modelos utilizados em outros países e regiões normalmente apresentam limitações. Cassiolato e Lastres (2005) apontam a ignorância da influência de diferentes contextos macroeconômicos nacionais e do papel das diversas instâncias governamentais na formulação e implementação de políticas. Inclusive, estes podem dificultar ou anular a efetividade das políticas.

Na América Latina, as teses do desenvolvimento econômico⁴⁷ estruturalista reservam semelhança com a perspectiva de sistemas de inovação, na medida em que a acumulação de capacidades e conhecimento para alcançar a competitividade sustentável é importante na mudança estrutural (CASSIOLATO E LASTRES, 2005; CASSIOLATO, MATOS E LASTRES, 2014). Deste modo, a evolução do sistema econômico depende de hierarquias e de estruturas de poder da economia mundial.

Cassiolato et al (2017) discutem a abordagem de produção local e sistema de inovação que representa um quadro de referência para capturar e compreender os processos de geração, disseminação e o uso de conhecimento. Este se trata de um referencial conceitual e analítico destinado a aplicar o foco de sistemas de inovação à dimensão local.

A abordagem abrange e enfoca o conjunto de atores econômicos, políticos e sociais e suas interações, incluindo: empresas produtoras de bens e serviços; fornecedores de matérias-primas, equipamentos e outros insumos; distribuidores e comerciantes; trabalhadores e consumidores; organizações orientadas para a capacitação e formação de recursos humanos, informação, pesquisa, desenvolvimento e engenharia; apoio, regulação e financiamento; cooperativas, associações, sindicatos e outros órgãos representativos e desenho e implementação de políticas. Tal visão sistêmica engloba todas as atividades e atores que explicitamente e implicitamente afetam a inovação e atividades produtivas, em diferentes camadas territoriais: local, regional, nacional e global. (TRADUÇÃO LIVRE)⁴⁸ (CASSIOLATO ET AL, 2017; pg 8 e 9)

⁴⁷Sobre um estudo mais aprofundado da relação entre sistemas de inovação e desenvolvimento ver Cassiolato, Matos e Lastres (2014).

⁴⁸The approach covers and focus on the set of economic, political and social actors and their interactions, including: firms producing goods and services; suppliers of raw materials, equipment and other inputs; distributors and traders; workers and consumers; organizations geared towards capacity building and training of human resources, information, research, development and engineering; support, regulation and financing; cooperatives, associations, trade unions and other representative bodies and policy design and implementation. Such systemic vision encompasses all activities and actors that explicitly and implicitly affect innovation and productive activities, in different territorial layers: local, regional, national and global.

Concluindo, o uso da abordagem de sistema de inovação possibilita um estudo amplo e abrangente dos elementos constituintes do processo inovativo que envolvem instituições e organizações; por meio de uma técnica analítica de observação do nível micro ao macro.

Assim sendo, é importante abordar aspectos específicos à configuração dos sistemas produtivos, como o processo de aprendizagem e a cumulatividade de conhecimentos, as estratégias e mecanismos de proteção do desenvolvimento tecnológico e as incertezas inerentes do estado futuro da tecnologia e o desenvolvimento de firmas capazes de produzir. Isso será trabalhado no âmbito do SPS no capítulo 3 e 4, de modo a apresentar ao leitor o panorama e a trajetória do sistema de inovação do SPS e a analisar as redes e interações existentes.

2.2.2. Redes de Inovação: complementariedades e efeitos indutores

Tendo em conta o caminho teórico traçado até aqui, os conceitos neoschumpeterianos de mudança técnica e a perspectiva de sistema de inovação; o enfoque deste trabalho reside no estudo da configuração e interações das redes de inovação e das competências necessárias e efeitos indutores⁴⁹ gerados.

É importante deixar claro que a estrutura formal e a morfologia e metodologia para o estudo e análise de rede e seus elos, não é o principal interesse da pesquisa. Esta literatura serve aqui para complementar a visão de sistemas de inovação e auxiliar na compreensão dos aspectos qualitativos de redes, de modo a entender as interações, competências e efeitos indutores no SPS brasileiro.

A abordagem de redes permite incorporar as complementariedades e os desenvolvimentos da análise e aspectos da inovação. A entrada das firmas em redes, normalmente, está relacionada a estratégias de competência tecnológica e posicionamento de mercado. As relações de confiança e obrigação são importantes tanto a nível formal

⁴⁹Estes efeitos indutores são considerados nesta pesquisa como um mobilizador de competências.

como informal; e por isso, fatores culturais, sociais e econômicos (língua, ideologias, experiências, histórico educacional) influenciam nas redes.

A complexa e mutável rede de interações e cooperação entre os muitos agentes que contribuem para as inovações - pesquisadores, engenheiros, fornecedores, produtores, usuários e instituições - como um sistema tecnológico, tem sido conceituada como um sistema nacional de inovação (...). A inter-relação das tecnologias e das bases e experiências de conhecimento subjacentes ao seu desenvolvimento, juntamente com as redes de infraestruturas e serviços que os complementam e os múltiplos processos de aprendizagem que os acompanham, proporcionam externalidades para todos os participantes e vantagens para a sociedade em que estão inseridos. (TRADUÇÃO LIVRE)⁵⁰ (PEREZ, 2010b; pg. 5)

A busca pelo acesso a novas tecnologias aumentou a importância da estratégia de colaboração e, por conseguinte, proporcionou o desenvolvimento mais rápido das capacidades tecnológicas dentro da firma, o que normalmente requer tempo e recursos. A globalização auxiliou a espalhar os desenvolvimentos tecnológicos nos países que lideram a industrialização e fez crescer novos tipos de redes ao redor do mundo. Segundo Vonortas (2009), a imagem de agentes competindo por lucros em mercados impessoais se tornou menos usual com a explosão da colaboração entre as firmas nas últimas décadas e a substancial influencia colaborativa na conduta e performance.

Conforme Britto (2012), a relevância deste conceito de estruturas em rede decorre da tentativa de captar a crescente sofisticação das relações interindustriais. A conceituação de redes⁵¹ pelo autor citado se adequa e resume melhor, em nosso entendimento, esse

⁵⁰The complex and changing network of interactions and cooperation among the many agents that contribute to innovations –researchers, engineers, suppliers, producers, users and institutions– as a technology system evolves has been conceptualized as a national system of innovation (...). The interrelatedness of technologies and of the knowledge and experience bases that underlie their development, together with the infrastructures and service networks that complement them and the multiple learning processes that accompany them, provide externalities for all participants and advantages for the society in which they are embedded.

⁵¹ O conceito de redes para DeBresson e Amesse (1991) é assumido como um sistema de redes que soma componentes de interação e sinergias. Para Kogut (2000), em uma visão oposta à literatura de sistemas de

referencial que serve como “óculos” de análise do sistema de inovação: “refere-se a arranjos interorganizacionais baseados em vínculos sistemáticos – muitas vezes de caráter cooperativo - entre empresas formalmente independentes, que dão origem a uma forma particular de coordenação das atividades econômicas” (BRITTO, 2012, pp. 212).

O conceito de redes é usado, segundo DeBresson e Amesse (1991), para examinar configurações de indivíduos em projeto de pesquisa, de artefatos técnicos ou firmas inovadoras cooperando. Existem vários tipos de rede de inovadores: redes de usuários-fornecedores, redes de pioneiros e adotantes, redes interindustriais, alianças tecnológicas estratégicas⁵² e redes entre organizações profissionais. A questão central do conceito de redes é ultrapassar a divisão artificial entre a unidade econômica e o seu ambiente.

Antes de entrar nas principais discussões acerca do tema, é preciso compreender acerca dos elementos estruturais que configuram as redes de empresa. O trabalho de Britto (2012) organiza e especifica quatro elementos morfológicos – nós, posições, ligações e fluxos - que constituem tais estruturas de rede.

Os nós constituem as unidades básicas (empresas/atividades) da rede. Normalmente, as empresas são as unidades básicas e a partir delas podemos captar a conformação da estrutura com as suas estratégias de relacionamentos. As posições definem como as unidades se localizam e atuam no interior da estrutura. Se consolida assim a divisão de trabalho, visto a diversidade de atividades necessárias para produção de um bem, o que se requer a integração de capacidades operacionais, a competência organizacional dos agentes e a compatibilização das tecnologias a serem utilizadas nos estágios das cadeias produtivas.

inovação, redes são uma coleção de firmas que busca a especialização e a aprendizagem e exploração dinâmica. Ahrweiler e Keane (2013) analisam por duas esferas e para eles a noção de redes de inovação normalmente se refere apenas aos componentes estruturais da inovação (agentes e suas relações) enquanto a perspectiva sistêmica na inovação se refere ao sistema social dedicado às formas de comunicação.

⁵² Sobre alianças estratégicas, Britto (2012) entende este conceito como amplo e engloba múltiplos formatos institucionais, tanto do ponto de vista dos arranjos contratuais como da sua estrutura societária. Três formatos institucionais são: alianças baseadas em "integração conjunta" de atividades, alianças baseadas em "configuração aditiva", alianças baseadas em "configuração complementar".

As ligações (relacionamento empresarial) entre os nós que constituem as estruturas de rede podem ser dispersas ou saturadas dependendo da quantidade de ligações estabelecidas⁵³. A partir disso, é possível caracterizar a densidade da rede tendo em conta a relação entre o número efetivo de ligações na estrutura e o número máximo de ligações possíveis em todo arranjo. Outra caracterização que é possível assinalar é o grau de “centralização” da estrutura tendo em conta o número de ligações em uma unidade particular.

O último elemento morfológico citado por Britto (2012) são os fluxos que circulam pelos canais de ligação entre os nós. Os fluxos podem ser tangíveis, baseados em transações recorrentes estabelecidas entre os agentes para transferência de insumos e produtos, e ser intangíveis, quando os fluxos informacionais conectam os diversos agentes integrados.

Compreendida a morfologia das redes, o próximo passo é entender os benefícios e incentivos das redes de inovação. Os benefícios a partir da troca de informações ocorrem e se potencializam de acordo com o acesso (capacidades e busca de informações), o momento (ter a informação no momento devido), as referências (contato direto com mercado e desenvolvimentos tecnológicos de interesse).

Segundo Vonortas (2009), a estruturação ótima das redes, exige um balanço que permita o aproveitamento das vantagens derivadas da estabilidade da redução dos riscos e a recombinação da informação renovada a partir da sua troca. Porém, a seleção das colaborações e a adaptação e alocação ótima de recursos entre as partes depende das condições internas (fontes, capacidades, inclinação estratégica), o ambiente de fatores de demanda e o lado da oferta (oportunidade tecnológica, apropriação).

Lundvall e Borrás (1997) reconhecem três benefícios das alianças a partir do meio privado: o modo eficiente de transação e o compromisso de laços fortes (integração vertical) e flexíveis (mercado puro); partilha dos riscos⁵⁴ de forma rápida; e troca de

⁵³ Granovetter (1973) diferencia as ligações em laços fortes e fracos. Os laços fortes são relativos a agentes que interagem regularmente e se baseiam em interesses comuns de modo a reforçar as visões existentes. Já os laços fracos se caracterizam por formatação diferenciada de ideias, com dificuldade valoração da informação.

⁵⁴ Perez e Soete (1988) discutem riscos relativos aos custos dos equipamentos, de conhecimento científico, de tentativa e erro (custo de experiência), e de características do ambiente (locacional).

sinergias em termos de informação e financiamento. Britto (2004) resume tais benefícios e incentivos em: redução da incerteza, controle sobre mercados potencialmente promissores, redução e racionalização dos gastos em PD&I, e geração de lucros que não poderiam ser obtidos independentemente.

Sendo assim, as redes de PD&I constituem a direção do progresso tecnológico e de inovação frente aos desafios e problemas inerentes ao método produtivo. Direcionando para o fim da seção, um aspecto essencial da evolução destas redes é o ambiente interno de aprendizagem na cooperação tecnológica. Em resumo, o quadro 4 retrata isso e é importante pois nos auxilia na compreensão dos aspectos e das atividades inerentes a se levar em conta no estudo da cooperação como meio de aprendizado.

Quadro 4: Formas de aprendizado da cooperação tecnológica no ambiente interno

	Cooperação para criação de conhecimentos tecnológicos	Cooperação para circulação de conhecimentos tecnológicos	Cooperação para incremento coordenado das competências	Cooperação para difusão de novas tecnologias
Características	- Realização de atividades conjuntas de P&D entre as partes; - Redes estruturadas a partir de projetos particulares.	- Assume caráter informal; - Permite uma aceleração do processo inovativo.	- Investimentos em recursos humanos para membros da rede; - Tentativa de redução do hiato de competências.	- Rede como um mercado organizado.
Aspectos para análise	- Identificação dos principais objetivos dos esforços conjuntos de P&D. - Descrição do arcabouço institucional para base de realização da rede. - Avaliação do volume de recursos dispendidos.	- Descrição dos sistemas de informação tecnológica. - Avaliação dos mecanismos pelos quais o conhecimento circula na rede. - Avaliação dos instrumentos mobilizados.	- Identificar instituições que facilitem o incremento das competências. - Avaliar o processo de evolução das competências.	- Detalhamento dos fluxos tecnológicos internos à rede e discussão dos mecanismos internos de transferência tecnológica.

Fonte: Elaboração própria a partir de Britto (2012)

Concluindo esta seção, estes conceitos são importantes para o trabalho, pois, a discussão de redes de empresas e das trocas de informações abre espaço para a análise da organização e constituição das relações de comércio, de aprendizado, de inovação e de cooperação. Além de indicar os efeitos indutores no sistema produtivo e nas instituições e organizações constituintes das redes de inovação.

A ideia de efeitos indutores, como já salientada, tem como foco a mobilização de competências no sistema e extrapola para a questão da alocação empresarial de recursos. Britto (2012) afirma que a presença de externalidades em rede reflete os efeitos diretos e indiretos da interdependência entre as estratégias e decisões dos agentes.

2.3. SISTEMA DE INOVAÇÃO E TRAJETÓRIA DE MUDANÇA TECNOLÓGICA EM PERSPECTIVA DE SISTEMAS PRODUTIVOS OU SETORIAL

O desafio aqui é considerar o arcabouço teórico discutido nas seções anteriores e apontar como pode ser aplicado à indústria de O&G e especificamente ao SPS. Portanto, cabe considerar os fatores que caracterizam as estruturas e relações e a dinâmica de mudança tecnológica que são específicos a esta indústria ou sistema produtivo. No que se refere aos fatores estruturais e relacionais, com destaque para o marco institucional, se apresenta a contribuição baseada no conceito de Sistema Setorial de Inovação. No que se refere aos determinantes da intensidade e direção da mudança tecnológica, se recupera o conceito de regimes tecnológicos.

2.3.1. Por dentro dos sistemas de inovação: a perspectiva setorial

Inicialmente, é preciso deixar o leitor ciente sobre o uso do termo “setor” nas próximas seções, já que estas apresentam um referencial útil nos desdobramentos dos conceitos abordados até aqui. Na análise industrial, um setor pode ser definido como um

grupo de empresas destinadas a um fim produtivo. Porém, como já salientado o objeto da análise é o SPS por ser mais abrangente que o setor.

A questão é que muitos autores utilizam este termo por falta de opções mais claras ao leitor buscando facilitar a identificação de seu objeto e/ou outras expressões não eram recorrentemente utilizadas no meio acadêmico. Este é o caso das próximas seções. Tais referências são usadas pela importância da discussão para o SPS, mas se entende que o termo “setor” talvez não seja o mais adequado e rigoroso em alguns casos. Além disso, inclusive, alguns autores demonstram em seus conceitos e análises que a ideia de setor é extrapolada.

Como abordado na seção 2.2.1, as políticas públicas podem constituir-se em um catalisador do processo de mudança técnica. Algumas políticas não são tão abrangentes e exigiam delimitação geográfica ou setorial. Estudos recentes têm demonstrado, conforme Kastle et al (2012), que em alguns casos as instituições são mais consistentes dentro de setores do que de nações.

Assim, se desenvolve o estudo e a ideia de sistema setorial de inovação como um modo de complementar as análises de sistemas nacionais de inovação. A intenção é prover uma visão multidimensional, integrada e dinâmica dos setores (MALERBA, 2002). “Um sistema setorial de inovação e produção é um conjunto de produtos novos e estabilizados no mercado para usos específicos e o conjunto de agentes que interagem no mercado e fora dele para a criação, produção e vendas desses produtos.” (MALERBA, 2002, pp. 250)

Vale notar, que o referencial de sistemas setoriais de inovação adota uma perspectiva não circunscrita apenas às fronteiras nacionais, retratando bem o caso do SPS visto na introdução. Malerba (2003, 2004) propõe blocos de análise de sistemas setoriais de inovação: domínio tecnológico e de conhecimento, atores e redes e instituições.

O primeiro bloco remonta à especificidade setorial da base de conhecimento, tecnologias e recursos. Não se reduz a conexões e complementaridades estáticas, mas levam em conta interdependências e feedbacks nos níveis da demanda e produção.

Acerca dos atores e redes, fica demarcada a heterogeneidade dos agentes. Devido a características como a base de conhecimento, os processos de aprendizado, as tecnologias

básicas, as características de demanda, as conexões chaves e as complementaridades dinâmicas; os tipos e estruturas de relacionamentos e redes diferem entre os setores.

O bloco de instituições representa as interações entre agentes que são modificadas por instituições. Neste bloco, Malerba (2003) ainda aponta a importância da relação entre instituições nacionais e sistemas setoriais com diferentes efeitos dependendo da especificidade do setor.

Alguns autores se utilizam do arcabouço de sistemas setoriais de inovação para analisar o *catching up* dos países e empresas⁵⁵. Malerba e Nelson (2011) examinam seis setores e suas similaridades nos sistemas setoriais.

Os fatores em comum que afetaram todos os setores foram o aprendizado e a formação de capacidades domésticas; o acesso ao conhecimento externo e redes internacionais; o desenvolvimento de capital humano; e a existência de políticas governamentais. Já algumas diferenças estavam na estrutura industrial, no papel das multinacionais; na origem da demanda (exportações ou mercado doméstico); nos canais de redes; o papel das universidades e laboratórios públicos de pesquisa; no financiamento; e nos tipos de políticas governamentais.

O reconhecimento desses fatores é parte de uma perspectiva que serve como alternativa para construção de políticas públicas. O Estado e suas agências precisam ter um arcabouço para identificar e construir habilidades com o intuito de solucionar ou mitigar problemas. A importância do sistema setorial de inovação está na construção de um campo de interseção das diversas redes e sistemas setoriais de inovação e sua geração de competências e tipos de conhecimentos.

O estudo proposto explora as características e dinâmicas específicas ao SPS. É importante frisar o papel desempenhado por diversos ramos de serviços que se enquadram em uma complexidade similar ou superior em relação aos equipamentos submarinos e

⁵⁵ Em OCDE (2006), diversos estudos setoriais da área da energia são apresentados. Pela temática proposta neste projeto, destaca-se o capítulo 9. Em Tuncel e Polat (2016) o foco recai sobre a indústria de máquinas turca.

SURF. Ou seja, existe uma congruência entre as atividades da indústria e de serviços⁵⁶ em uma economia dinâmica e globalizada. Desta forma, os serviços são produtos das empresas que também são objeto das categorias analíticas e conceituais.

Por fim, esse referencial analítico e operacional complementar ao referencial de sistema de inovação tem sua centralidade por auxiliar em aspectos particulares e específicos de um sistema produtivo. Se mantém uma visão multidimensional mesmo em um trabalho que atenta para os elementos característicos e dinâmicos de um sistema produtivo.

2.3.2. Regime tecnológico: especificidades e estratégias dos atores do sistema produtivo

A análise das especificidades do sistema produtivo atenta à dinâmica inovativa que afeta os modelos de organização, de acumulação de habilidades, de apropriação e de cumulatividade das empresas do sistema produtivo e, por conseguinte das suas performances.

No trabalho de Nelson e Winter (1982) é introduzido o conceito de “regime tecnológico”, que se preocupa com a cognição técnica e à factibilidade das tentativas e caminho de pesquisa frente a um ambiente tecnológico. Ou seja, diz respeito aos fatores que tornam a inovação específica em certas indústrias ou sistemas produtivos.

Na definição de Malerba e Orsenigo (1993, 1997), este conceito é amplo e responde à combinação de condições (1) de acumulação de habilidades, (2) de apropriação, (3) de grau de cumulatividade e (4) de oportunidades tecnológicas⁵⁷ serão abordados a seguir.

⁵⁶ Segundo Tether e Metcalfe (2003), algumas dificuldades devem ser ultrapassadas na aplicação para setores de serviços, como a definição e limitação de um setor por seus produtos ou resultados e por insumos e agentes.

⁵⁷ As oportunidades tecnológicas variam entre os setores e os graus de desenvolvimento dos vários paradigmas sobre os quais os setores atuam. A questão são os diferentes modos de pesquisa, de aprendizado tecnológico e de seleção de inovações; em estruturas industriais concentradas que cada paradigma proporciona. Essa diferença de oportunidades tecnológicas e científicas determinam também a estrutura de custo do avanço tecnológico, implicando na direção da trajetória tecnológica setorial.

Quadro 5: Principais condicionantes do conceito de regimes tecnológicos

Condições	Principais aspectos
Acumulação de habilidades	-Acesso de informações e ao processo de difusão (livre acesso, sem acesso ou trocas entre firmas); e observa que em cada tecnologia existem elementos de conhecimento tácito ⁵⁸ e codificado. (DOSI, 1988) -As rotinas são a base da continuidade de um comportamento e estas derivam das estratégias e processos de alto nível cognitivo influenciadas pelos indivíduos e o paradigma envolvido. (NELSON E WINTER, 2002)
Apropriação	-A apropriação dos retornos econômicos da atividade de inovação guarda relação com a disponibilidade de informação e sua publicidade. Para Klevorick et al (1995) os efeitos das condições de apropriação em P&D são conflituosos. Por um lado, a apropriação mais forte aumenta o incentivo privado para os esforços em P&D, por outro, uma fraca apropriação reduz o custo da pesquisa e consequentemente aumenta a oportunidade para mais atores. -Alguns dispositivos de apropriação são utilizados e seu grau de importância varia de acordo com os setores: patentes, tempo de condução de pesquisa, segredo industrial, custos e tempo requeridos para duplicação, efeitos da curva de aprendizado e vendas superiores combinadas a esforços de serviços.
Grau de cumulatividade	-A cumulatividade é a base atual de inovações capazes de desenvolver inovações futuras que uma empresa ou setor dispõe. A alta cumulatividade se caracteriza por retornos crescentes e por firmas com maior apropriação das inovações. (MALERBA E ORSENIGO 1993, 1997)
Oportunidades tecnológicas	-As condições de oportunidades tecnológicas refletem a facilidade de inovar com qualquer montante financeiro investido em pesquisa. (MALERBA E ORSENIGO 1993)

Fonte: Elaboração própria a partir de Malerba e Orsenigo (1993, 1997).

É interessante adentrar no último condicionante e destacar as três fontes de contribuições para oportunidades tecnológicas na indústria sugeridas por Klevorick et al (1995). São elas: o avanço na compreensão científica e técnica, o avanço tecnológico originado fora de uma indústria e o feedback tecnológico. Estas serviriam para compensar os retornos decrescentes em empresas ao longo de um período.

⁵⁸Conforme Lundvall e Borrás (1997), o conhecimento tácito é aquele que não é facilmente transferível porque não se encontra na forma explícita. O conhecimento codificado é a informação que pode ser facilmente transmitida através de informativos.

A primeira fonte é considerada a mais poderosa e importante, pois a ciência formal constitui-se como uma base para as pesquisas tecnológicas e a possibilidade de obtenção de lucros futuros. Entretanto, Dosi e Nelson (2016) alertam sobre o papel e a insuficiência da ciência formal, devido a construção de um “modelo linear” simplificado da ciência aplicada para aplicações tecnológicas. Se nota que muitos avanços científicos têm sido possíveis a partir do avanço tecnológico e diversas tecnologias são desenvolvidas no trabalho prático.

A segunda fonte discutida por Klevorick et al (1995) tem relação com as diversas indústrias que valorizam e classificam como alta a contribuição ao progresso tecnológico derivado das firmas inseridas na cadeia de produção vertical e na rede de consumidores.

A terceira fonte de oportunidades tecnológicas são as trocas de informações com outras firmas que demandaram o novo produto. O que uma firma acumula de aprendizado próprio pode ser aumentado pelo feedback de outras firmas, pois isso envolve a criação de novos conhecimentos ou oportunidades como resultado de avanços prioritários.

Em resumo, conforme Dosi (1988) sempre existem incentivos econômicos para se reduzir custos nas operações do negócio. Alguns incentivos podem parecer difusos e gerais não justificando a atividade inovativa, porém incentivos específicos como acumulação, natureza local do aprendizado tecnológico e entrada na fronteira do paradigma favorecem a inovação. Cada empresa reage de uma forma aos incentivos e apresenta assim uma estratégia e performance tecnológica.

Nesta seara, o conceito de regime tecnológico se encaixa com o contexto pelo qual o SPS brasileiro é desafiado, pois cada vez mais a conjuntura da indústria petrolífera exige das empresas a busca pela redução dos custos e eficiência das operações. Estes esforços discutidos na seção 2.3.2 ocorrem em graus diferentes no SPS brasileiro e este estudo procura compreender tais especificidades.

2.4. A DISCUSSÃO DE ESTRATÉGIAS INOVATIVAS DAS FIRMAS

As estratégias das firmas no processo de seleção da solução também se relacionam com as oportunidades e a constância da busca de mudança técnica trabalhada nas seções iniciais do capítulo. O entendimento deste processo pelas firmas permite observar os fatores primordiais que as empresas levam em consideração. A mudança e a disputa de liderança são recorrentes e requer a capacidade de reconhecimento de oportunidades e implementação de estratégias (VÉRTESY, 2017).

A escolha por determinada solução e tecnologia, segundo Dosi (1982), está pautada pelos esforços tecnológicos já produzidos desde área de pesquisa à de produção, atentando a critérios amplos de viabilidade, lucratividade e comercialização. Como abordado em Dosi (1988), a inovação tecnológica envolve a solução de problemas, o que por sua vez depende da capacidade ainda não interpretada e desenvolvida pelos inventores.

Apesar da incerteza associada aos resultados da escolha, algumas variáveis específicas podem influenciar a decisão na competição entre diferenciadas tendências: interesse econômico das organizações envolvidas nas novas áreas tecnológicas; história tecnológica e campos de expertise; variáveis institucionais como agências públicas; e fatores regulatórios e institucionais. Cada sistema/cluster tecnológico é capaz de modificar também o contexto institucional e cultural, requerendo novas regras e especialização.

Conforme Klevorick et al (1995), as interações de mercado regem o direcionamento do desenvolvimento tecnológico que seguem normalmente as tendências das grandes empresas e penalizam as outras. Então, é interessante observar as diferenças intra-setoriais e o direcionamento do processo de mudança técnica, que por sua vez é resultado do aprendizado inovativo, da difusão do conhecimento e da seleção e direção do desenvolvimento tecnológico entre as firmas.

Nesta seara, retomando a análise de liderança industrial (VÉRTESY, 2017) e a questão da abertura de oportunidades; as sucessivas mudanças de liderança industrial são entendidas como um “ciclo de *catching up*” (LEE E MALERBA, 2014). As firmas estabelecidas falham na manutenção da sua superioridade tecnológica, produtiva e de

mercado (CHRISTENSEN, 1997; LEE E MALERBA, 2014) e as atrasadas convergem a estas. Isso é um processo dinâmico e depende do momento da entrada, do nível de capacidades e dos tipos de estratégias das firmas retardatárias e estabelecidas.

Atentando ao contexto histórico de um sistema produtivo e a especificidade inerente a um país, Freeman e Soete (2008) [1974] classificam algumas das várias estratégias das firmas quando confrontadas à mudança técnica. O quadro a seguir mostra as estratégias ofensivas, defensivas, imitativas, dependentes, tradicionais e oportunistas

Quadro 6: Classificação da estratégia inovativa das firmas

Estratégia	Principais aspectos
Ofensiva	-Firmas projetam a liderança técnica se antecipando à introdução de produtos no mercado e assumindo seus custos. -O departamento de P&D da empresa é considerado essencial, sendo mais autossuficiente em relação a outras estratégias.
Defensiva	-O desejo é não incorrer nos altos riscos de ser pioneira na inovação. Não existe a ambição de liderança e se espera tirar vantagem da falta de maturação no desenvolvimento tecnológico.
Imitativa	-A empresa imitativa se contenta em acompanhar as líderes das tecnologias estabelecidas e o grau dessa diferença varia de acordo com as especificidades do sistema produtivo, do país e da própria. -Normalmente, procura desfrutar de vantagens competitivas de diferentes ordens como custos e localidade. Como Perez e Soete (1988) apontaram, é aquela firma que poupa os custos de tentativa e erro.
Dependente	-A estratégia dependente aceita um papel de subordinado ou satélite e procura não iniciar mudanças técnicas com exceção de soluções específicas dos clientes. As grandes empresas multinacionais contam com essas firmas satélites para o fornecimento de componentes, equipamentos e serviços, as quais frequentemente são subcontratadas.
Tradicional	-A estratégia tradicional não costuma ver razão em mudar seus produtos porque entende que o mercado não exige isso. Ocorre normalmente em firmas sob concorrência perfeita ou monopólios com baixo insumo científico.
Nicho ou oportunista	-Está relacionada à identificação da oportunidade em um nicho mediante o fornecimento de um produto ou serviço que os consumidores necessitam, porém ainda não era fornecido.

Fonte: Elaboração própria a partir de Freeman e Soete (2008) [1974].

Assim sendo, podemos notar que as estratégias de inovação tomadas pelas empresas dependem das atividades passadas em P&D, de capital humano e das capacidades da firma e de seus fornecedores. Além disso, Freeman e Soete (2008) [1974] assinalam o fato do envolvimento dos governos a partir de políticas econômicas e inovativas para incentivar as empresas na redução de incertezas e criação de infraestruturas.

Concluindo a discussão de estratégias inovativas, vale observar a característica do SPS brasileiro de forte presença de multinacionais e subsidiárias. Sobre esse contexto, Teece (2014) observa, levando em conta o conceito de capacidades dinâmicas⁵⁹, que o controle estratégico advém da propriedade. Esse é o incentivo suficiente para alinhar os objetivos e performance, e as subsidiárias são parte disso. A principal razão das companhias globais se utilizarem de subsidiárias é, além do lado financeiro, a proteção dos seus ativos específicos em contratos de risco.

Os arranjos contratuais e a coordenação das multinacionais para atender as forças de mercado exigem flexibilização e a internacionalização deve estar atrelada a capacidade e redes da firma. São arranjos terceirizados, que expressam as redes as quais os proprietários da fábrica irão controlar o design, engenharia e marketing enquanto se terceiriza as áreas de produção para fornecedores e estes podem contratar para fazer a montagem final. Se mantém o controle de ativos chaves e fluxos de conhecimento e de produtos intermediários.

Assim, dois efeitos fundamentais da presença de multinacionais é seu papel como investidor local e provedor de tecnologias e inovações no mercado local. Os efeitos dos investimentos diretos estrangeiros dependem do nível de capacidade local e competição; e nem sempre estão distribuídos na cadeia de atividades. O impacto de tal presença no desenvolvimento tecnológico e comercial das cadeias produtivas, segundo Boehe (2007), está relacionado à intensidade de interações local entre os atores.

Por fim, as estratégias discorridas para o estudo são interessantes porque por meio deste referencial podemos classificar e apontar o comportamento e posicionamento

⁵⁹ Teece, Pisano e Shuen (1997) definem capacidades dinâmicas como a habilidade de integrar, construir e reconfigurar os componentes internos e externos para atuar rapidamente frente as mudanças de ambientes. Este conceito não é utilizado na tese, pois os referenciais de sistemas de inovação, de processo de mudança técnica e de redes são amplos e atendem a estas questões.

estratégico das empresas perante os desafios e potenciais tecnológicos existentes no SPS brasileiro.

2.5. DIMENSÕES ANALÍTICAS E OS ELEMENTOS DA METODOLOGIA DE PESQUISA

A partir do aparato contextual e teórico e do delineamento das questões centrais, nesta seção são amarrados os elementos teóricos e se desenvolve a estratégia de pesquisa, delineando um guia para a experimentação, coleta de dados e análise. Assim, espera-se contribuir para a discussão acadêmica e demonstrar à sociedade em geral o potencial estratégico do sistema produtivo estudado.

Reforçando o problema de tese, o caso discutido aqui é a potencialidade de desenvolvimento tecnológico do SPS (foco perspectivo) como um núcleo dinâmico de inovação para a indústria brasileira (foco geográfico) em um momento de extrema incerteza que é caracterizado pelo pós-boom dos preços internacionais do petróleo (base temporal).

Para verificar as hipóteses e responder o problema da tese, a metodologia utilizada será pautada em uma investigação qualitativa. Este tipo de investigação foi escolhido pois será possível, a partir da coleta de dados, uma análise qualitativa do questionário misto e uma análise qualitativa das redes.

A investigação qualitativa proposta apresenta as seguintes vantagens segundo Creswell (2009): (1) desenvolvimento de detalhes e envolvimento acerca do objeto, (2) métodos múltiplos e interativos, (3) possibilidade de refino da investigação ao longo da pesquisa, (4) descrição do cenário e interpretação dos dados pela lente pessoal do pesquisador, e (5) atende ao estudo de fenômenos complexos, interativos e abrangentes.

As possibilidades de estratégia de investigação são variadas. Foram definidas duas estratégias de investigação: (A) estudo de caso e (B) pesquisa bibliográfica.

(A) O estudo de caso cumpre com a meta de aprofundamento nas questões propostas e, como salientado por Gil (2008), ressalta a interação dos componentes da estrutura social de um grupo ou comunidade. Ou seja, atende a uma análise estrutural de poder de mercado, de capacidade tecnológica e das diferentes formas de associações entre

os agentes. É um processo de profunda exploração a partir de perspectivas múltiplas de complexidade e singularidade de um projeto particular ou de um sistema do contexto da “vida real”.

Esta estratégia não exige a utilização de um método em especial, dando liberdade ao pesquisador na escolha das formas de coleta de dados. A vantagem reside na flexibilidade metodológica e na oportunidade de análise do processo de mudança e a explicação do como e porque as coisas ocorrem. Por outro lado, exige do pesquisador o manejo de um grande volume de dados e a confiabilidade em seu tratamento.

(2) As bibliografias permitem explorar um material diverso de estudos de várias áreas científicas. O objetivo no uso desta forma de pesquisa é obter um conhecimento variado e uma cobertura ampla da gama de fenômenos acerca da teoria e conceitual, do tema e do debate sobre o desenvolvimento do setor na economia brasileira e mundial.

Para fundamentação teórica são utilizados livros e artigos científicos de autores preocupados com os temas discutidos neste capítulo. Para além dos trabalhos clássicos e renomados na academia; a partir de palavras-chave de cada temática exposta, foram feitas pesquisas em sites de busca de publicações científicas de modo a se utilizar os principais trabalhos divulgados recentemente.

No quadro 7 a seguir é feito um detalhamento acerca da utilização dos conceitos nas variadas temáticas e das referências para a fundamentação teórica. Assim, a dimensão analítica a partir das discussões feitas nas seções anteriores é reforçada e organizada.

Algumas fontes bibliográficas, estatísticas e discussões sobre o assunto relativos ao setor de O&G e aquelas preocupadas, especialmente, com a questão do sistema produtivo submarino (SPS); podem ser coletadas em instituições públicas (ex.: ANP, MME, FINEP, BNDES), publicações (ex.: Subsea World Brazil Magazine, Brasil Energia, Offshore-Technology, Subsea World News), associações e federações (ex.: IBP, ABESPetro, Firjan, Sebrae, Society of Petroleum Engineers), sites de empresas (ex.: Petrobras, relatórios e documentos de empresas do sistema produtivo) e trabalhos acadêmicos. Alguns dados estatísticos devem ser utilizados para ilustrar e apontar informações relevantes.

Quadro 7: Detalhamento de conceitos-utilização-referências

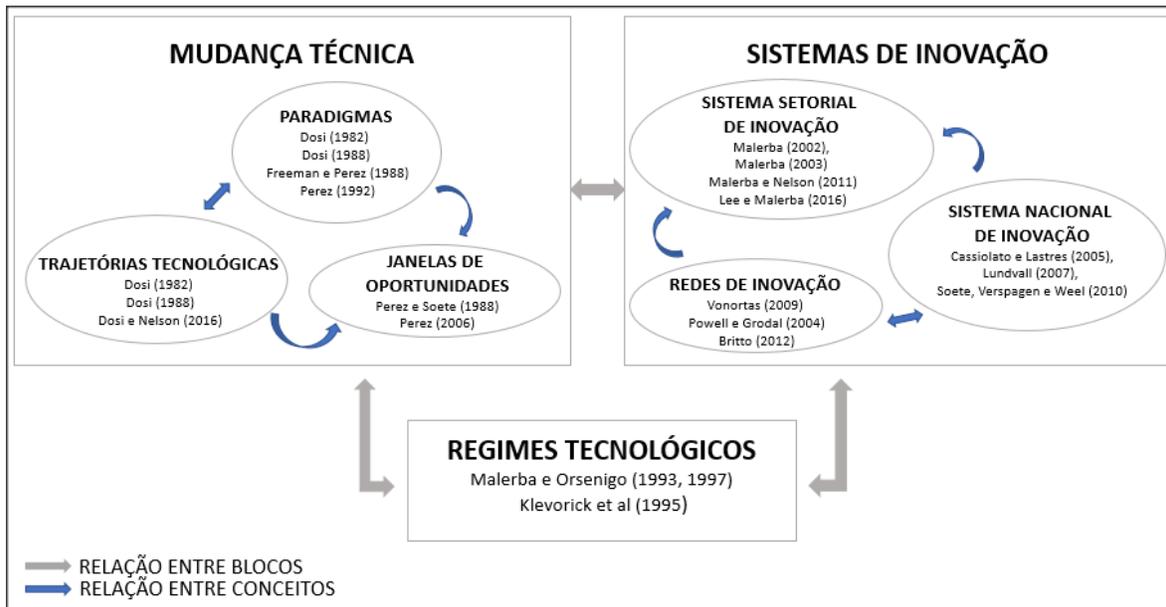
Temática	Teoria/conceito	Utilização	Principais Referências
Metodologia	Pesquisa Qualitativa	Tipo de pesquisa que guiará o planejamento e a execução da investigação	Creswell (2009)
	Estudo de caso	Estratégia de investigação que serve para aprofundar as questões propostas	Gil(2008), Simons (2014)
	Questionário e Dados Visuais	Estratégia selecionada para coleta de dados primários	Brinkmann (2014), Gil (2008), Seidman (2006), Patton (2002)
	Análise e Interpretação	Estratégias para extração de sentido dos dados coletados	Creswell (2009), Saldaña (2014), Trent e Cho (2014), Silver e Lewins (2014)
Processo de mudança técnica	Paradigmas tecnológicos e Tecoconômico	Embasamento e base teórica para o entendimento do processo de mudança técnica.	Dosi (1982), Dosi (1988), Freeman e Perez (1988), Perez (1992)
	Trajatórias Tecnológicas	Fundamental na análise dos padrões de avanço e de atividades de desenvolvimento tecnológica	Dosi (1982), Dosi (1988), Dosi e Nelson (2016)
	Janelas de Oportunidades	Entendimento das possibilidades abertas pelo desenvolvimento tecnológico.	Perez e Soete (1988), Perez (2006)
Sistemas de Inovação e Redes de Inovação	Sistema Nacional de Inovação	Importante para uma análise mais abrangente e inclusiva de fatores institucionais e de interações.	Lundvall (1992), Nelson (1993), Edquist (1997), Edquist (2004), Soete, Verspagen e Weel (2010)
	Sistema Setorial de Inovação	Enfoque da aplicação do arcabouço teórico de sistema nacional de inovação em setores industriais.	Malerba (2002), Malerba (2003), Malerba e Nelson (2011), Lee e Malerba (2016)
	Redes de inovação e efeitos indutores	Compreensão das complementariedades entre firmas e instituições para obtenção de capacidades e promoção de atividades comuns. Análise dos efeitos indutores e de redes.	DeBresson e Amesse (1991), Vonortas (2009), Powell e Grodal (2004), Britto (2012)
Regime Tecnológico	Regimes e performance tecnológica	Compreensão das especificidades e instrumental de análise dos sistemas produtivos	Malerba e Orsenigo (1993, 1997), Klevorick et al (1995)
Estratégias de inovação	Comportamento e posicionamento estratégico	Classificar e apontar o comportamento e posicionamento estratégico das empresas perante os desafios e potenciais tecnológicos	Freeman e Soete (2008) [1974], Vértesy (2017), Klevorick et al (1995), Perez e Soete (1988)

Fonte: Elaboração própria

Já de acordo com o mapa teórico abaixo, o referencial teórico do projeto é disposto por blocos de conceitos, no qual os grandes blocos de mudança técnica e de sistemas de inovação apresentam conceitos chaves. A ideia é o leitor compreender melhor os encaixes e relações entre tais blocos que baseiam a estruturação da análise nos capítulos conclusivos.

A relação entre os blocos é direcionada pela seta cinza e existe relação bidirecional entre todos eles. Quanto aos conceitos do bloco de mudança técnica, o paradigma e trajetória da tecnologia representa a possibilidade de janelas de oportunidades. Acerca do bloco de sistemas de inovação, o sistema setorial de inovação subsidia a análise de redes.

Figura 7: Mapa do arcabouço teórico



Fonte: Elaboração própria

O próximo passo da metodologia proposta se preocupa em detalhar os tipos de dados a serem coletados. Além da pesquisa bibliográfica já descrita que auxilia na construção das redes, também serão realizados questionários mistos.

Gil (2008) define o questionário como uma técnica de investigação que submete um conjunto de questões a pessoas com o fim de colher informações sobre conhecimentos, crenças, sentimentos, interesses, expectativas, aspirações, comportamento e etc. A escolha do questionário misto possibilita a coleta de dados por meio de diferentes questões abertas e com marcação de múltipla escolha.

A ideia é recolher respostas de empresas fornecedoras, petrolíferas e instituições de pesquisa do SPS, a partir do contato direto com as empresas para captar as percepções de especialistas. Porém, existe a possibilidade da aplicação com outros especialistas de instituições relativas de modo a colher informações gerais e compreender melhor os resultados dos questionários aplicados. Por exemplo, podem ser entrevistados institutos e associações (ex.: IBP e Abespetro) e atores institucionais (ex.: ANP).

Para cada tipo de ator (empresas fornecedoras, petrolíferas e instituições de pesquisa) será aplicado um questionário misto, em razão da lógica estratégica e posicionamento de mercado diferenciado de cada um.

A aplicação seguiu o formato semi-estruturado pois permite coletar dados e abstrair o potencial dos diálogos, visto que a coleta de dados, opiniões e percepções gera a exposição de diferentes ângulos de análise pelo entrevistado.

A preferência foi pelo formato face-a-face no ambiente de serviço. O face-a-face possibilita a leitura de expressões e gestos importantes na interação entre pesquisador e questionado. A entrevista no ambiente de serviço faz com que o pesquisador adentre no “espaço” do entrevistado vivenciando este ambiente e permitindo ao especialista do SPS estar mais à vontade para expor suas opiniões.

Se utiliza do método do nível micro ao macro de Lundvall (2007) e analisar a organização, a interação, as especificidades e o posicionamento estratégico; o que será disposto nos próximos capítulos.

A escolha dos entrevistados foi feita a partir de um mapeamento do panorama do SPS (capítulo 3), para então buscar contatos com os principais atores e especialistas. A seleção também visou alcançar diferenciados cargos e ocupações laborais de instituições de diferentes portes, até porque possibilita ao pesquisador a coleta de percepções mais variadas e existe uma dificuldade de marcação de horários e disponibilização de tempo.

Em relação à importância da participação da Petrobras, apesar da dificuldade de contato, foi possível entrevistar um representante e outras pessoas com histórico de gerência na empresa e de contatos diretos nas interações de comércio e pesquisa. A lista dos entrevistados se encontra em anexo e todos tem atuação e experiências duradouras no SPS.

Foram vinte entrevistas realizadas entre o início de setembro e o início de fevereiro de 2019; sendo seis entrevistas sobre as percepções das petrolíferas (Entrevistados 1, 2, 3, 4, 5, 6), dez sobre as percepções de fornecedores (Entrevistados 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16), e quatro de instituições de pesquisa (Entrevistados 17, 18, 19, 20). Esta numeração nada tem a ver com a ordem da lista de entrevistados, a qual se obedece a ordem alfabética.

Como foi explicitado aos entrevistados, o intuito não é expor os nomes e empresas que apoiaram a pesquisa e, sim, discutir as estratégias e as percepções dos atores sobre determinadas questões. Por isso, se faz uso de referência anônima indicando ao leitor a fonte da informação pelo número da entrevista.

Quadro 8: Questões norteadoras para o questionário misto

Categorias	Variáveis	Grandes Questões Propostas	Objetivo
Rede de relações mercantis	Custos	Em quanto os custos da empresa têm se reduzido com a inserção de novas tecnologias? Qual a fonte de tal redução? (tecnologias próprias ou externas)	Aferir e comparar os efeitos da introdução de tecnologias no custo e apontar sua fonte
	Competitividade	As tecnologias desenvolvidas pela empresa têm reduzido o preço final do bem e/ou serviço? Como a empresa tem atuado para oferecer melhores relações custo-benefício para os clientes?	Compreender e comparar os efeitos da introdução de tecnologias no preço final e na competitividade
	Comércio	Quais os principais clientes e fornecedores? Existe previsão de aumento da demanda?	Mapear a cadeia produtiva da empresa
Construção de competências tecnológicas	Busca inovativa	Em qual área tecnológica a empresa dispense os principais esforços inovativos? Quais os desenvolvimentos tecnológicos introduzidos nos novos processos e bens e serviços oferecidos?	Captar o enfoque das inovações e pesquisas
	Busca por conhecimento e informação	Como a empresa tem buscado novos conhecimentos? Qual a principal fonte? (instituições de pesquisa /cooperação/desenvolvimento interno) No tempo em que a empresa está estabelecida no país, como a busca por novos conhecimentos ocorreu?	Captar as fontes de conhecimento das empresas desde seu estabelecimento no país
	Apropriação tecnológica	De que forma a empresa procura proteger suas tecnologias? E como se apropria? (patentes, outras regulações)	Entender a estratégia de proteção de suas tecnologias
	Cooperação	Quais as alianças estratégicas estão em andamento e poderão se concretizar? Qual o objetivo dessas alianças? Qual a principal área tecnológica em que estas alianças se inserem? A empresa entende que essa estratégia é/foi importante no desenvolvimento de soluções tecnológicas?	Captar as principais alianças e de que forma estas tem atuado

	Spillovers	A empresa tem transferido, dividido ou recebido informações, conhecimentos e equipamentos com parceiras para alguma solução tecnológica? Existe interesse em estabelecer novas parcerias?	Apreciar sobre os efeitos de transbordamentos na rede
Marco Institucional e Políticas Públicas	Arranjo de relações inter-organizacionais	Quais institutos, associações e outros órgãos institucionais a empresa faz parte? Em que medida a associação da empresa a essas instituições facilita o acesso à informações, tecnologias e costura alianças estratégicas?	Compreender os benefícios da relação entre empresa e outras instituições
	Políticas públicas	Quais políticas públicas impactam positivamente e negativamente no desenvolvimento tecnológico? Alguma mudança recente favoreceu ou não a empresa?	Assinalar sobre os efeitos das políticas públicas no desenvolvimento tecnológico
Estratégias econômicas e inovativas	Posicionamento estratégico	Quais as principais estratégias tomadas para alcançar as metas propostas? Quais as motivações para tal? Quais são as oportunidades que se deseja explorar?	Apontar a efetiva capacidade dos atores em traçar estratégias de promoção de competências tecnológicas
	Investimentos e financiamento	Quanto se investe em inovação? Qual a principal fonte de financiamentos?	Comparar com demais concorrentes do mercado a magnitude e enfoque dos investimentos em tecnologia
	Feedback	Como tem se articulado as relações de feedback com clientes e fornecedores? Quais os efeitos em termos de inserção de requerimentos, qualidade e demanda?	Captar as redes de feedback e seus efeitos para a empresa
	Locacional	Onde a empresa realiza o design e a produção do produto? Quais os principais motivos de se localizar nesta região?	Aferir a localização das atividades de alto teor cognitivo e tecnológico

Fonte: Elaboração própria

Assim, o quadro acima pretende resumir e nortear o leitor acerca das principais variáveis a serem discutidas no questionário misto. Se utiliza o referencial teórico abordado neste capítulo e as pesquisas já elaboradas pela Rede de Pesquisa em Sistemas Produtivos e Inovativos Locais (Redesist) da UFRJ para a construção do questionário.

Por fim, a análise e interpretação da investigação consiste na extração de sentido dos dados de texto. Segundo Creswell (2009), isso exige a reflexão contínua sobre os dados e apresenta seis passos na investigação qualitativa⁶⁰: (1) organizar e preparar dados, o que envolve a transcrição dos dados e separação das fontes de informações; (2) ler todos os dados para obter um sentido geral das informações; (3) análise mais detalhada com um processo de codificação; (4) geração de uma descrição do cenário e das pessoas além das categorias ou temas de estudo; (5) representação da narrativa qualitativa como elementos visuais, figuras e/ou tabelas; e por fim (6) interpretar e extrair significado dos dados.

Em resumo, Trent e Cho (2014) discorrem acerca do caminho investigativo. Nos estágios iniciais da análise qualitativa são realizadas as leituras detalhadas dos dados e textos coletados, acompanhados do processo de categorização e agrupamento dos dados investigados. Posteriormente, são escritos os primeiros memorandos para descrever e organizar os dados a serem analisados particularmente. Essas fases analíticas subsidiam o pesquisador no preparo, na organização, no resumo e no entendimento dos dados a fim de adentrar no processo interpretativo. Assim, é possível focar nos códigos de interesse e escrever na forma de memorandos integrados.

Todo esse caminho investigativo do método qualitativo descrito por Creswell (2009) e Trent e Cho (2014) será observado nesta pesquisa para expor ao leitor os resultados do estudo de forma categorizada, objetiva e pontual.

⁶⁰Se discorre sobre esse ponto pois a investigação qualitativa exige um rigor específico no processo de análise e interpretação. A validação da investigação qualitativa, segundo Creswell (2009) deve se atentar para algumas estratégias para confirmar a exatidão dos resultados. São destacadas as seguintes estratégias neste trabalho: descrição rica e densa, esclarecimento de vieses, tempo prolongado de pesquisa de campo, interrogatório de pares e apresentação de informações discrepantes que vão contra os temas tratados.

3. CAPÍTULO 3 – UM PANORAMA DO SISTEMA DE INOVAÇÃO DO SISTEMA PRODUTIVO SUBMARINO BRASILEIRO

Tendo em conta o arcabouço teórico exposto na seção anterior, o capítulo 3 busca fazer um panorama do sistema de inovação (SI) do SPS brasileiro apresentando os principais aspectos que envolvem tal sistema. Assim sendo, a proposta de Cassiolato e Lastres (2008) para a compreensão do sistema de inovação por meio da divisão em subsistemas e da dimensão da demanda é utilizada.

A primeira seção de contextualização e demanda responde ao entendimento das estruturas macro de consumo no mercado internacional. A segunda do subsistema de produção e inovação tecnológica contempla a estrutura das atividades econômicas e inovativas no mercado do SPS. O terceiro subsistema se preocupa com as políticas e regulações que interferem na promoção e financiamento do SPS. O último subsistema aponta para as pesquisas e capacitações na construção e desenvolvimento do sistema produtivo.

3.1. CONTEXTUALIZAÇÃO E DEMANDA

A dimensão demanda está preocupada em subsidiar a análise de SI com um panorama macro das estruturas de consumo, organização social e demanda social de determinada indústria.

Sobre a indústria e o mercado petrolífero, para além do que foi exposto na introdução, deve-se notar aspectos fundamentais que afetam sobremaneira o seu andamento e pontuar novos desafios para responder às demandas da sociedade. Neste sentido, podemos elencar alguns: a geopolítica, a volatilidade de preços, as condições de oferta e demanda, a segurança operacional, a preocupação com o meio ambiente e as energias renováveis e a viabilidade dos projetos.

Os hidrocarbonetos ainda são parte substancial do mix global de energia e isso deve se manter por mais tempo. Na questão geopolítica, como salienta Pinto Jr (2016), o que se

nota é uma incerteza no balanço de poder devido a nova estrutura de mercado com maior diversidade de produtores e reservas e de consumidores.

De modo resumido, as tensões geopolíticas do petróleo vividas nos anos recentes estão pautadas nas cotas de produção da OPEP, na crise venezuelana, no aumento da oferta de petróleo por parte dos EUA e no aumento do consumo e construção de refinarias na Ásia. Essas tensões, naturalmente, têm afetado o comportamento recente de preços no sentido de uma subida que inclusive têm sido essenciais para dar um fôlego financeiro e possibilitar a programação de novos investimentos às companhias.

A OPEP, no intuito de maximizar os rendimentos petrolíferos dos seus membros, tomou algumas ações por meio de suas reuniões para segurar os preços dos produtos em um patamar mais alto. Essa reação da OPEP tem relação com o ganho de participação na produção mundial que os EUA vêm obtendo a partir da produção de *shale*. O país já é o maior produtor mundial e nunca exportou tanto, beneficiando os países importadores de petróleo devido à pressão aos preços.

Por outro lado, a demanda asiática continua subindo e novas refinarias de grande porte estão próximas de entrar em atividade. A questão é como irá se ajustar o comércio internacional frente a nova estrutura de mercado.

As tensões geopolíticas são somadas às expectativas e exigências da sociedade quanto à preocupação com os impactos ao meio ambiente e a segurança operacional. Uma série de acordos e tratados entre países visam mitigar os efeitos de um modo de organização do mercado mundial que pressiona a disponibilidade de recursos naturais e coloca em questão as limitações do crescimento econômico. Sem dúvida, as companhias devem levar em consideração estes temas para qualquer análise de projeções, programação de novos projetos de investimentos e reposicionamento no mercado.

A mudança climática é observada como consequência de uma externalidade negativa originada por emissões de gases de efeito estufa com causas e implicações planetárias, porém assimétricas. Segundo a Comissão Econômica Para a América Latina e o Caribe (Cepal) (2015), as evidências disponíveis indicam impactos negativos significativos, sugerindo que os sintomas da mudança climática serão mais aparentes durante este século.

A conscientização e reconhecimento do fenômeno é fundamental para a construção de um consenso global baseado na aceitação comum, mas compreendendo as diferentes

responsabilidades históricas⁶¹. A instituição entende como imperativa a implementação de processos de adaptação atentando para os custos financeiros e os efeitos ou danos residuais irreversíveis.

Dados da EIA (2019) auferem que em 2016 o petróleo respondeu por 36,1% das emissões de dióxido de carbono relativos à energia no mundo, perdendo apenas para o carvão. O desafio dos setores extrativos é responder às transformações das economias, em especial dos países produtores, com o fim de: minorar a pobreza e respeitar os direitos das comunidades, preservar o meio ambiente e contribuir com a adaptação climática. A inovação tecnológica pode se conformar como uma alternativa viável para conciliar diferentes demandas e mitigar os efeitos da produção.

Tendo em vista o exposto nos parágrafos acima, a próxima seção demonstra os indicadores essenciais da indústria petrolífera e seu comportamento recente, assim como algumas expectativas futuras. Posteriormente, a seção seguinte se atenta à análise da indústria petrolífera *offshore* e seu posicionamento relativo a outros projetos globais, com foco nos projetos *offshore* brasileiros. Esta indústria pode demonstrar meios de produzir de maneira mais eficiente e menos ofensiva ao meio ambiente.

3.1.1. Indústria petrolífera e demanda: os principais indicadores

Nesta seção 3.1.1, serão discutidos aspectos produtivos e econômicos em um contexto geral da indústria em questão. A ideia é tratar de questões macro, porém demonstrando o caso particular brasileiro. Alguns dados secundários auxiliam nesta exposição, de forma a exemplificar as circunstâncias envolvidas.

Abaixo apresenta-se indicadores chave da indústria petrolífera e a partir desta tabela é possível ter uma visão geral e um ponto de partida para entender os desafios recentes e os possíveis desdobramentos futuros.

⁶¹ O acordo de Paris em 2015 é um passo neste sentido propondo a limitação de dois graus Celsius no aumento da temperatura global no século XXI. De acordo com Delgado e Febraro (2017), quase 200 países se comprometeram com as metas e tal acordo foi o maior passo já dado em direção à descarbonização do planeta. Porém, alguns governos de países (ex.: EUA) com importante parcela nas emissões de gases estufa demonstraram desinteresse em tal acordo.

Tabela 1: Principais indicadores da indústria de petróleo e gás no Brasil e no Mundo
(anos selecionados 2010, 2014 e 2017)

	Brasil			Mundo		
	2010	2014	2017	2010	2014	2017
Petróleo						
Reservas Provadas (Bilhões barris)	14,2	16,2	12,8	1 643,1	1 702,4	1 696,6
Produção (Mil barris/dia)	2 137	2 341	2 734	83 325	88 721	92 649
Consumo (Mil barris/dia)	2 716	3 242	3 017	88 535	92 986	98 186
Capacidade de Refino (Mil barris/dia)	1 992	2 238	2 285	92 513	96 540	98 139
Importação (Mil barris)	123 649	144 152	54 475	-	-	-
Exportação (Mil barris)	230 492	189 402	363 748	-	-	-
Preço Brent (US\$/barril)	-	-	-	78,06	97,07	53,13
Gás Natural ¹						
Reservas Provadas (Trilhões M ³)	0,44	0,49	0,38	180,09	193,23	193,45
Produção (Bilhões M ³)	15,3	23,7	27,5	3 169,3	3 446,9	3 680,4
Consumo (Bilhões M ³)	28,0	41,3	38,3	3 175,9	3 398,7	3 670,4
Importação (Barril equivalente de petróleo)	19 640 403	24 297 042	20 710 795	-	-	-
Exportação (Barril equivalente de petróleo)	47 174	113 187	10 843	-	-	-
Preço Henry Hub (US\$/milhões unidade termal britânica - btu)	-	-	-	4,39	4,35	2,96

¹ No caso da importação e exportação, o produto em questão é o gás liquefeito de petróleo e inclui o propano e butano.

Fonte: Elaboração própria a partir do Anuário estatístico 2018 da ANP e do BP Statistical Review of World Energy 2018

Da tabela 1 importa explorar alguns indicadores para situar o leitor acerca do contexto e cenário recente da indústria. O petróleo ainda representa um terço do consumo global de energia (34,2% em 2017) e inclusive ganhou participação no mercado global após 15 anos de queda (1999-2014). Essa adição no consumo foi impulsionada pelo incremento chinês e indiano. (BP, 2018)

O primeiro indicador da tabela é reservas provadas refletindo os esforços de exploração feitos nos últimos anos e o potencial de produção futura. Este se mantém em nível estável na década de 2010, com exceção do gás natural que se mantém estável nos últimos anos. Alguns países como EUA, Canadá e Brasil, os quais apresentam expectativa de aumento das reservas petrolíferas, ainda não certificaram todo o potencial de suas reservas e mantiveram seus níveis.

Quanto à produção petrolífera, verifica-se um aumento durante a década de 2010 indo de encontro com a necessidade de consumo em elevação com o crescimento econômico mundial e em especial na China e Índia. Os EUA aumentaram sobremaneira sua

produção de petróleo, inclusive ultrapassando a Arábia Saudita, e passando a ser o maior produtor mundial de petróleo e gás.

Já os preços de petróleo e gás apresentaram redução de patamar a partir de 2014 e leve recuperação em 2017 e 2018; mantendo a característica volatilidade. Como podemos ver na tabela 1, a produção e a capacidade de refino (oferta) no mundo estiveram próximas do nível de consumo (demanda) do petróleo, mas o aumento da demanda tem pressionado a oferta influenciando na subida dos preços em 2017 e 2018.

Para além da tabela 1, um indicador importante para projetar o futuro da indústria é o investimento, pois reflete as pressões e expectativas de mercado para o futuro. Segundo o World Energy Investment da International Energy Agency (IEA) (2018, 2019), os níveis de investimento em energia foram estáveis em 2017 e 2018 e apenas três setores apresentaram aumento de investimentos: eficiência energética, oferta de óleo e gás e redes de eletricidade.

O *upstream* representa a maior parte dos investimentos globais em óleo e gás (US\$ 700 bilhões em 2017) desde 2003. Em 2017, os EUA investiram US\$ 70 milhões, a China US\$ 31 milhões e o Brasil US\$ 23 milhões de um total de US\$ 450 milhões de investimentos globais no *upstream*. (IEA, 2019). Isso mostra que as atividades de exploração, desenvolvimento e produção petrolífera são importantes a longo prazo, em especial pois há uma necessidade em se manter a oferta de óleo e gás próxima ao consumo.

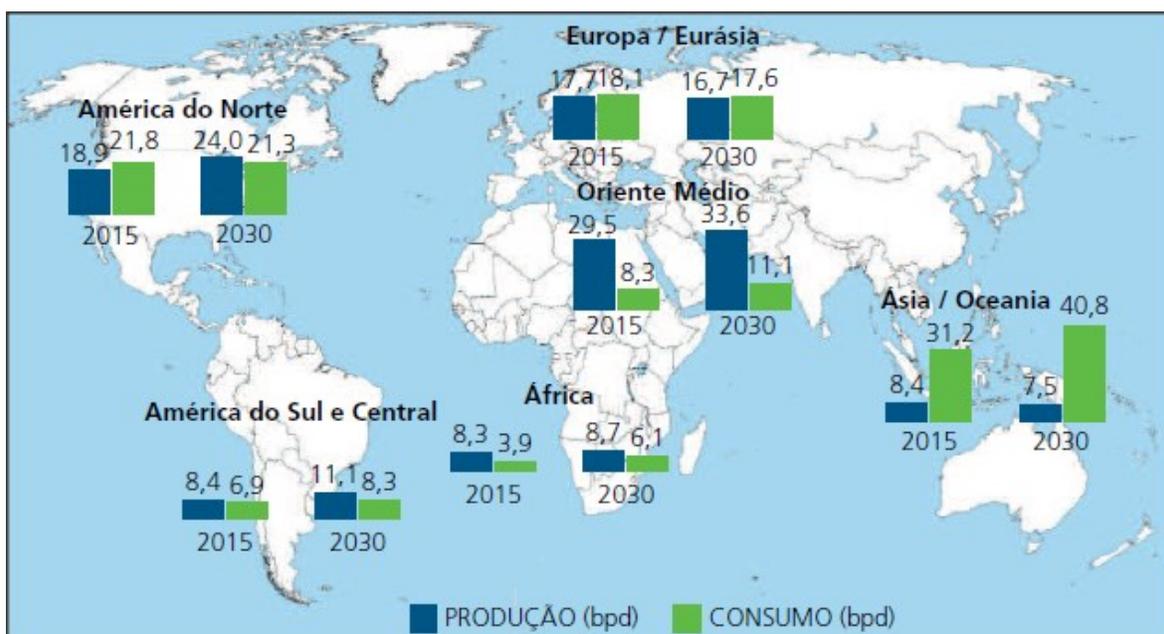
A disciplina financeira derivada da incerteza com a crise de preços de 2015 e 2016 fizeram com que alguns projetos de *upstream* menos custosos e mais eficientes tivessem maior foco por parte das companhias petrolíferas. As atividades de exploração sofreram muito com essas questões, já que os orçamentos estão limitados e ainda existem reservas disponíveis para produção com projetos viáveis. A IEA (2018) nota que em 2018 os gastos em exploração foram de US\$ 51 bilhões e representaram 11% dos gastos em *upstream*.

Para finalizar esta seção, vale apresentar o estudo de algumas tendências da indústria petrolífera no trabalho Panoramas Setoriais 2030 do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) realizado por Mendes et al (2017); que utilizou projeções e levou em consideração a conjuntura atual discutida acima.

Conforme Mendes et al (2017), até 2030, apesar do esforço global visando a migração para energias mais limpas e renováveis, e considerando o crescimento anual da

demanda energética e da capacidade e disponibilidade de recursos para a expansão das energias renováveis; o que se espera é o modesto crescimento da participação das renováveis e a manutenção da dependência petrolífera. O consumo de óleo deve ter participação no mix energético levemente abaixo dos 32% atuais e o gás perder sua tendência de alta e se estabilizar em 29,5%.

Figura 8: Distribuição regional de produção e consumo de petróleo
(2015 e estimado para 2030)



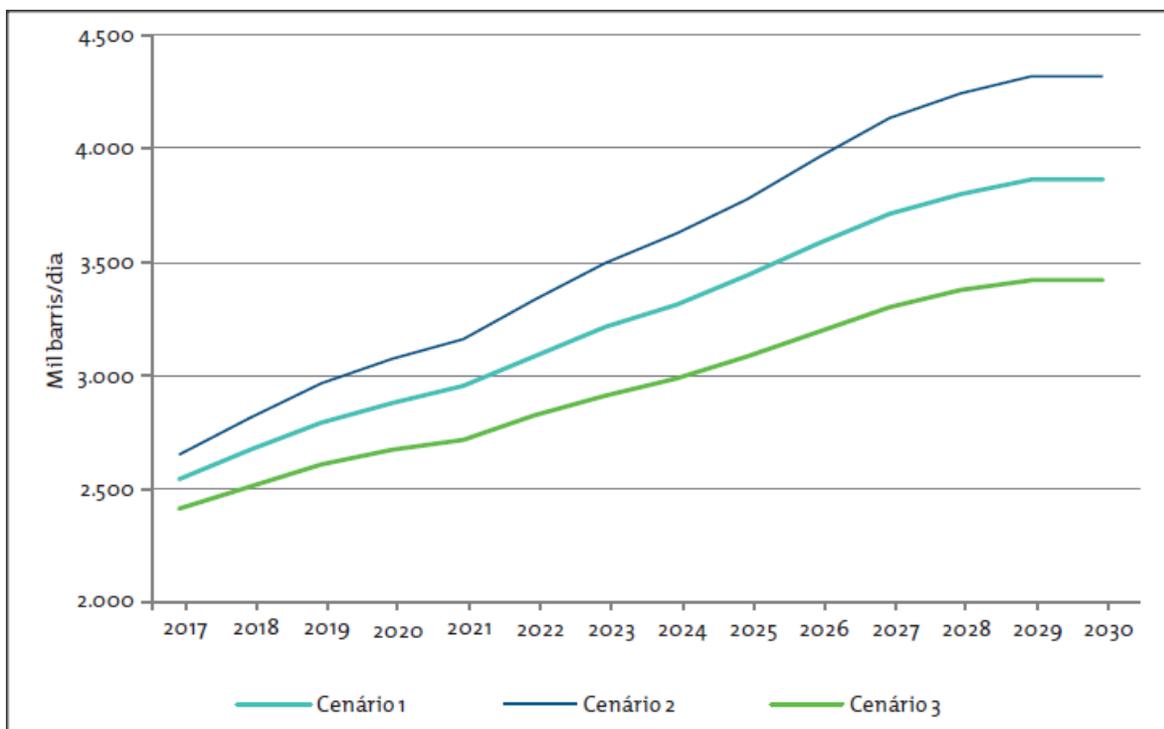
Fonte: Mendes et al (2017).

A produção e demanda deve aumentar em termos absolutos. Há assim a necessidade de investimentos para repor parte considerável da produção atual. Como é possível notar na figura 8 acima, a Ásia é um mercado que vem ganhando relevância e se espera um aumento de sua participação.

Por exemplo, estima-se que a China pode dobrar sua importação de petróleo até 2030, significando algo em torno de 75% do seu consumo doméstico suprido pelas importações. Além disso, a África e a América do Sul e Central apresentam excedentes da produção em relação ao consumo, mesmo com o aumento do último para 2030. Os maiores incrementos da oferta externa à OPEP esperados são advindos dos EUA e Brasil.

Quanto ao caso brasileiro, pode-se dizer que o potencial das reservas após a descoberta do pré-sal é capaz de elevar a produção para patamares próximos de alguns dos grandes produtores mundiais e de alçar o país como um dos principais produtores *offshore* mundial até 2030. Mendes et al (2017) projetaram a produção petrolífera brasileira perante alguns cenários⁶², conforme exposto no gráfico 1.

Gráfico 1: Estimativa da produção de petróleo no Brasil



Fonte: Mendes et al (2017).

No pior cenário, o qual o patamar do preço seria de US\$45/barril e/ou o tempo de recuperação da capacidade de investimento da Petrobras fosse alongado, a produção brasileira poderia aumentar a quase 3,5 milhões de barris/dia até o fim de 2030. No melhor cenário a produção poderia chegar a 4,3 milhões barris/dia chegando ou superando os volumes atuais de produtores como Iraque, Irã, Kuwait e Emirados Árabes Unidos.

⁶² Os autores consideraram: preço do petróleo, capacidade de investimento das operadoras, ambiente regulatório, capacidade da Petrobras de realizar projetos de forma simultânea, restrições dos fornecedores de entrega no prazo fixado e no atendimento do conteúdo local, e por fim, o potencial de reserva e de produção do pré-sal.

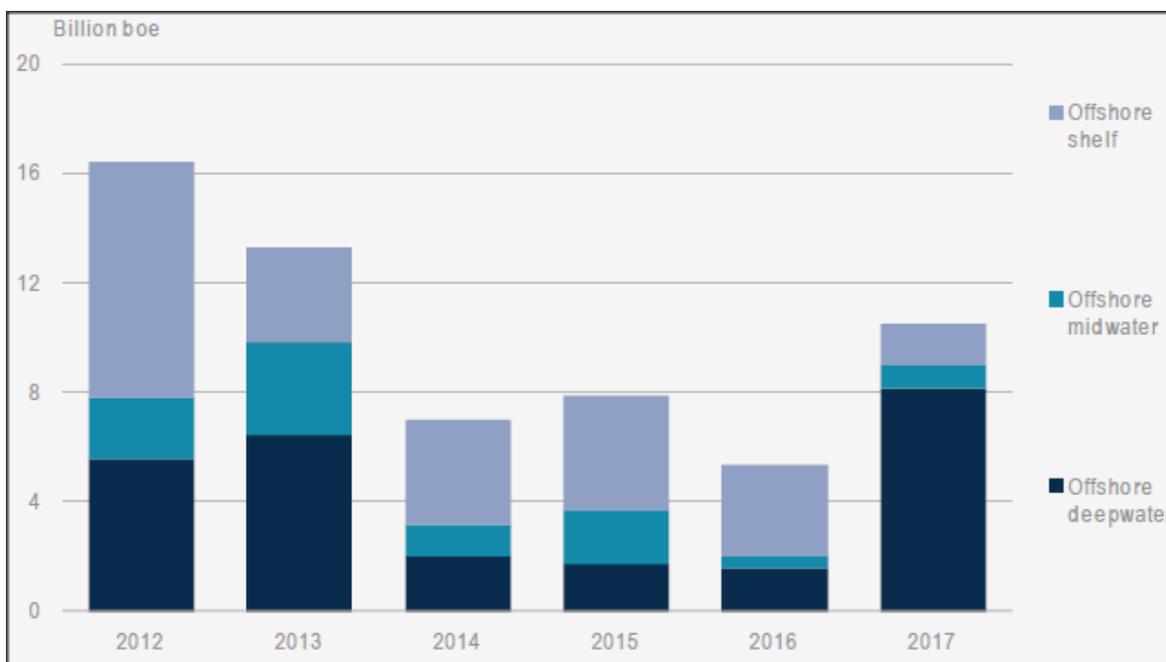
A perspectiva do potencial *offshore* brasileiro amplifica o interesse das petrolíferas neste ambiente com a possibilidade de grandes investimentos. Porém, o país enfrenta a concorrência desses investimentos com projetos em países como EUA, Angola e Canadá. O posicionamento do país neste mercado será abordado na próxima seção.

3.1.2. A perspectiva *offshore* e o posicionamento brasileiro nos projetos ao redor do mundo

A importância do ambiente *offshore* está diretamente relacionada com o desenvolvimento do mercado SPS. Mais da metade de todo petróleo descoberto de 2000 a 2013 foi em reservatórios *offshore* ultraprofundos (IEA, 2013).

Desde a década de 2000, segundo a EIA (2016), a produção global *offshore* está em torno de 30% do total e se observa o aumento significativo da produção em área de águas profundas (*deepwater* em inglês) e a redução em águas rasas (*shallow-water* em inglês).

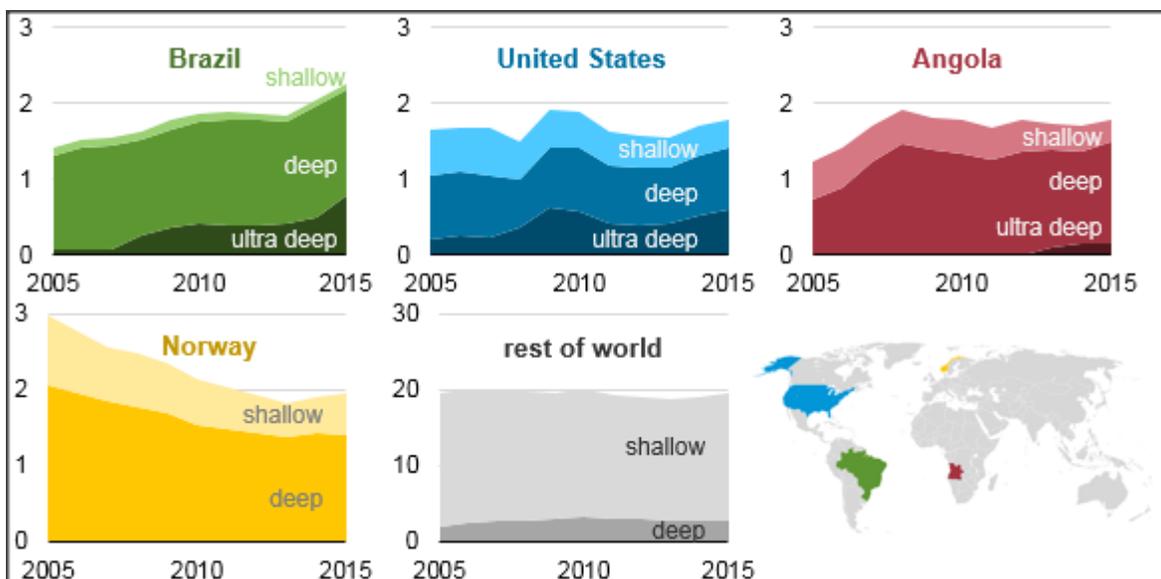
Gráfico 2: Volume de petróleo *offshore* certificado no mundo por profundidade



Fonte: World Energy Investment IEA 2018.

O gráfico 2 mostra a proeminência dos recursos *offshore* em águas ultraprofundas e denota que ainda há muito a se produzir neste ambiente. Os recursos de águas ultraprofundas certificados como reservas provadas se destacaram em 2017, alcançando o maior nível desde 2013.

Gráfico 3: Produção de petróleo por profundidade (2005-2015)



Fonte: EIA (2016).

A grande parte da produção em águas profundas e ultraprofundas se concentra no Brasil, EUA, Angola e Noruega. O gráfico 3 demonstra a importância desses países na produção *offshore* e por profundidade, demonstrando a existência de um mercado sólido capaz de manter grandes níveis produtivos.

Conforme a IEA (2018), o Brasil contribuiu bastante neste resultado devido à combinação de um grande potencial no pré-sal, reformas regulatórias⁶³ e de políticas de promoção do *upstream*. O país se insere como destacado player nesse contexto internacional de disputa e redesenho dos projetos, tendo o posto de décimo maior produtor mundial com em torno de 3% da totalidade segundo dados de 2017 e 2018 da BP (2019).

⁶³ Dentre as mudanças, são citados os novos leilões, o relaxamento dos requerimentos de conteúdo local e a não obrigação da Petrobras em operar. Esses e outros pontos ainda serão alvo de maior atenção ao longo da tese.

A produção brasileira é majoritariamente localizada no mar devido aos trabalhos e atividades desenvolvidos por décadas na bacia de Campos. A Petrobras tem sido o eixo principal do avanço tecnológico devido às experiências e aprendizagem acumuladas com a E&P *offshore* desde a década de 1970. O país atualmente lidera o desenvolvimento mundial de projetos em águas profundas e ultraprofundas.

Tabela 2: Produção brasileira de petróleo em terra e mar e no polígono do pré-sal por milhares de barris (2010-2017)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Brasil	749 952	768 469	754 407	738 713	822 928	889 666	918 731	956 928
Terra	65 973	66 441	66 046	63 893	61 577	58 368	54 688	46 381
Mar	683 980	702 028	688 361	674 820	761 351	831 298	864 043	910 547
% Mar do total	91,2	91,4	91,2	91,4	92,5	93,4	94,0	95,2
Pré-sal	16 317	44 394	62 488	110 538	179 820	280 055	372 746	469 913
% Pré-sal do total	2,2	5,8	8,3	15,0	21,9	31,5	40,6	49,1

Fonte: Anuário estatístico ANP (2018).

Pela tabela acima, entre 2010 e 2017, a produção *offshore* superou sempre os 90% da produção total, sendo que em 2017 alcançou-se o maior nível com 910 milhões de barris e em 2018 a maior participação de 95,7%. Os resultados de destaque do Brasil no cenário produtivo internacional recente têm relação com o aumento significativo da produção no pré-sal que representava 15% da produção total em 2013 e em 2017 chegou a 49,1%.

A partir da mesma base de dados, também é possível conferir que as reservas provadas em mar estiveram próximas de 95% em 2017. O qual sinaliza o potencial produtivo e a expectativa de grandes incrementos futuros.

Sobre os projetos *offshore*, a IEA (2018) ainda atenta que duas tendências são observadas na atividade: (1) as companhias ainda evitam megaprojetos para limitar o risco e a exposição de capital e (2) os operadores são beneficiados com uma redução de custos próxima de 50% por fecharem contratos de baixo custo com as companhias de serviço. Os projetos *offshore* variam entre eles e, por um lado; são de alto risco, longa duração e custosos, mas por outro; são menos sensíveis às flutuações de preços.

O potencial dos projetos em águas ultraprofundas representa uma nova fronteira na indústria petrolífera. Visto esse contexto, o ambiente produtivo brasileiro concorre com diversos ambientes no mundo. Em termos de *breakeven* e custos, os projetos tradicionais *onshore* são os mais vantajosos. Já o ambiente do *shale* nos EUA tem apresentado crescimento da produtividade e consecutivas reduções de *breakeven*.

Segundo o IEA (2019), *shale* dos EUA tem recebido vultuosas somas de investimentos nos últimos anos a partir de uma grande diversidade de companhias de porte médio e pequeno em atuação. Ainda nesta publicação, se atenta que este representou 26% dos investimentos no *upstream* de O&G em 2018 e esse percentual se mantém em 2019.

Em resumo, os projetos *offshore* brasileiros do pré-sal têm grandes volumes de reservas, altas taxas de recuperação dos poços e vem angariando reduções de *breakeven* ao longo dos anos; tendo custos aproximado ao *shale* dos EUA. Desta forma, o Brasil disputa os investimentos e recursos em projetos de E&P no mundo, especialmente com este ambiente produtivo.

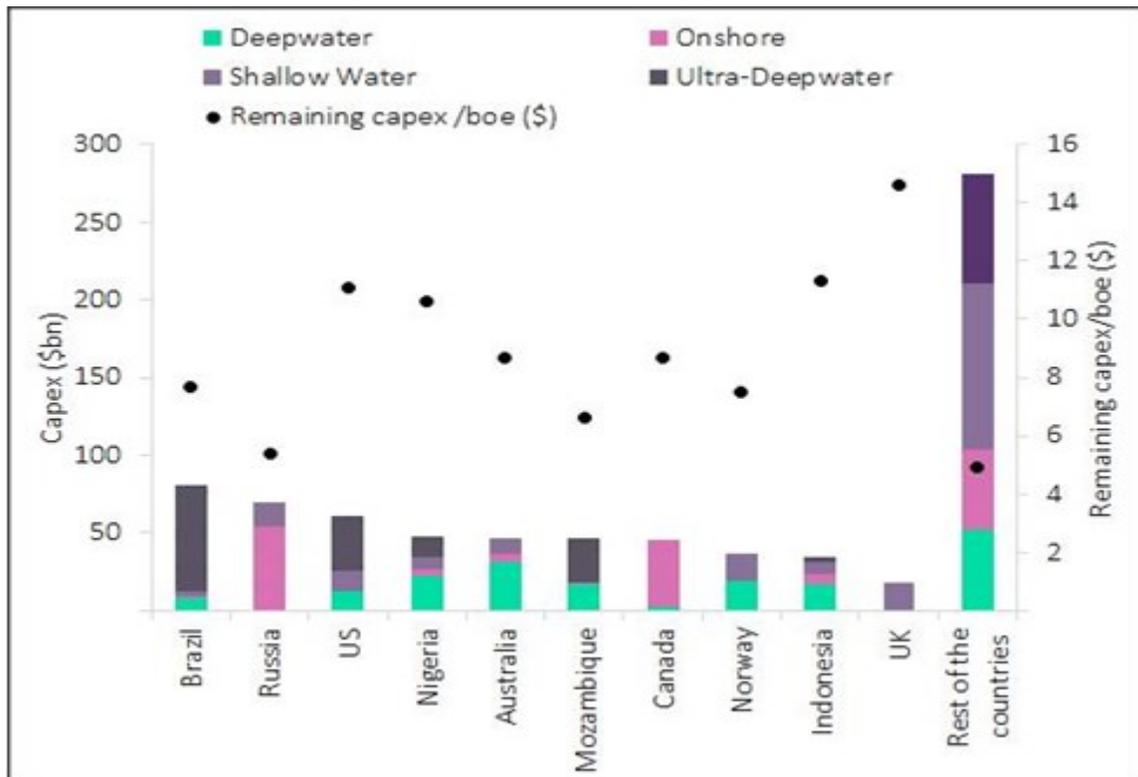
A Federação das Indústria do Estado do Rio de Janeiro (Firjan) (2018) aponta que importantes petrolíferas anunciaram grandes investimentos⁶⁴ em *upstream* no Brasil nos próximos anos. A Shell pretende investir ao menos US\$ 2 bilhões por ano até 2020 e a Equinor US\$ 15 bilhões até 2030. O Plano de Negócios e Gestão 2019-2023 da Petrobras aponta para investimentos de US\$ 68,8 bilhões em exploração e produção ressaltando o foco da companhia no desenvolvimento da produção *offshore* para gerar valor à companhia.

Tendo em conta uma análise do ambiente e país de produção, o gráfico 4 abaixo demonstra as estimativas de gastos (*capital expenditure*) na E&P. Entre 2018 e 2025, seriam gastos em torno de US\$ 90 bilhões por ano no Brasil, enquanto na Rússia e nos EUA esses valores estariam pouco acima dos US\$ 50 bilhões.

Os gastos destinados a projetos *onshore* nos próximos anos estão concentrados na Rússia e Canadá. O Brasil é o foco do *Capex* global para os próximos projetos de O&G. Segundo a GlobalData (2018), em torno de US\$ 790 bilhões serão gastos entre 2018 e 2025 em 615 projetos. Se espera que os 48 campos brasileiros anunciados e planejados atraiam em torno de 10,2% desse total.

⁶⁴ Foram mapeados até 2023, R\$ 117 bilhões em investimentos no segmento de upstream no Brasil. O estado do Rio de Janeiro será o principal espaço de investimentos no setor de P&G com R\$ 143 bilhões até 2023.

Gráfico 4: Gastos (bilhões US\$) em projetos globais de E&P por países
(média anual 2018-2025)



Fonte: GlobalData (2018)

Desta forma, o Brasil se candidata a ser um dos principais países do mundo no avanço da fronteira tecnológica relacionada ao SPS. Tais expectativas estão intimamente ligadas ao sucesso dos resultados e da trajetória tecnológica no *offshore* e à descoberta de reservas gigantes na área do pré-sal e sua alta produtividade verificada. Estes são fatores fundamentais na atratividade de investimentos, podendo auxiliar no desenvolvimento tecnológico das estruturas, serviços e equipamentos submarinos.

3.2. SUBSISTEMA DE PRODUÇÃO E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA

Após verificar o lado da dinâmica recente da indústria petrolífera, é o momento de compreender a dinâmica do mercado *subsea* verificada nos anos recentes. Neste subsistema, Cassiolato e Lastres (2008), entendem que é importante contemplar a estrutura

das atividades econômicas, atentando para a distribuição setorial, espacial e de tamanho. Então, esta seção busca demonstrar ao leitor a importância das atividades inovativas e da estrutura do mercado do SPS.

3.2.1. O mercado global do Sistema Produtivo Submarino

Adentrando especificamente na temática do mercado do SPS, temos que ter em vista toda a engenharia e tecnologia associada ao sistema discutida no capítulo 1. Isto é, entender que a execução do SPS requer a integração de equipamentos, insumos e diversos tipos de serviços (de diferentes complexidades) os quais configuram este sistema complexo de produção. O potencial de agregação de valor e densidade tecnológica é grande e tende a ser maior do que os demais segmentos da indústria petrolífera e sua cadeia.

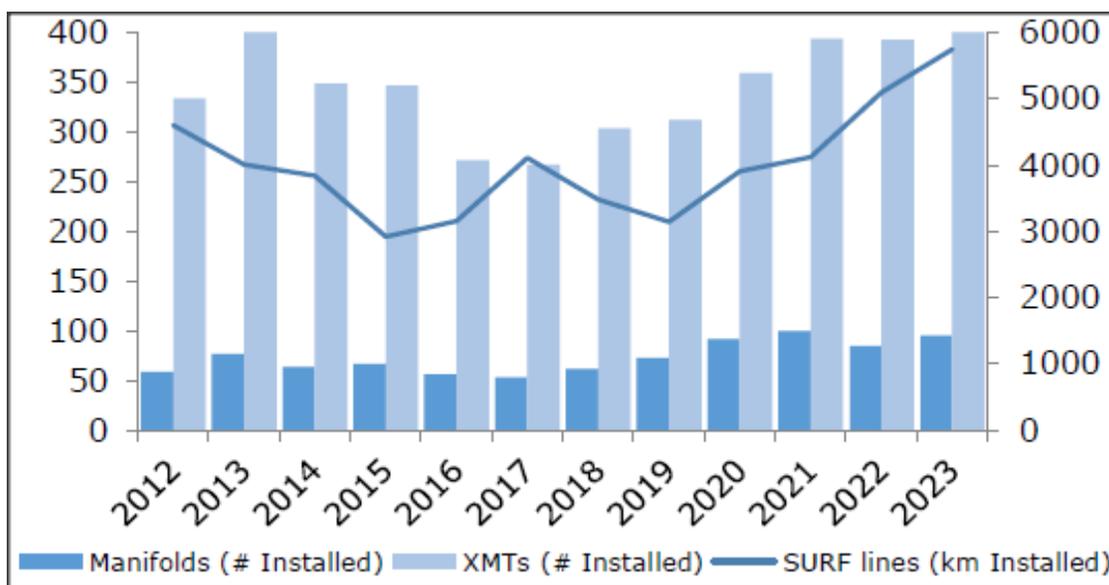
Conforme a Rystad (2019), é esperado um grande aumento de projetos *offshore* entre 2019-2023 requerendo equipamentos e serviços submarinos. Apesar da perda de receitas das empresas do mercado do SPS (queda de US\$23 milhões em 2018 em relação ao recorde de 2014), estas vivem a expectativa de aumento da demanda no mercado submarino em 12% ao ano entre 2019-2023.

Isso é explicado devido ao alcance de custos *offshore* mínimos e aos recordes de fluxo de caixa livre dos operadores. Esse crescimento é liderado por novos projetos (*greenfield*⁶⁵) que demandam equipamentos de controle de fluxo (usualmente reportado como “*subsea equipment*” ou equipamentos submarinos) e equipamentos de transporte de fluxo (usualmente reportado como “SURF” ou dutos submarinos) que chegam a um crescimento anual de 13% no mesmo período citado. Já para os serviços submarinos se espera um crescimento anual de 7%.

O gráfico abaixo mostra os números dos anos recentes e da expectativa dos próximos anos (2019-2023) de instalações de infraestrutura submarina. Todas as estruturas tem projeção de aumento. Quanto às ANM (XMT, sigla em inglês) a expectativa é de aumento das instalações a uma média anual de 400 unidades.

⁶⁵ Termo aplicado para projetos realizados do zero, quando não há instalações pré-existentes com possibilidade de incorporação ao projeto.

Gráfico 5: Instalações de infraestrutura submarina



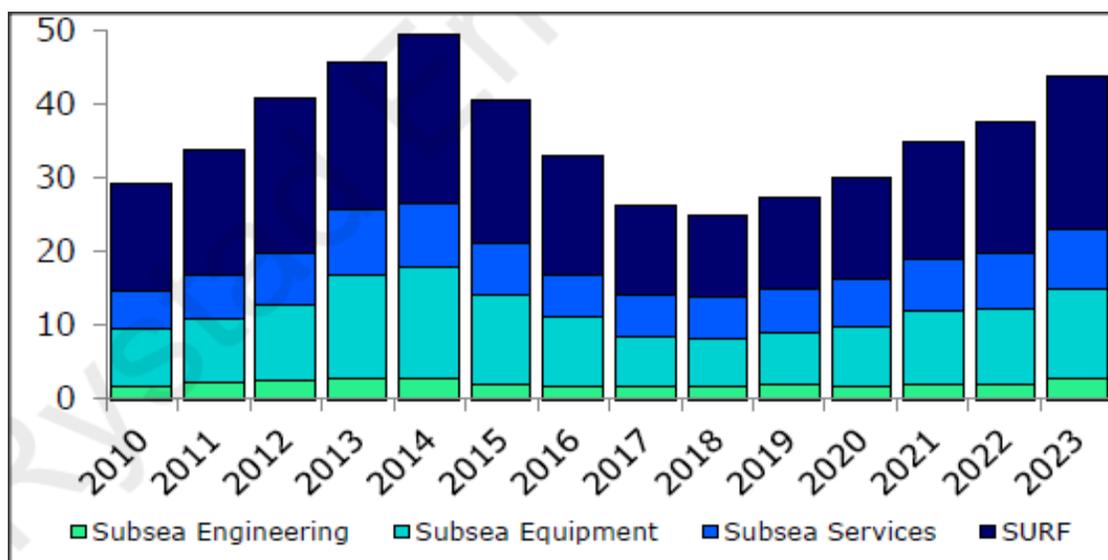
Fonte: Rystad (2019)

Outro dado que mostra uma tendência de aquecimento do mercado de SPS nos próximos anos são disponibilizados no gráfico 6 abaixo. A expectativa de alta dos preços do petróleo dos primeiros anos da década 2010 auxiliou na elevação dos gastos no SPS a valor próximo de US\$ 50 bilhões. Porém, em 2017 e 2018 esses gastos caíram a algo em torno da metade de 2014. A expectativa para o período 2019-2023 é o crescimento desses gastos com um somatório de gastos de mais de US\$ 170 bilhões.

Conforme Rystad (2019), em 2019, o mercado de equipamentos submarinos deve ganhar US\$ 5 bilhões em contratos *greenfield* e o de dutos submarinos chegar aos US\$9 bilhões. Diferentemente dos US\$ 8 bilhões em contratos ganhos para ambos tipos de equipamentos no ano de 2015.

É interessante ainda notar que existe um padrão dos gastos no SPS. A participação dos gastos em SURF, *Subsea equipment*, serviços submarinos e engenharia submarina é similar em cada ano e a maior parte dos gastos são no primeiro.

Gráfico 6: Gasto global no SPS



Fonte: Rystad (2019)

As empresas fornecedoras do SPS procuram firmar contratos e acordos de fornecimento de equipamentos e de serviços especializados com as operadoras a fim de garantir a demanda por um período, formar rede de bases de serviços, prover apoio técnico especializado e desenvolver novos produtos e melhorias de processos.

Assim, as fábricas, centros de serviços e, inclusive, centros de pesquisa tendem a ser instalados em regiões demandantes, havendo sobreposição entre áreas de produção *offshore* e centros de manufatura e bases logísticas vinculadas às tecnologias submarinas.

Outro aspecto é o impacto da reestruturação financeira na indústria petrolífera nas empresas fornecedoras. As grandes corporações com bases e escritórios nas principais áreas produtivas *offshore* buscaram focalizar processos e especializar conhecimentos e capacidades em uma determinada área produtiva do globo. A baixa demanda compensa tal estratégia, mas a viabilidade desta estratégia pode ser confrontada com os novos projetos.

Segundo a ABDI e CGEE (2016b), a crescente disseminação e sofisticação das tecnologias submarinas afetaram a rentabilidade e a concorrência setorial, alterando as estruturas de mercado. Algumas empresas atuam em diferentes setores industriais e a grande necessidade pelo acúmulo de capacidade técnica e investimentos em P&D são barreiras relevantes à entrada no mercado.

Ainda sobre o estudo citado, existe uma grande diversidade de empresas atuantes no SPS e que podem ser separadas em grupos de perfis estratégicos: (1) empresas originadas de separação de divisões de equipamentos submarinos pertencentes a grandes grupos; (2) empresas parapetrolíferas integradas com grande base de produção; (3) empresas especializadas na produção de determinados equipamentos submarinos, de menor poder econômico em relação às empresas dos grupos anteriores; (4) empresas ligadas a grandes grupos industriais diversificados que contam com divisões dedicadas; (5) empresas de menor porte que atuam em pequenos grupos de produtos e nichos potenciais.

Porém, nos anos recentes este mercado tem sofrido uma série de fusões de forma a complementar e integrar as principais demandas, potencializado pela crise dos preços de 2014 e pelo reposicionamento dos negócios e reorganização logística e estrutural das empresas a nível global. As empresas tem buscado pelo perfil do grupo 2, o qual exige da empresa um grande portfólio de capacidade técnica e poder econômico; se conformando em uma empresa parapetrolífera integrada (por vezes *fullstream*) com oferta variada de operações, técnicas e soluções tecnológicas.

Por outro lado, as demandas tecnológicas geraram uma importante oportunidade para empresas entrantes em determinadas áreas do SPS. A inserção da digitalização nas operações exige um conhecimento no qual nem todas companhias tem acesso e as exigências quanto ao monitoramento e controle das operações permite a entrada de empresas relativas à automação e análise de dados.

As principais empresas do SPS, não necessariamente atuam somente nesta área e movimentam vultuosas somas em suas operações e obtém receitas da ordem de bilhões. A Schlumberger, a BHGE e a TechnipFMC se destacam na geração de receitas; com US\$ 32,8 bilhões, US\$ 23 bilhões e US\$ 12,6 bilhões respectivamente. A tabela 3 reúne dados de receita e de número de empregados de empresas importantes no mercado global do SPS, de modo a mostrar a dimensão econômica de cada uma.

O número total de empregados reflete o porte e a capacidade operacional das empresas. A Schlumberger se distancia das demais com mais de cem mil funcionários, mas outras empresas de grande porte como a BHGE e a TechnipFMC, alcançam mais de 66 mil e 37 mil empregados, respectivamente.

Tabela 3: Receitas e nº de empregados das empresas globais de fornecimento no SPS (2018)

	Receitas (milhões US\$)	Nº Total de Empregados
Aker Solutions ¹	3181,0	14705
BHGE	23000,0	< 66000
Dril- Quip	384,6	1926
Fugro ²	1352,5	10265
Oceaneering	1900,0	< 8200
Oil States	1088,1	3926
Schlumberger (OneSubsea)	32815,0	< 100000
Subsea7	4100,0	< 8500
TechnipFMC	12600,0	< 37000
Tenaris Confab	nd	23472

nd= não disponibilizado

¹ Considerando a paridade média de 2018 fornecida pela plataforma Olinda do Banco Central do Brasil, na qual 1 dólar=7,93 NOK

² Considerando a paridade média de 2018 fornecida pela plataforma Olinda do Banco Central do Brasil, na qual 1 dólar=1,22 euros

Fonte: Elaboração própria a partir de informações disponibilizadas nos sítios eletrônicos das empresas, em especial nos Relatórios Anuais.

É possível assim agrupar estas empresas por porte e poder econômico. Um primeiro grupo com atuação diversificada e integrada na indústria petrolífera, altas receitas e um número grande de empregados como Schlumberger, BHGE e TechnipFMC. Em um grupo de porte intermediário estaria a Aker Solutions, a Tenaris e a Subsea7. E as demais em um nível inferior e de maior especialização nos negócios.

Sobre a participação de mercado das empresas no comércio internacional e nacional de estruturas submarinas, existem estudos que utilizam dados de consultorias do setor⁶⁶.

⁶⁶ Ver em Mendes, Romeiro e Costa (2012), Ruas (2012) e ABDI e CGEE (2016b).

Porém, estes são do início da década de 2010 e se encontram desatualizados não refletindo a realidade recente em todos os produtos e serviços. A seção 4.1 busca reduzir essa lacuna para o caso do mercado brasileiro.

Encerrando esta seção do subsistema de produção e inovação tecnológica é assim disponibilizado um resumo do mercado e do poderio econômico das principais organizações envolvidas no mercado do SPS. Sobre o SPS brasileiro foi destacada a importância e a trajetória tecnológica delineada pela Petrobras no desenvolvimento da produção e do fornecimento. Sem dúvida, estas informações além de passar ao leitor o panorama macro envolto ao SPS brasileiro, possibilita o pesquisador observar o potencial deste sistema produtivo à luz de tais esforços e do contexto mercadológico internacional.

3.2.2. O principal demandante do Sistema Produtivo Submarino no Brasil: o papel da Petrobras

Para tratar do caso brasileiro é necessário fazer um adendo acerca da importância da Petrobras para a indústria petrolífera brasileira. A companhia era monopolista na indústria petrolífera brasileira até a Lei do Petróleo de 1997 e naturalmente se manteve como referência e principal companhia petrolífera do país por bater recordes de produção e de profundidades; por ganhar prêmios internacionais; e por ser capaz de desenvolver e desempenhar um papel de criação de inovações e tecnologias.

Atualmente a empresa estatal mista, ainda enfrenta os reflexos de uma política econômica de estabilização de preços dos combustíveis no mercado interno, da corrupção e investigações (especialmente da Operação Lava Jato) e da queda do preço do petróleo no mercado internacional.

A Petrobras foi responsável nas décadas de 1980 e 1990 pelo rápido desenvolvimento da E&P em águas profundas no Brasil, a despeito de exercer o monopólio do setor. No período de desenvolvimento da indústria *offshore*, segundo Dantas e Bell (2009), três grupos de fatores alteraram o desenvolvimento tecnológico da companhia e sua participação nas redes de conhecimento.

O primeiro foi o aumento da profundidade da lâmina d'água e a crescente demanda por tecnologias globalmente inovadoras, criando incentivos para ampliar as redes. A

complexidade exigida para atender os requisitos de desempenho e segurança operacional, a integração de uma diversidade de sistemas técnicos na E&P *offshore* e a integração de variada base de conhecimento.

O segundo grupo está associado com o monopólio da produção petrolífera e a necessidade de aumento da produção nacional em razão da crise da dívida nos anos 1980. A urgência devido a tal contexto levou a companhia a esforços de *catching up* tecnológico e desenvolvimento em águas profundas por meio de rede de colaborações. Por fim, o terceiro está relacionado a capacidade tecnológica interna da Petrobras alterando sua estratégia tecnológica da imitação para se tornar um importante *player* na fronteira internacional.

Os autores citados argumentam que a companhia avançou nos estágios de padrões gerais tecnológicos tendo em conta o desenvolvimento da rede de conhecimento. A empresa nos anos 1960 era considerada um agente passivo e dependente de assimilação externa, e nos anos 1980 passou a atuar ativamente na busca pelo conhecimento em rede. Nas duas décadas seguintes, a busca é pautada na inovação e na estratégia inclusive nas transferências e fluxos de design e conhecimento produtivo.

Sobre esse processo de capacitação tecnológica de sistemas de produção no ambiente *offshore*, é evidente a essencialidade do Programa de Capacitação Tecnológica em Águas Profundas (PROCAP), visto a inovação organizacional que representou. A política de capacitação produtiva e tecnológica do setor SPS no Brasil está atrelada à iniciativa da Petrobras no PROCAP⁶⁷.

Esse programa, além de ser pioneiro na gestão tecnológica do setor, gerou aprendizagens significativas; pois tinha como objetivo capacitar tecnologicamente a Petrobras, os fornecedores nacionais de equipamentos e serviços, as firmas internacionais com plantas produtivas no Brasil e as instituições de pesquisa.

Ainda sobre a questão da capacitação, o desenvolvimento das atividades de formação de pessoal do Centro de Pesquisas Leopoldo Américo Miguez de Mello (CENPES)⁶⁸ permitindo a excelência na capacitação é marcada pela constância de

⁶⁷ Ver mais em Morais (2013)

⁶⁸ Segundo Fachetti (2016), o complexo do CENPES conta com: área total de 308 mil m²; 227 laboratórios e 27 planta-piloto; mais de 8 mil equipamentos e 10 oficinas de manutenção. Além disso, do total de 1775 empregados, 246 são doutores, 414 são mestres e 585 tem nível superior.

propósitos na área de pessoal técnico. Isso era feito através de cursos financiados com vista à alocação em operações específicas. Nas últimas décadas, é o principal braço da petroleira com instituições externas por meio de contratação de pesquisas.

Conforme Morais (2013), há a preocupação com a questão do nivelamento de conhecimentos. Seja este relativo à diferença entre gerações de funcionários e ao aperfeiçoamento em universidades e cursos de excelência. Para tal, são oferecidos cursos de reciclagem interna via troca de conhecimentos e capacitação de colegas.

Um fruto importante dos esforços em capacitação é a instituição da Universidade Petrobras no começo dos anos 2000, a partir do objetivo da empresa em se posicionar como empresa multinacional de energia. Morais (2013) salienta a criação das Escolas de Ciência e tecnologia e da Escola de Gestão de Negócios.

A Petrobras no seu último relatório de tecnologia em 2014 apresenta a sua gestão tecnológica e o seu modelo estratégico em atenção às mudanças de cenário e inovação, demonstrando o interesse em trabalhar integradamente nas diversas áreas da empresa. No nível estratégico, o comitê tecnológico estratégico e o comitê de integração da engenharia, tecnologia e materiais definem as diretrizes e objetivos das carteiras em função dos focos tecnológicos e alocação de recursos. O processo de gestão da tecnologia tem periodicidade anual nos níveis tático e operacional, e bienal no nível estratégico.

Vale notar o trabalho de Morais e Turchi (2016) que analisam o adensamento do sistema de inovação petrolífero e a ampliação das redes de conhecimento da petrolífera. No período 1997-2013, os autores destacam o processo de estruturação do sistema de inovação, a criação da ANP e a adoção das Redes Temáticas em 2006⁶⁹. Além disso, é importante para a expansão do sistema setorial de inovação a instalação de grandes empresas para-petrolíferas no país⁷⁰, especialmente no Parque Tecnológico da UFRJ.

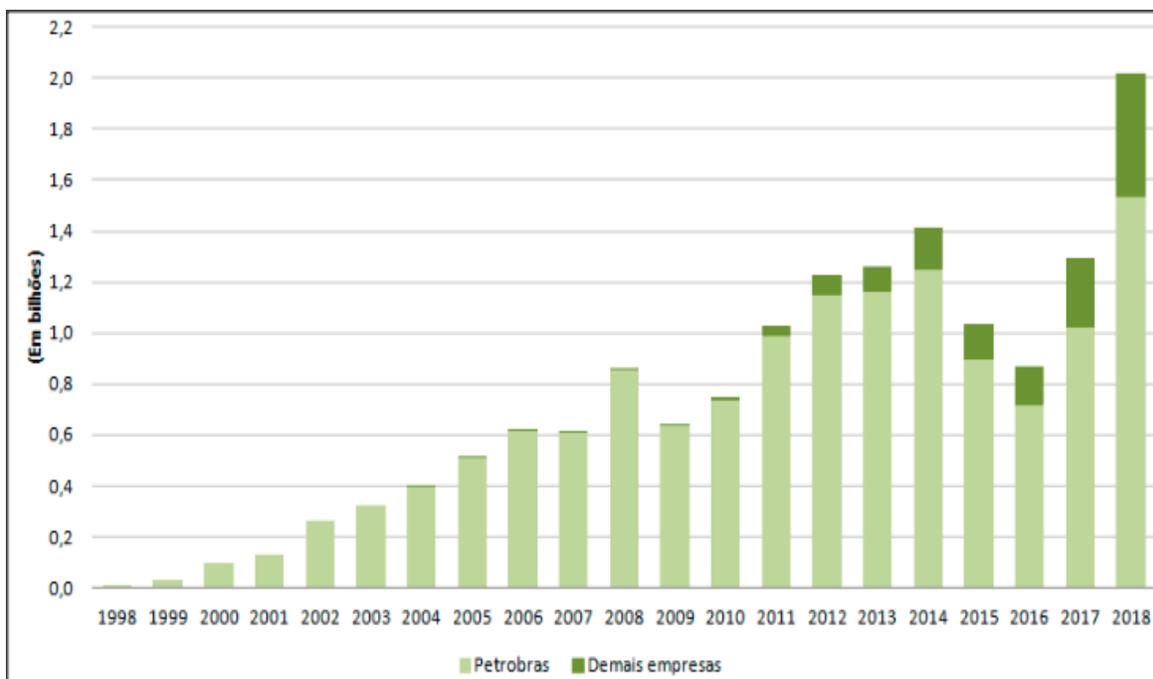
O gráfico 7 abaixo é interessante por demonstrar os níveis dos investimentos da Petrobras gerados pela cláusula de investimentos em PD&I. Apesar de serem obrigatórios e

⁶⁹ A origem das redes temáticas, está relacionada com a descoberta das reservas do pré-sal e a consequente exigência de reformulação das estratégias de gestão tecnológica. Conforme Fachetti (2016), existem 49 redes temáticas e relacionamento com 122 universidades e institutos de pesquisa.

⁷⁰ Schlumberger, Baker Hugues, Halliburton, TechnipFMC, Usiminas, Tenaris Confab, General Electric (GE) e outras.

atrelados à uma política que será discutida mais à frente, o gráfico mostra o quanto se investe neste quesito na indústria de O&G e a importância da petrolífera brasileira mesmo em um ambiente pós quebra do monopólio. Por outro lado, desde 2014 a participação da empresa tem se reduzido em detrimento do aumento das demais petrolíferas, revelando um maior interesse das demais na produção e investimentos em PD&I no país.

Gráfico 7: Volume de obrigações geradas pela cláusula de investimentos em PD&I



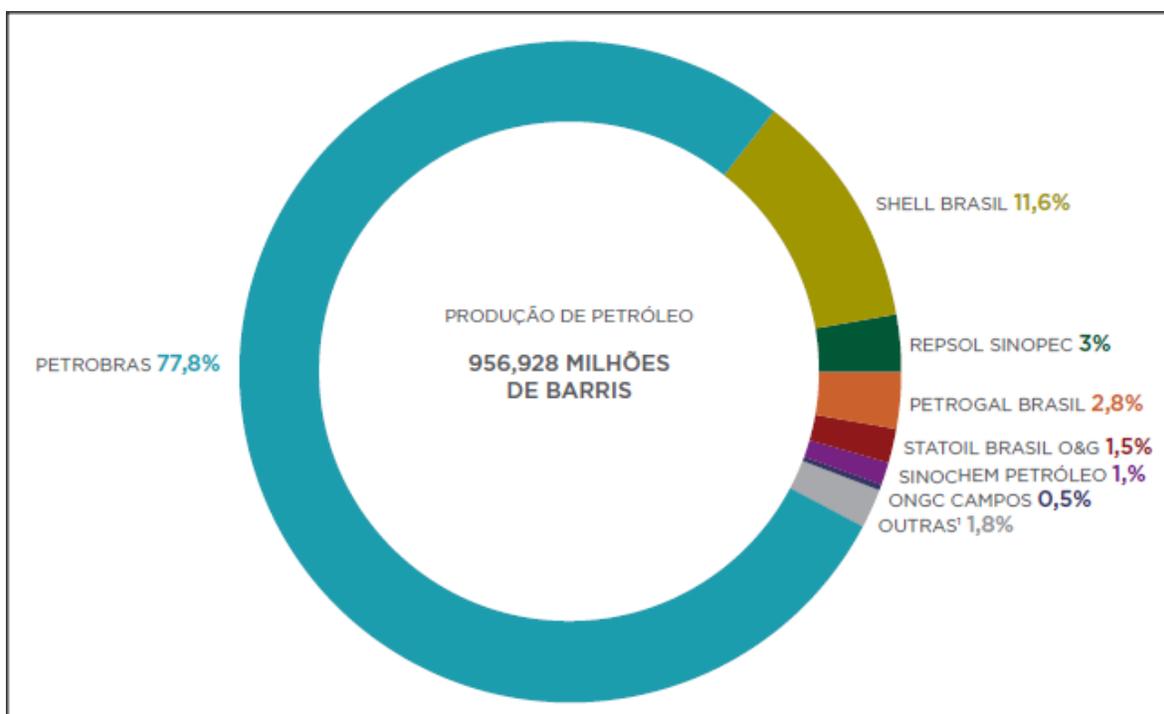
Fonte: ANP (2019)

Em relação ao aspecto produtivo, segundo a ANP (2018), em 2017, a Petrobras é a concessionária com maior participação na produção de petróleo (77,8%) e gás (76,6%) do total; e como operadora a companhia alcança 93,8% da produção de petróleo e 95% do total de gás natural produzido. Por outro lado, a empresa teve redução da participação em relação ao ano anterior.

Para além da Petrobras, as petrolíferas que se destacam são a Shell, Repsol Sinopec, Galp e Equinor (antiga Statoil); se conformando com as cinco principais concessionárias na produção de petróleo como disposto no gráfico 8 abaixo. É preciso notar que nos últimos anos houve maior interesse das demais petrolíferas no ambiente produtivo *offshore*

brasileiro devido ao potencial dos campos e aos resultados produtivos positivos da Petrobras neste espaço. A empresa provou ao restante da indústria que é possível produzir em águas profundas e ultraprofundas a um nível de custo competitivo e as tecnologias submarinas são parte importante deste componente financeiro.

Gráfico 8: Participação das concessionárias na produção de petróleo brasileira (2017)



Fonte: Anuário estatístico da ANP (2018)

A despeito da integração entre as diversas áreas da empresa, podemos citar a existência de diretorias que demonstram a importância de determinadas atividades. Com forte relação com este trabalho podemos citar as seguintes: na diretoria de desenvolvimento da produção e tecnologia, há uma gerência para sistemas submarinos; na diretoria de E&P, existe uma gerência de descomissionamento de ativos; e na diretoria de transformação digital e inovação, temos as gerências de de transformação digital e de robotização e digitalização de processos.

É evidente a necessidade de domínio da tecnologia SPS na direção da superação de desafios tecnológicos e da dinâmica tecnológica intrínseca às atividades e especificidades do ambiente produtivo. A competitividade das petrolíferas inseridas neste contexto pode ser

redefinida no futuro dependendo de tais avanços. Conforme IEL e Pinto Jr. (2018), a Petrobras estima que a incorporação de inovações tecnológicas submarinas a um projeto *offshore* poderia reduzir entre 35% e 40% dos custos em relação a projetos de 2010.

A Petrobras é uma das empresas que se encontram nesta fronteira tecnológica *offshore* e demanda uma grande quantidade de tecnologias e equipamentos submarinos. Em 2019, estima-se que a petrolífera deve fazer novos contratos para equipamentos submarinos para seis grandes projetos, incluindo a revitalização do campo de Marlim. É ainda esperado o investimento da empresa de mais de US\$ 700 milhões em equipamentos submarinos nos projetos em desenvolvimento, sendo 40% em ANM e cabeça de poço. (RYSTAD, 2019)

3.3. SUBSISTEMA DE POLÍTICAS, PROMOÇÃO, REPRESENTAÇÃO E FINANCIAMENTO

A estrutura produtiva e de mercado é influenciada a médio prazo pelos mecanismos e instrumentos de políticas. Desta forma, Cassiolato e Lastres (2008) apontam para um outro subsistema preocupado nas políticas explícitas (industrial; PD&I), nas políticas implícitas (questões macroeconômicas, investimento e comércio), na regulação, na promoção e no financiamento do sistema de inovação.

A intenção aqui é discorrer ao leitor sobre as principais políticas capazes de afetar o desenvolvimento econômico e tecnológico do SPS brasileiro. Desde a Lei do Petróleo de 1997, o Brasil dispõe de um conjunto de instrumentos de política de inovação com o objetivo de auxiliar e promover o desenvolvimento do conhecimento, mercado e inovações na indústria. Apesar de não haverem políticas específicas acerca do SPS iremos destacar as principais políticas que o afetam nas seções seguintes.

Nos últimos anos no Brasil, houveram revisões de políticas públicas com o objetivo de minorar algumas dificuldades enfrentadas pelas petroleiras, especialmente no período de maior queda do preço do petróleo. Algumas regulamentações foram revisadas e a questão seria o atraso imposto por certas regulamentações e restrições de infraestrutura do país.

Algumas políticas visam garantir investimentos e possibilitar linhas de financiamento de PD&I, outras concedem benefícios às empresas que dispõem seu esforço financeiro, produtivo e de inovação no Brasil.

Desta forma, serão destacadas em duas seções as políticas pautadas no desenvolvimento operacional da indústria petrolífera e as políticas voltadas para o fomento e financiamento da inovação. São abordadas as seguintes políticas públicas: calendário de rodadas de licitação, política de conteúdo local, Pedefor, Repetro-Sped, política de compras das estatais, regulamentações de integridade dos ativos, cláusula de investimento em PD&I, CT-Petro, e Programa ANP-PRH.

3.3.1. As políticas públicas para o desenvolvimento operacional da indústria

Atentando para a possibilidade de avanço e impactos no SPS, se apresenta e discute os principais regulamentos e disposições legais para promoção do desenvolvimento da indústria petrolífera brasileira. A ideia é descrever e expor opiniões de como as petroleiras e, em especial, as fornecedoras do SPS podem ser atingidas pelas regulamentações.

Inicialmente, é preciso esclarecer que uma política fundamental para a trajetória de desenvolvimento do parque fornecedor local do SPS até o início da década de 2010 foi o Programa de Mobilização da Indústria Nacional de Petróleo e Gás Natural (Prominp). Porém, este parou de funcionar em 2014 com a crise financeira e a Operação Lava-Jato. A ideia era que o programa fosse absorvido pelo Programa de Estímulo à Competitividade da Cadeia Produtiva (Pedefor) explicitado mais à frente nesta seção.

O Prominp tinha um papel de articulador das demandas industriais e Oliveira (2019) destaca o fomento de atividades como a oferta de cursos profissionalizantes, a instalação de laboratórios, a disponibilização de crédito aos fornecedores e os estudos de identificação de gargalos estratégicos da cadeia doméstica.

3.3.1.1. Calendário de rodadas de licitação

O Brasil passou por um período com poucas rodadas de licitação e blocos de exploração e produção disponíveis. Quanto aos contratos de concessão, a 12^a rodada de licitações ocorreu em 2013 e a 13^a em 2015, e posteriormente apenas em 2017 e 2018, respectivamente. As rodadas de licitações de contratos de partilha tiveram seu início em

2013, mas a 2ª e 3ª rodadas só vieram a ocorrer em 2017, justo em um ambiente exploratório com enorme potencial e necessidade de avanços na fronteira tecnológica. As 4ª e 5ª rodadas foram realizadas em 2018.

Com a intenção de promover a previsibilidade das operações na indústria petrolífera brasileira, em abril de 2017 foi criado um calendário plurianual de rodadas de licitações de blocos exploratórios da ANP seguindo as diretrizes do Ministério de Minas e Energia (MME) por meio do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE).

O CNPE, pelo mesmo motivo, autorizou também a oferta permanente de áreas devolvidas e áreas autorizadas não contratadas em rodadas anteriores. A ANP (2019) estima que sejam 2 mil áreas neste tipo de oferta até o final de 2019.

Essa previsibilidade de rodadas de licitações constitui-se em uma novidade considerada como um avanço na política governamental de E&P do setor de O&G. A divulgação de uma agenda de leilões com horizonte de cinco anos passou a ser uma exigência legal e possibilita a oferta permanente de centenas de áreas de blocos não arrematados ou devolvidos à ANP.

A tendência é que as petroleiras possam programar melhor seus investimentos e operações a médio prazo de acordo com o interesse nos blocos. Isso pode aumentar o potencial das receitas com o percentual mínimo de excedente em óleo ofertado nas licitações, além de prover a toda cadeia industrial petrolífera uma previsão das possíveis demandas produtivas e tecnológicas.

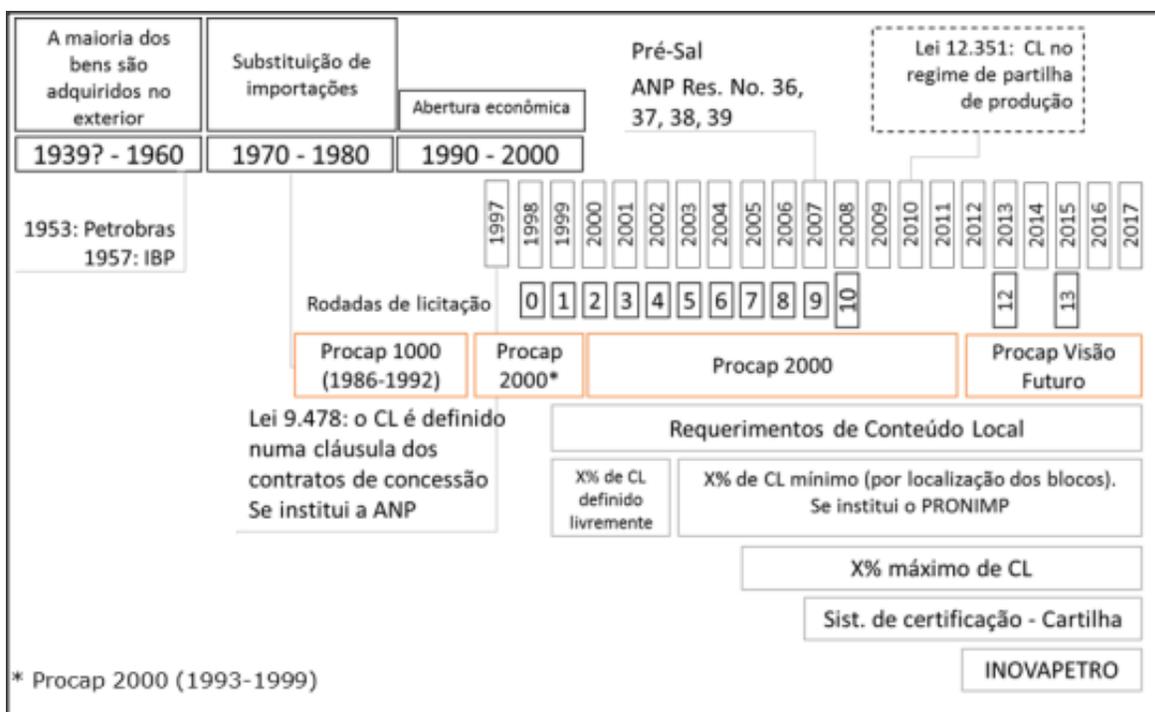
Segundo a ANP (2019), estão em andamento e ainda faltam assinar contratos a 14ª, 16ª e 17ª rodada de concessão; a 6ª rodada de partilha da produção; e a rodada do excedente da Cessão Onerosa⁷¹. Outras rodadas já estão sendo planejadas conforme deliberação do CNPE, são elas: a 18ª rodada de concessão para 2021, a 7ª rodada de partilha para 2020 e a 8ª rodada de partilha para 2021. Além disso, existem áreas em oferta permanente devido a campos devolvidos e blocos exploratórios não arrematados ou devolvidos de licitações.

⁷¹ Conforme visita ao site da instituição realizada no dia 20 de dezembro de 2019.

3.3.1.2. Política de conteúdo local

A política de conteúdo local (PCL) estabelece que seja dada uma preferência à contratação de bens e serviços de fornecedores brasileiros nos casos de ofertas semelhantes em preço, qualidade e prazo com as de outros fornecedores convidados. Essa política visa o aumento da participação da indústria nacional nos projetos de E&P em bases competitivas.

Figura 9: Histórico e principais acontecimentos relacionados com o Conteúdo Local no Brasil até 2017



Fonte: Almeida et al (2016) apud Martinez (2014)

A PCL no Brasil remonta à política de substituição das importações com o fim de desenvolver os fornecedores locais, liderados pela Petrobras⁷². A política é aplicada pela

⁷² Segundo Almeida et al (2016), os pilares da política à época foram: incentivos para transferir tecnologia às empresas brasileiras através do estabelecimento de licenças contratuais e parcerias; criação de uma agência de comércio (ABDIB), para estabelecer normas e padrões de qualidade; criação do departamento de aquisições da Petrobras para qualificar provedores, oferecer capacitação técnica e desenvolver novos produtos inexistentes no mercado brasileiro; e aumentar os preços no mercado de abastecimento interno.

ANP desde a 1ª rodada de licitações de blocos de E&P em 1999 por meio da cláusula de percentuais de conteúdo local nos contratos de concessão. Isso pode se verificar na figura 9.

A ANP fiscaliza o conteúdo local exigido por meio da acreditação. Este é o processo de verificação do cumprimento para a certificação de conteúdo local, o qual depende de organismos de certificação acreditados pela agência para medição de bens e serviços aplicados na E&P petrolífera.⁷³

O regramento da ANP referente à cláusula de conteúdo local é a Resolução ANP 19/2013. São instituídos a abrangência aplicável aos contratos de fornecimento para certificação de conteúdo local; o processo de certificação; a documentação; a emissão e cancelamento; a auditoria e controle da certificação; e as responsabilidades das certificadoras. Além disso, neste existem dois anexos: o Modelo do Certificado de Conteúdo Local e a Cartilha de Conteúdo Local para definir os critérios de cálculo dos itens pelas certificadoras responsáveis.

Entretanto, algumas exigências percentuais não foram cumpridas e a ANP aplicou muitas pesadas em várias concessionárias, sendo a maior à BG Group (atual Shell) coletando o valor de R\$ 192 milhões. Entre 2011 e 2016, foram aplicadas 110 multas e o valor total de mais R\$ 571 milhões foi recolhido. Sem dúvida, isso configurou-se em um custo alto às operadoras e força as operadoras a incorporar em seus planos de investimento os riscos do ambiente tecnoeconômico. (ALMEIDA ET AL, 2016)

Para Almeida e Losekann (2016b), o aprofundamento da análise de custos e benefícios da PCL deveria ao mesmo tempo, manter ou aumentar os benefícios conquistados e reduzir os custos para os investimentos em E&P. Assim, o reconhecimento dos *trade-offs* existentes entre níveis de conteúdo local, competitividade, custos e investimentos poderia promover uma trajetória que compense uma redução das exigências.

Alguns desses questionamentos e dificuldades enfrentadas, suscitaram novas ações para promoção de tal política. Como estudado por Clavijo (2016), a PCL evolui através de um processo de tentativa e erro, sem um procedimento estruturado de avaliação desta política de governo, sendo resultado de um embate de interesses dos principais *stakeholders* frente aos problemas constatados.

⁷³ A Resolução ANP nº19/2013 define a metodologia para medição.

Desta forma, segundo a ANP (2019), a Resolução CNPE nº 7/2017 de abril de 2017 definiu um novo modelo de conteúdo local para os contratos posteriores. O conteúdo local deixou de ser um fator considerado na pontuação das ofertas e houve a redução dos percentuais mínimos; além disso, a ideia foi simplificar os compromissos das empresas. A exigência para áreas marítimas é um compromisso global de 18% para a fase de exploração e, no caso da etapa de desenvolvimento, foram fixados compromissos mínimos para três macrogrupos: construção de poços (25%); sistema de coleta e escoamento (40%); e unidade estacionária de produção (25%).

Em 2018 houveram novas alterações na PCL e a Resolução ANP nº 726/2018 regulamentou os mecanismos contratuais de transferência de excedente e de revisão de conteúdo local e isenções (*waiver*) de multa autorizados mediante juízo discricionário da ANP. Esta resolução também possibilitou o aditamento dos contratos com novas exigências de conteúdo local⁷⁴ com a contrapartida da extinção do direito de *waiver* e, no mesmo ano, foi encerrada a lista especificada dos produtos abrangidos na certificação.

Conforme a ANP (2019), os pedidos de *waiver* são aplicáveis em casos de inexistência de fornecedor nacional, de preço ou prazo excessivos e de nova tecnologia; sendo necessária a submissão à consulta pública para dar oportunidade de manifestação e exposição das partes interessadas. A solicitação da operadora deve indicar os motivos e justificativas para o não cumprimento do conteúdo local originalmente não contratado.

Encerrando a discussão sobre esta importante política, vale mencionar o Programa de Estímulo à Competitividade da Cadeia Produtiva, ao Desenvolvimento e ao Aprimoramento de Fornecedores do Setor de Petróleo e Gás Natural (Pedefor)⁷⁵. Contrapondo o modelo punitivo da PCL visto anteriormente, o Pedefor foi criado em 2016 e não chegou a vigorar pois foi revogada em novembro de 2019 pelo presidente Bolsonaro através do Decreto nº 10.087/2019.

⁷⁴ Para os projetos no mar, os mesmos percentuais da Resolução CNPE nº 7/2017 são exigidos, com exceção da unidade estacionária de produção, a qual foi segmentada em macrogrupos (engenharia; máquinas e equipamentos; e construção, integração e montagem) com 40% cada.

⁷⁵ Os objetivos do programa eram: elevar a competitividade da cadeia produtiva de fornecedores no Brasil; estimular a engenharia nacional; promover a inovação tecnológica em segmentos estratégicos; ampliar a cadeia de fornecedores de bens, serviços e sistemas produzidos no país; ampliar o nível de conteúdo local dos fornecedores já instalados; e estimular a criação de empresas de base tecnológica.

A ideia do programa era prover incentivos e bonificações às empresas alterando a relação fundamentalmente baseada em medição/multa devido ao descumprimento dos percentuais contratados de PCL e atender a outros aspectos para além da aquisição de equipamentos.

Muitas iniciativas adotadas pelas operadoras geravam impactos positivos na indústria, mas não estavam dispostas em regulamento, não sendo mensuradas e reconhecidas para efeitos do cálculo de conteúdo local. Segundo Almeida et al (2016), o governo reconheceu à época que as regras de PCL poderiam reduzir a atratividade dos investimentos em E&P devido às vultuosas multas e que haveriam outras formas de promoção de conteúdo local na indústria.

3.3.1.3. Repetro-Sped

O Repetro foi instituído em 1999 e é o regime aduaneiro especial de desoneração tributária de exportação e importação de bens destinados às atividades de pesquisa e de lavra das jazidas de petróleo e gás. A partir de 2017 este regime foi modernizado e cunhado de Repetro-Sped⁷⁶ (Sistema Público de Escrituração Digital). O qual é disposto pela Instrução Normativa (IN) da Receita Federal do Brasil (RFB) nº 1781/2017.

O antigo Repetro não é o foco desta seção, pois desde 2018 não permite sua aplicação à equipamentos submarinos, dutos e linhas⁷⁷; mas embasa o Repetro-Sped e por isso foi citado. O Repetro-Sped é uma política importante pois auxilia as empresas multinacionais nas trocas relacionadas à dinâmica das cadeias globais e é um fator de atratividade de investimentos e de instalações de infraestruturas no país. O SPS se insere nisto e muitos componentes, partes e insumos de equipamentos e dutos submarinos tem origem no exterior.

⁷⁶ O nome Repetro-Sped tem relação com a centralização das responsabilidades e meio de verificação que ficou a cargo do Sistema Público de Escrituração Digital, não sendo mais necessário o sistema de controle instituído pela RFB.

⁷⁷ Ver IN RFB nº 1415/2013 Art. 3; onde se altera em março de 2018 por meio da IN RFB nº 1802/2018 a aplicação do Repetro.

Segundo a Receita Federal (2019), o Repetro-Sped estará vigente até o ano 2040 e é composto por quatro modalidades de regimes: i) um regime aduaneiro especial de admissão temporária para utilização econômica com dispensa do pagamento proporcional, (parte do Repetro original); ii) um regime aduaneiro especial de admissão temporária para utilização econômica com pagamento proporcional; iii) um regime tributário especial de importação definitiva com suspensão total; e iv) um regime tributário especial de industrialização⁷⁸.

Os benefícios do Repetro-Sped consideram habilitações da operadora, da contratada da operadora e da subcontratada desta e abrangem bens como embarcações (navios-tanque, navios de pesquisa e navios de suporte); máquinas, aparelhos, instrumentos, ferramentas e equipamentos diversos (inclusive, por exemplo, ANM, bombas centrífugas, *manifold*, PLEM, sensores); plataformas de perfuração e exploração; linhas, dutos e umbilicais; e estruturas especialmente concebidas para suportar plataformas de petróleo.

Por outro lado, segundo a Receita Federal (2019), os benefícios são vedados para bens com valor aduaneiro unitário inferior a US\$ 25 mil; para tubos destinados ao transporte da produção⁷⁹; no caso da utilização econômica não for exclusivamente feita nos locais indicados em contratos de E&P; e no caso dos bens que estiverem vinculados a contrato de arrendamento mercantil financeiro.

O Repetro-Sped mesmo que ainda recente, recebe algumas críticas em dois pontos especialmente. O primeiro é quanto às similaridades das restrições impostas ao regime de bens de permanência e ao regime de bens de importação temporária. O outro é o engessamento do regime a uma lista de bens em uma indústria que busca avançar na fronteira tecnológica.

⁷⁸ O Decreto Nº 9537/2018 institui tal regime de industrialização de bens destinados à E&P petrolífera. O Repetro-Industrialização aplica-se às matérias-primas, aos produtos intermediários e aos materiais de embalagem destinados ao processo produtivo de produtos finais. Os tributos suspensos são: imposto de Importação; imposto sobre Produtos Industrializados; contribuição para os Programas de Integração Social e de Formação do Patrimônio do Servidor Público incidente na importação de produtos estrangeiros ou serviços; contribuição para o Financiamento da Seguridade Social devida pelo importador de bens estrangeiros ou serviços do exterior; contribuição para os Programas de Integração Social e de Formação do Patrimônio do Servidor Público; e contribuição para o Financiamento da Seguridade Social.

⁷⁹ É vedada a aplicação do Repetro-Sped se o bem tiver por finalidade transportar hidrocarbonetos líquidos para áreas de armazenagem situadas em terra ou para o exterior.

3.3.1.4. Política de compras das Estatais

Como discutido, a Petrobras representa grande parte da demanda de bens e serviços relativos ao SPS. Neste sentido, as empresas fornecedoras ficam dependentes da demanda da petrolífera para operar no país. Por sua vez, a companhia precisa repassar à sociedade brasileira os resultados e, conseqüentemente, os procedimentos pelos quais são regidas suas ações e escolhas.

A Petrobras como empresa de economia mista atende ao estatuto jurídico disposto na Lei das Estatais (13.1303/2016) estabelecendo procedimentos e responsabilidades. Tal lei determina que todas as contratações devem ser por meio de licitação pública, abrindo oportunidade para todos interessados com condições de atender os requisitos dispostos em edital.

Como resposta à Lei das Estatais, a companhia elaborou o Regulamento de Licitações e Contratos da Petrobras (RLCP) que foi publicada no em julho de 2018. Segundo este documento existem duas formas de contratação: por licitação e por contratação direta. No caso de contratação por licitação, existem o modo de disputa aberto, disputa fechada, disputa combinado e rito do pregão⁸⁰. Já o caso de contratação direta é aplicado quando há inaplicabilidade de licitação, dispensa de licitação e inexigibilidade de licitação nos casos de inviabilidade de competição.

Para além das regulações que regem as relações entre a petrolífera e as fornecedoras apresentadas nas Condições de Fornecimento de Materiais (CFM) de 2018 e o edital com os requerimentos técnicos de habilitação de licitantes e suas práticas e de verificação de conformidade; três aspectos da política de compras das estatais merecem atenção especial pois afetam o modo operante dos fornecedores no SPS brasileiro.

(1) A contratação por licitação tem como método único de seleção a escolha da menor oferta para o fornecimento dos bens e serviços descritos em edital. A empresa pode

⁸⁰ Para mais detalhes ver o site institucional da empresa na área de licitações. Segundo a Petrobras (2019), para licitações de bens e serviços que possuem padrões de desempenho e qualidade objetivamente definidos por meio de especificações usuais no mercado, será preferencialmente utilizado o rito do pregão. Nesses casos as licitações serão processadas e julgadas por pregoeiro. A disputa aberta é caracterizada por propostas abertas e sequenciais conforme critério de julgamento adotado, diferentemente da fechada em que as propostas são sigilosas até o momento da divulgação.

indicar em edital que o menor custo de um serviço pode ser referente a um período pré-determinado, evitando que o fornecedor seja moroso na prestação deste por estar recebendo diariamente por exemplo.

O problema está na impossibilidade de utilizar outros critérios para a seleção de ofertas, mesmo que um produto possa ser considerado tecnicamente mais vantajoso em termos de custo-benefício. Isso deixa de fora, por exemplo, vantagens que os fornecedores poderiam prover como tempo de entrega menor e alguma tecnologia adicional.

(2) Outro aspecto que afeta a forma de operar das fornecedoras nesta política, são as diversas especificações técnicas e requisitos exigidos por edital que por vezes fogem do usual no mercado do SPS. Por meio do edital de licitação e seus adendos, são expostos os requerimentos para contratação de bens e serviços relacionados aos requisitos de habilitação e cadastro de licitantes, aos requerimentos de inspeção e verificação de conformidade dos insumos e processos, e às normas técnicas de práticas nas atividades.

A companhia tentou minorar isso com a criação do Catálogo de Padronização para a contratação, de modo a nortear os fornecedores acerca de exigências já estabelecidas e consolidadas no mercado brasileiro. Porém, este pode sofrer adaptações para adequar a documentação às especificidades de alguma contratação.

Além disso, efetuou mudanças nos requerimentos de inspeção, demonstrando a intenção de intervir menos no processo fabril do fornecedor de modo a agilizar a produção, a reduzir os prazos de fabricação, a melhorar a eficiência dos sistemas de gestão da qualidade dos fornecedores e a aumentar a conformidade dos bens com as especificações contratadas pela Petrobras.

(3) Encerrando esta discussão, é importante frisar que o processo de entrada de uma tecnologia ofertada por um fornecedor respeita uma avaliação técnica da Petrobras e a sua inserção nas licitações é demorada, devido à necessária prestação de contas da empresa aos órgãos competentes. Isso reforça a padronização das demandas da Petrobras por um período maior de tempo do que talvez fosse necessário. É mais um fator de engessamento na utilização de produtos na fronteira tecnológica.

A companhia detém de grande fatia do mercado e determina, também por meio desta política, o direcionamento e enfoque nas tecnologias e soluções desejadas; e a

dinâmica inovativa e comercial do mercado. Isso pode se conformar em um limitador dos processos de inovação por parte das fornecedoras.

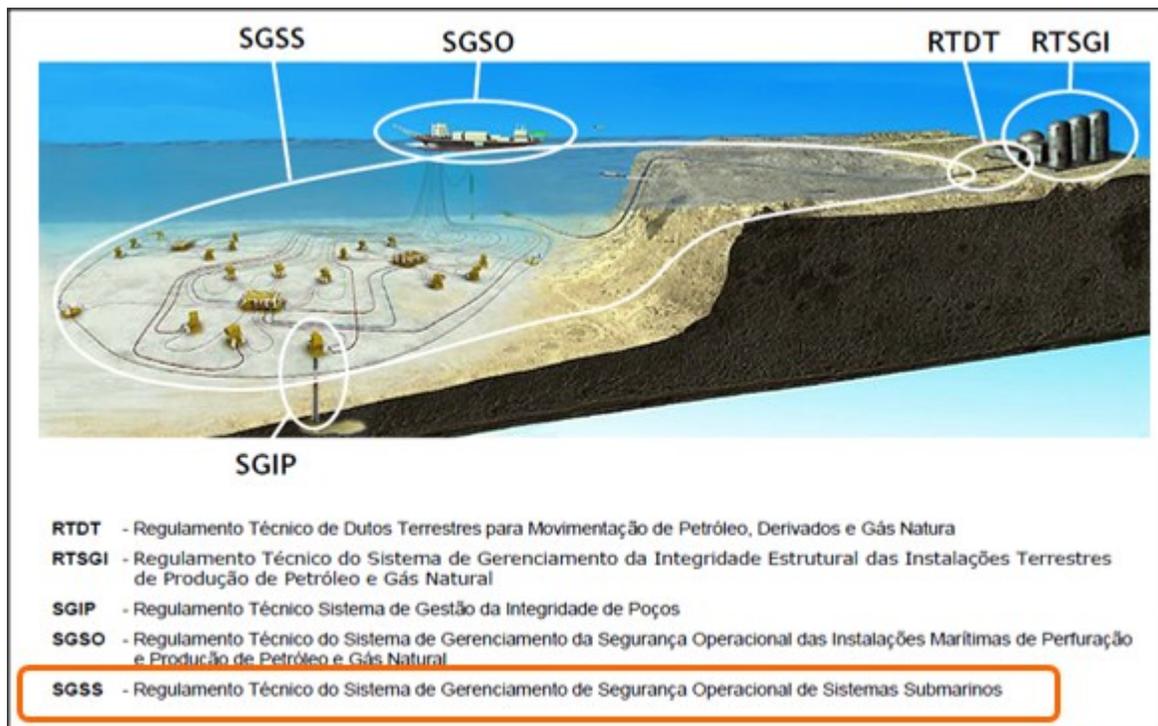
3.3.1.5. Regulações de integridade dos ativos

O gerenciamento da integridade do Sistema Produtivo Submarino (SPS) tem ganhado importância a nível mundial pela questão da redução de custos com o possível alongamento da vida útil dos equipamentos e devido à segurança operacional e do meio ambiente. Segundo Siqueira (2018), no Brasil, a ANP notou tal importância e observou a existência de fatores de risco para ocorrências de incidentes críticos com maior frequência: desconhecimento dos SPS nos campos brasileiros, ausência de atividades de fiscalização dos SPS, instalações antigas e demanda crescente.

Desta forma, a agência procura regular o gerenciamento da integridade do SPS por meio da Resolução ANP Nº 41/2015, cunhada de Sistema de Gerenciamento de Sistemas Submarinos (SGSS). Esta, então, é o foco da nossa exposição e abrange a maior parte das tecnologias e operações relativas ao SPS como o sistema de coleta da produção *offshore*; o sistema de escoamento da produção *offshore*; os trechos submersos de dutos terrestres; os umbilicais; e as unidades de processamento submarino.

Podemos destacar outros dois regulamentos relativos ao SPS: o de Segurança Operacional das Instalações Marítimas de Perfuração e de Produção (SGSO) e o Sistema de Gerenciamento da Integridade de Poços (SGIP), onde se inclui o conjunto de ANM e cabeça de poço. A disposição destes no ambiente produtivo se encontra na figura 10.

Figura 10: Disposição das Resoluções da ANP no ambiente *offshore*



Fonte: Siqueira (2018)

Todos os regulamentos técnicos citados se baseiam em diretrizes para práticas de gestão e de desempenho das operadoras. A ideia é prover requisitos e padrões mínimos de segurança operacional e de preservação do meio ambiente, orientar as operadoras na melhoria contínua das operações e ter a comprovação do controle dos riscos.

A diferença entre o SGSS e o SGIP e SGSO está na extensão a outras práticas relacionadas às instalações e tecnologias como: projeto; fabricação e instalação; operação; gerenciamento da integridade; reutilização; extensão de vida útil; e descomissionamento e desativação.

O SGSS é um modelo regulatório majoritariamente não prescritivo, no qual o regulador estabelece diretrizes a serem seguidas pelo operador. A ideia é buscar melhor performance através de um sistema de segurança operacional adaptado às características de cada instalação, de uma postura de incentivo à inovação tecnológica e de monitoramento permanente do desempenho operacional. (SIQUEIRA, 2018)

Estas diretrizes regulamentares abrem um precedente para a necessidade de desenvolvimentos tecnológicos e de novos negócios no SPS. Até porque, as operadoras são exigidas a atuar dentro destas práticas e a apresentar um Programa de Gerenciamento da Integridade para comprovar que a operação e logística é segura. Conforme Siqueira (2018), os principais desafios são quanto a construção do histórico de dados de integridade dos dutos; às inspeções e testes; à metodologia para extensão de vida útil; e a eliminação da subnotificação de incidentes.

Desta forma, a ANP espera melhorias no monitoramento e registro das condições operacionais por todo o ciclo de vida das instalações submarinas, por meio da criação de um banco de dados com informações confiáveis e a efetiva comunicação dos incidentes. Isso garantiria para a agência a melhoria do desempenho de segurança dos sistemas submarinos e a redução de incidentes.

Apesar de alguns desafios, estas regulações buscam o aprimoramento das operações em convergência com as principais regulações internacionais e, mais do que isso, fazer com que as empresas enxerguem a importância de gerenciar a integridade dos ativos para evitar riscos operacionais e preservar o meio ambiente. O SPS brasileiro precisa se alinhar às mudanças recentes e o desenvolvimento tecnológico é um componente importante disso.

3.3.2. Fomento e apoio financeiro à inovação

As políticas de apoio financeiro para o investimento às infraestruturas e operações petrolíferas são reduzidas e pontuais. O último programa de investimento direcionado aos fornecedores da indústria petrolífera foi lançado em 2011 e encerrado em 2015, no BNDES, no âmbito do Programa de Apoio ao Desenvolvimento da Cadeia de Fornecedores de Bens e Serviços relacionados ao setor de Petróleo e Gás Natural (BNDES P&G). A preocupação do programa estava no desenvolvimento e ampliação da cadeia produtiva local e teve um orçamento de R\$ 4 bilhões.

Por outro lado, os recursos voltados para projetos de PD&I apresentam importante abrangência seja por meio de política pública ou por meio institucional. Mais de R\$ 2 bilhões foram investidos em 2018 em projetos de PD&I no Brasil. São expostos a seguir: a

cláusula de investimento em PD&I, o CT-Petro e o Programa de Formação em Recursos Humanos da ANP.

Um importante programa de PD&I dos anos 2010, o Programa InovaPetro, não se insere nesta seção, pois teve vigência até 2017. Foi uma iniciativa, conjunta da FINEP e do BNDES com o apoio técnico da Petrobras, e teve foco em linhas de projetos voltados ao processamento de superfície, às instalações submarinas e às instalações de poços.

3.3.2.1. Cláusula de investimento em Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I)

A partir da Lei do Petróleo e a instituição da ANP, a agência tem como atribuição o estímulo da pesquisa e adoção de novas tecnologias nos contratos celebrados entre a agência e as petrolíferas. Por meio da cláusula de PD&I se estabelece a aplicação de um percentual da receita bruta da produção dependendo da modalidade do contrato.

Os valores podem ser utilizados pela própria petrolífera, em empresas brasileiras⁸¹ ou em instituições credenciadas na agência. Quando há um consórcio de companhias petrolíferas cada empresa deve se responsabilizar pela sua proporção produtiva na realização dos investimentos.

No caso dos contratos de concessão, a obrigação está relacionada ao recolhimento dos valores de “participação especial”, uma receita governamental atrelada à campos de elevada produtividade ou rentabilidade. É exigido o investimento no montante de 1% da receita bruta da produção para os quais a participação especial é devida. Acerca dos contratos de partilha, a porcentagem é de 1% da receita bruta da produção; enquanto nos contratos de cessão onerosa o valor é de 0,5% de tal receita.

A aplicação dos recursos até a décima rodada de licitação de contratos de concessão deve ter destinação de pelo menos 50% às instituições credenciadas e o restante executado em instalações próprias da petrolífera no Brasil, ou junto a empresas brasileiras.

⁸¹ Conforme a ANP, uma empresa brasileira é uma organização econômica, devidamente registrada na Junta Comercial ou no Registro Civil das Pessoas Jurídicas, instituída para a produção ou a circulação de bens ou de serviços, com finalidade lucrativa, constituída sob as leis brasileiras e com sede de sua administração no Brasil. (Art. 60, DL 2.627/40 e Art. 1.126, Lei Nº 10.406/2002).

Nas rodadas 11, 12, 13 de contratos de concessão e na rodada 1 de partilha da produção, é exigido que pelo menos 50% seja aplicado em instituições credenciadas, pelo menos 10% seja aplicado em empresas brasileiras e o restante pode ser destinado à instalação da própria empresa petrolífera no Brasil, ou contratados junto a empresas brasileiras e a instituições credenciadas.

A partir da rodada 14 de concessão e da rodada 2 de partilha a exigência foi alterada. As instituições credenciadas receberão entre 30% e 40% dos recursos e as empresas fornecedoras a mesma faixa percentual. O restante será destinado à empresa petrolífera ou às empresas fornecedoras. Quanto à contratos de cessão onerosa, o montante deve ser integralmente aplicado em instituições credenciadas.

Quadro 9: Atividades admitidas para aplicação dos recursos da cláusula de PD&I

Empresa Petrolífera	Projeto ou programa de pesquisa básica, pesquisa aplicada ou desenvolvimento experimental
	Projeto destinado à construção de protótipo ou de unidade piloto resultante de atividade de pesquisa e desenvolvimento tecnológico realizada no País
Empresa Brasileira	Projeto ou programa de pesquisa aplicada ou desenvolvimento experimental, incluída pesquisa em meio ambiente
	Projeto destinado à construção de protótipo ou de unidade piloto resultante de atividade de pesquisa e desenvolvimento tecnológico realizada no País
	Programa tecnológico para desenvolvimento e capacitação técnica de fornecedores
	Projeto específico de tecnologia industrial básica
	Projeto específico de engenharia básica não rotineira
Instituição Credenciada	Projeto ou programa de pesquisa básica, pesquisa aplicada ou desenvolvimento experimental
	Projeto para estudo de bacias sedimentares de nova fronteira que envolva a atividade de aquisição de dados geológicos, geoquímicos e geofísicos
	Programa específico de formação e qualificação de recursos humanos
	Projeto destinado à construção de protótipo ou de unidade piloto resultante de atividade de pesquisa e desenvolvimento tecnológico realizada no País
	Projeto específico de melhoria de infraestrutura laboratorial
	Projeto específico de apoio à instalação laboratorial de P,D&I
	Projeto específico de engenharia básica não rotineira em co-execução com Empresa Brasileira

Fonte: Elaboração própria a partir do Regulamento Técnico ANP N°3/2015

Como disposto no quadro 9, os recursos são aplicados na execução de projetos ou programas⁸² com variados fins pelas empresas petrolíferas ou filiada com instalações no

⁸² A ANP define os projetos como uma investigação científica ou tecnológica com vistas à obtenção de resultados de causa e efeito ou colocação de fatos novos em evidência. Já os programas visam a solução de problemas e podem ter projetos de investigação vinculados.

Brasil, empresas brasileiras e instituições credenciadas. Vale ressaltar, que dependendo do projeto é necessária uma autorização da ANP⁸³, a qual realiza uma avaliação do plano de trabalho encaminhado pelas companhias petrolíferas.

Segundo a ANP (2019), de novembro de 2005 a março de 2019 foram autorizados 1624 projetos, sendo efetivamente contratados em torno de 1250. A Petrobras e a Shell detêm maior participação em número de projetos (87,9% e 4,2% respectivamente) e valores (90,5% e 5,9%, respectivamente). Conforme IEL e Pinto Jr (2018), entre 2006 e 2017, 69,6% das autorizações estão voltadas para projetos relacionados à infraestrutura laboratorial e 16,9% para formação de recursos humanos.

O valor acumulado de investimentos no período de 1998 e 2018, segundo a ANP (2019) foi de R\$ 15,37 bilhões. A Petrobras representou 90,4% desse acumulado, seguido da Shell com 4,8%. O gráfico 8 na seção 3.2.2 mostra a evolução deste indicador; por sinal semelhante à variação do preço do petróleo, pois está atrelado à receita, com sucessivos aumentos até 2014 e queda entre 2015 e 2016. O ano de 2018 gerou o recorde de obrigações e, além disso, aponta para uma tendência de redução da participação relativa da Petrobras, já que as demais empresas petrolíferas chegaram a 24% do total anual de R\$ 2,017 bilhões.

Assim, por meio desta política são disponibilizados recursos financeiros de extrema importância para o desenvolvimento de tecnologias e de competências em âmbito nacional. Entretanto, a série de exigências documentais e a distribuição e uso discricionário dos recursos é alvo de discussão. Por esses motivos, a ANP abriu consulta pública no mês de abril de 2019 para uma revisão do regulamento técnico desta cláusula. A proposta da agência tem como intenção aprimorar e simplificar a aplicação dos recursos e fortalecer o resultado da inovação.

⁸³ Os tipos de projetos que passam por tal crivo são: programa tecnológico para desenvolvimento e capacitação técnica de fornecedores; projeto específico de melhoria de infraestrutura laboratorial; projeto para estudo de bacias sedimentares de nova fronteira que envolva a atividade de aquisição de dados; projeto específico de tecnologia industrial básica; programa específico de formação de recursos humanos; projeto específico de engenharia básica não rotineira; e projeto específico de apoio a instalações laboratoriais de PD&I.

3.3.2.2. CT Petro

O Plano Nacional de Ciência e Tecnologia do Setor Petróleo e Gás Natural (conhecido como CT-Petro), segundo a FINEP (2019), é um fundo criado em 1999 com o objetivo de estimular a inovação e parcerias na cadeia produtiva da indústria petrolífera e de formar e qualificar recursos humanos. A expectativa é que isso auxilie no aumento da produtividade, na redução de custos e preços e na melhoria da qualidade.

O CT-Petro é o primeiro dos fundos setoriais contemplados pelo Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT) e é gerido por um comitê gestor. Os executores deste são o FINEP e o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a origem dos recursos advém de 25% da parcela da União do valor dos *royalties* que exceder a 5% da produção de petróleo e gás natural.

São disponibilizados para ações de estudos, projetos de pesquisa, projetos de apoio à infraestrutura de PD&I, bolsas de estudo e eventos. Se incluem como itens financiáveis o custeio de diárias e passagens, material de consumo, e serviços de terceiros. Além disso, há financiamento para obras civis, instalações, aquisição de equipamentos e de material permanente.

O público alvo do CT-Petro são órgãos ou entidades da administração pública e entidades privadas sem fins lucrativos. As empresas são estimuladas a participar técnica e financeiramente, e podem ser signatárias dos convênios por meio de manifestação de interesse na parceria com as instituições de pesquisa. Os projetos com esse perfil têm preferência em relação aos demais. Porém, uma crítica é sobre o alto nível de exigência nos projetos e de documentação, os quais nem sempre chegam a ter aplicabilidade ou resultados mais efetivos em um contexto em que os recursos não são a fundo perdido.

3.3.2.3. Programa de Formação de Recursos Humanos da ANP

Em 1999, o Programa de Formação de Recursos Humanos da ANP (PRH-ANP) foi criado com o intuito de estimular as instituições de ensino a organizar e oferecer aos alunos especializações profissionais estratégicas ao desenvolvimento da indústria petrolífera no

Brasil. Assim sendo, são oferecidas bolsas de estudos aos alunos matriculados nas instituições selecionadas em edital para apoiar as suas atividades.

O programa era mantido por recursos provenientes do CT-Petro e da Cláusula de investimento em PD&I, mas em 2015 e 2016 os valores caíram bastante e em 2017 nenhum recurso foi disponibilizado. Conforme a tabela abaixo, em poucos anos foram recebidos recursos de ambas fontes (2009, 2010 e 2013). Entre os anos destacados, foram investidos um total de R\$ 235 milhões no PRH-ANP.

Tabela 4: Evolução dos recursos no PRH-ANP entre 2008 e 2017 (Mil R\$)

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Origem CT-Petro	19400	20000	20500	-	20000	30000	-	7000	-	-
Recursos Cláusula PD&I	-	6123	8676	30018	-	39811	32076	-	2168	-
Destino PRH-ANP	19400	26123	29176	30018	20000	69811	32076	7000	2168	-

Fonte: Anuário Estatístico ANP 2018

Conforme a ANP (2019), foram obtidos resultados expressivos neste programa com números próximos de 600 prêmios, 5500 publicações científicas e 2000 bolsistas inseridos no mercado de trabalho. Visto a sua importância a longo prazo, a ANP elaborou um novo formato para o PRH-ANP com uma fonte de financiamento nova e outros participantes.

Neste formato, a ANP é a coordenadora e responsável pela chamada pública, pela diretriz das linhas de estudo, pela publicação de indicadores e pela coordenação de eventos relativos à indústria. A FINEP assume o papel de gestora técnica e financeira, recebendo os recursos direcionados pelas petrolíferas e repassando às instituições selecionadas em chamada pública. As petrolíferas são as financiadoras de bolsas por meio de recursos provenientes da obrigação de investimentos da cláusula PD&I. Por fim, as instituições de ensino executam o programa selecionando os bolsistas e recebendo os recursos.

Dessa forma, a partir de 2019, segundo a ANP (2019), serão oferecidas em torno de mil bolsas para graduação, mestrado e doutorado em 55 programas contemplados (foram recebidas 147 propostas), sendo estimado um total de investimento de R\$ 170 milhões em quatro anos. A agência comunicou que o primeiro aporte do novo formato da PRH-ANP foi autorizado, sendo a Petrobras a financiadora do valor de R\$ 60 milhões em cinco anos.

3.4. SUBSISTEMA DE CRIAÇÃO DE CAPACITAÇÕES, PESQUISA E SERVIÇOS TECNOLÓGICOS

Neste subsistema o interesse está em apontar as possibilidades para se capacitar pessoal com o fim de subsidiar pesquisas, serviços tecnológicos e construção do sistema produtivo. Para tal é considerado o desenvolvimento educacional e aspectos como cursos e laboratórios disponíveis relativos ao sistema produtivo.

A engenharia submarina é a área de conhecimento mais próxima do SPS. Esta área de modo aplicada à indústria petrolífera normalmente está inserida nos cursos por meio de diferentes disciplinas. Por exemplo, de “sistemas submarinos”, “mecânica estrutural e resistência dos materiais” e “instalação e completação” em cursos de graduação em engenharia de petróleo.

Por meio de uma consulta ao Cadastro Nacional de Cursos e Instituições de Educação Superior do Ministério da Educação⁸⁴ temos acesso ao nome de instituições e cursos, à situação, à quantidade de vagas disponibilizadas e a área de conhecimento de modo amplo. Assim, podemos verificar estas informações no nível tecnológico, bacharelado e de especialização dos cursos direcionados à indústria de petróleo e gás.

Com o intuito de compreender a abrangência e o volume de cursos relativos ao SPS, foi feita uma pesquisa⁸⁵ que abrangeu os cursos em atividade dos três níveis citados com a palavra petróleo e/ou submarina(o) na denominação do curso.

No nível tecnológico, existem 57 cursos em atividade de “Petróleo e Gás” e “Produção de Petróleo e Gás” no modo presencial e todos incluídos na classificação da OCDE na área de cursos em extração de petróleo e gás. São 41 instituições oferecendo um total de 9055 vagas. Entre 2014 e 2018, foram 8 cursos que iniciaram seu funcionamento.

Quanto ao nível de bacharelato, são um total de 82 cursos de “Engenharia de Exploração e Produção de Petróleo”, “Engenharia de Petróleo”, “Engenharia de Petróleo e Gás” e “Química do Petróleo”; sendo 3 deles na modalidade à distância. Até o ano de 2010 eram 36 cursos em atividade, porém; entre 2011 e 2018, 46 cursos foram criados sendo que

⁸⁴ É a base de dados oficial dos cursos e instituições de educação superior no Brasil. A pesquisa foi feita por meio do sítio eletrônico: <http://emec.mec.gov.br/>.

⁸⁵ Realizada no dia 11/05/2019

11 não iniciaram seu funcionamento até meados de 2019. São ofertadas um total de 14523 vagas.

A UFRJ é a única universidade com nota 5 no Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes (ENADE). Com nota 4 são 6 universidades e com nota 3 são 13; de um total de 44 universidades que apresentam esta avaliação. Ou seja, 15,9% dos cursos de bacharelado obtiveram nota acima de 4.

Em nível de especialização, foram localizados cursos de diferentes grandes áreas do conhecimento como educação; engenharia, produção e construção; e ciências sociais, negócios e direito. Apenas um curso com parte da denominação “submarina(o)” foi encontrado e com parte da denominação “petróleo” foram 93 cursos de variadas denominações e especialidades. Desses 94 cursos pesquisados, são oferecidas 18507 vagas.

Esses números demonstraram a necessidade e os investimentos realizados em qualificação e capacitação de pessoal voltados para a indústria petrolífera brasileira nas últimas décadas. A maioria dos cursos se encontram na região sudeste e iniciaram suas atividades a partir da década de 2000. Isso devido à pujança desta indústria no Brasil e à criação de cursos específicos de engenharia de petróleo com a evolução da área de conhecimento de engenharias voltadas para a produção petrolífera no país.

A capacitação profissional e o subsídio à pesquisas para as empresas fornecedoras e petrolíferas também guarda relação com os laboratórios de pesquisa dotados nas universidades, sendo inclusive um dos principais aspectos da relação universidade-empresa. Muitas empresas buscam estar próximas de universidades para potencializar tal interação.

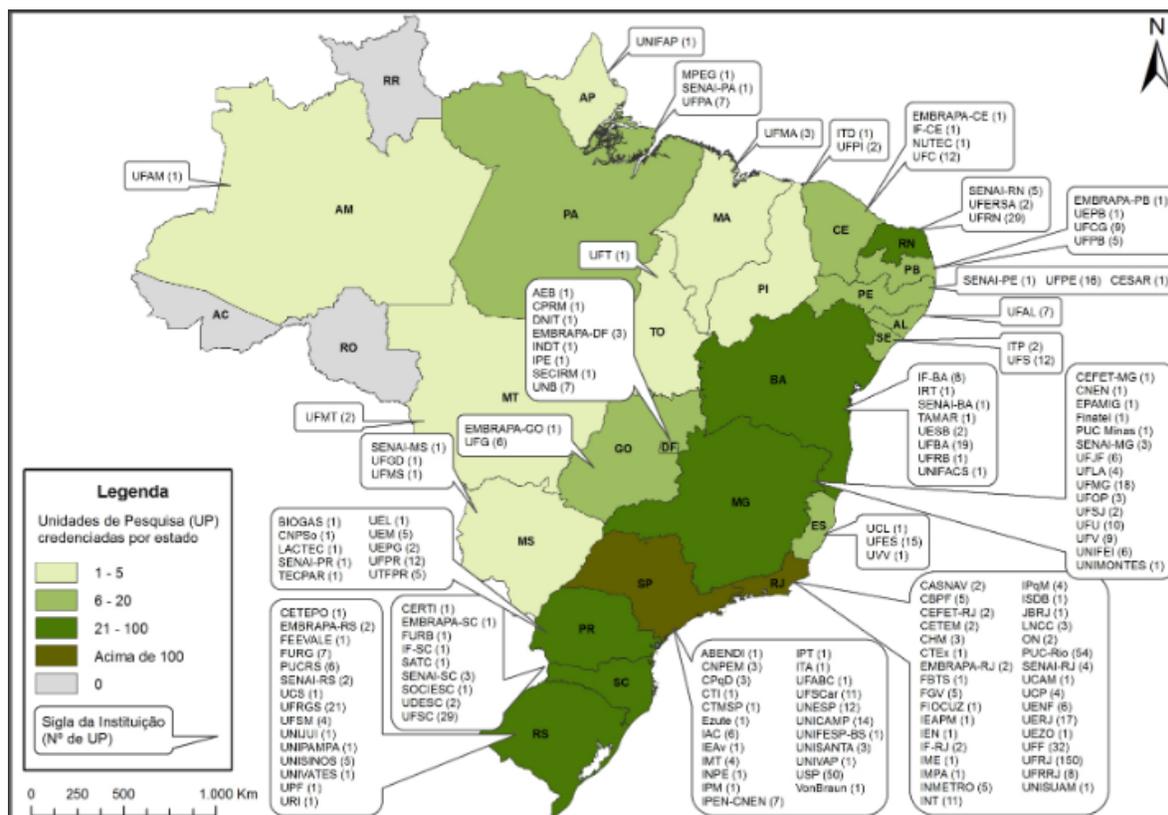
Britto (2012), sobre este ponto, aborda a criação de distritos industriais em setores de alta tecnologia, cunhados como parques tecnológicos. Os parques tecnológicos compreendem a integração, em um mesmo espaço, de componentes, softwares e serviços necessários à obtenção de produtos com alta intensidade tecnológica. Normalmente, estão situados próximos a regiões com infraestrutura científico-tecnológica (institutos de pesquisa) para tirar proveito de avanços científicos e *spillovers* gerados pelas instituições e organizações do parque.

No caso do SPS brasileiro, o parque tecnológico da UFRJ é o principal exemplo reunindo diversas empresas parapetrolíferas e empresas especializadas de diferentes portes.

Além disso, outras empresas com potencial para fornecimento de soluções e tecnologias e de bens e serviços podem configurar redes de interação.

Neste sentido, a infraestrutura laboratorial que as universidades disponibilizam são importante apoio às pesquisas e avanços tecnológicos empresariais. A título da cláusula de PD&I, a ANP credencia unidades para habilitar instituições a receber os recursos das petrolíferas e a distribuição destas pelo território nacional é vista na figura abaixo.

Figura 11: Instituições Credenciadas por estado da federação (até 31 de março de 2019)



Fonte: ANP (2019). Acesso em 13/05/2019 e disponível em:

<http://www.anp.gov.br/pesquisa-desenvolvimento-e-inovacao/credenciamentos-de-instituicoes/instituicoes-credenciadas>

A figura 11 demonstra onde se encontram as instituições credenciadas e quantos laboratórios cada instituição dispõe para as empresas da indústria petrolífera por meio da cláusula de PD&I. A maioria das instituições se encontram em estados próximos ao litoral devido a fatores como maior infraestrutura educacional em relação aos demais estados e

proximidade com os campos de produção. São 145 instituições em todo o Brasil e como é possível observar o estado do Rio de Janeiro (RJ) e de São Paulo (SP) em marrom são os que tem mais unidades de pesquisa credenciadas; sendo que a UFRJ tem maior participação com 150 unidades de pesquisa⁸⁶.

Em planilha eletrônica disponibilizada pela ANP (2019) são dispostos todos os 10460 projetos realizados até abril de 2018. A ANP divide esse credenciamento das instituições em áreas, temas, subtemas e, por fim, linhas de pesquisa.

Segundo a agência, até 31 de março de 2019 foram 3721 linhas de pesquisa autorizadas e distribuídas em sete áreas. A área de “temas transversais” e “exploração e produção de petróleo e gás” apresentam 35% e 31% das linhas de pesquisa respectivamente. São as duas áreas mais próximas da questão relativa ao SPS.

Acessando o sítio eletrônico da ANP podemos observar essas áreas por temas e subtemas mais próximos do SPS⁸⁷. Vale notar que uma mesma unidade de pesquisa pode ser credenciada em mais de uma área, tema e subtema.

Na tentativa de observar a inserção do SPS nestes projetos, selecionamos aqueles inseridos em áreas, temas e subtemas julgados como relativos ao SPS. Apesar da imprecisão, a aproximação auxilia na formação de uma rede e possibilita apontar os principais institutos de pesquisa envolvidos nos projetos das petrolíferas. A partir do uso da ferramenta computacional “Gephi” a rede é formada e a seguir se expõe a seleção de áreas, temas e subtemas selecionadas.

ÁREAS: Exploração e produção de petróleo e gás natural - onshore e offshore / Temas transversais.

TEMAS: Avaliação da conformidade, monitoramento e controle / Distribuição, logística e transporte / Exploração - horizonte pré-sal, águas profundas, bacias maduras e novas fronteiras exploratórias / Materiais / Produção - horizonte pré-sal, águas profundas, campos maduros e novas fronteiras exploratórias / Segurança e meio ambiente.

⁸⁶ Na UFRJ, o Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE/UFRJ) apresenta uma variedade grande de laboratórios, estrutura e pesquisas que podem ser usufruídas pela indústria petrolífera e em especial às empresas relativas ao SPS. É o maior complexo de laboratórios da América do Sul com mais de 100 instalações.

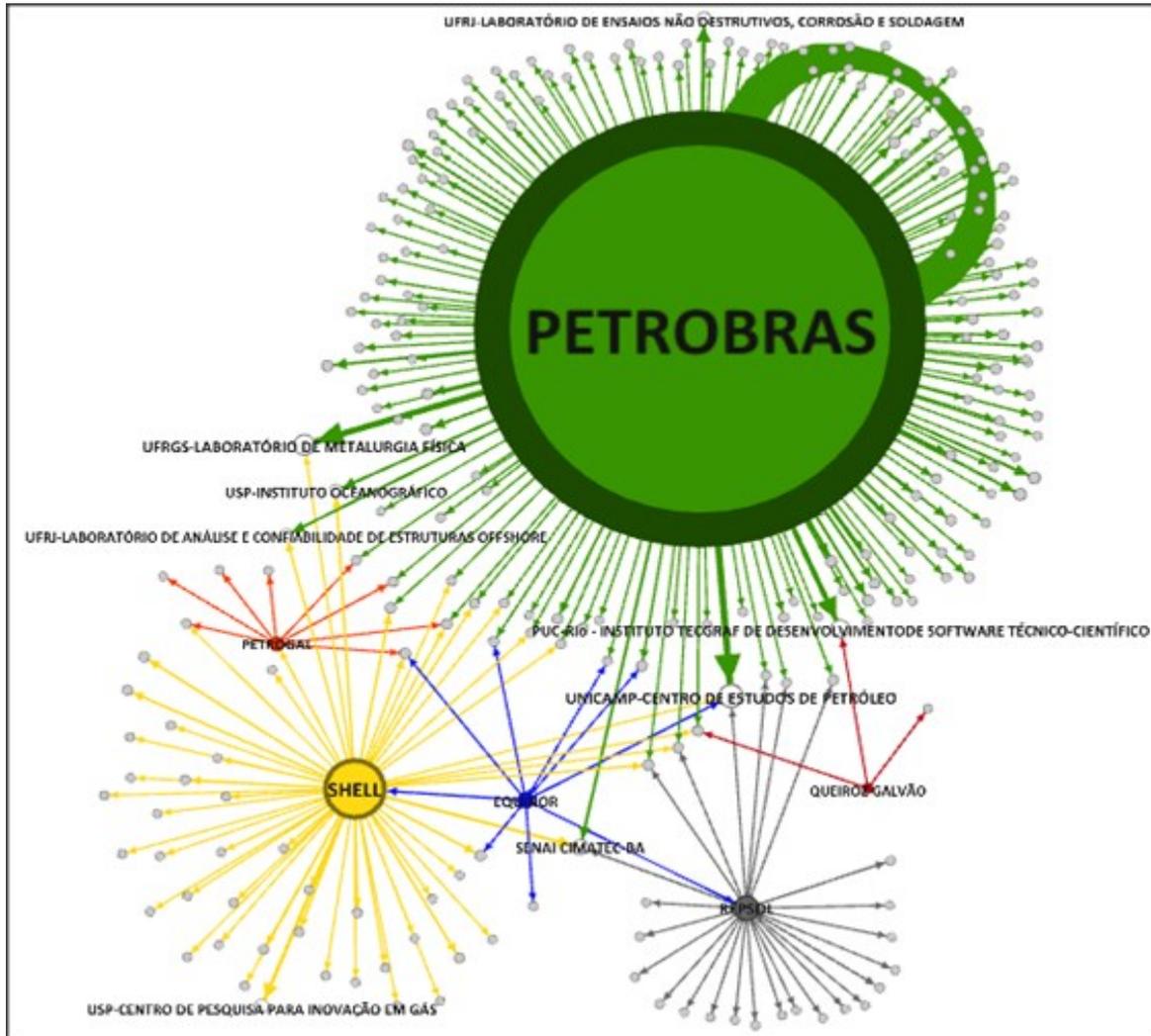
⁸⁷ <http://app.anp.gov.br/anp-cpl-web/public/siped/up-credenciadas/consulta.xhtml>

SUBTEMAS: Análise de risco exploratório / Automação, controle e instrumentação / Avaliação da conformidade e desempenho e certificação / Avaliação e gerenciamento de riscos / Captura e estocagem de CO₂ / Caracterização e processamento de fluidos produzidos / Confiabilidade humana / Corrosão e proteção / Desenvolvimento de equipamentos / Desenvolvimento de novos algoritmos / Emissões de gases de efeito estufa na indústria de petróleo, gás natural e biocombustíveis / Estudo de confiabilidade e manutenção baseado em risco de gasodutos e oleodutos / Gerenciamento de água produzida / Gerenciamento de águas, efluentes e emissões de poluentes regulamentados / Impactos ambientais / Integridade de equipamentos e instalações / Integridade estrutural, soldagem e caracterização de materiais / Logística / Medição da produção - novas tecnologias e procedimentos / Metodologias e sistemas de controle da qualidade / Métodos e processos de escoamento / Minimização de resíduos - redução, reutilização e reciclagem / Modelagem e prevenção de impactos ambientais/ Monitoramento de áreas impactadas por atividades da indústria de petróleo, gás natural e biocombustíveis / Monitoramento e controle de instalações onshore e offshore / Nanomateriais / Novos materiais / Remediação e recuperação de áreas contaminadas e impactadas / *Risers*, umbilicais e dutos submarinos / Técnicas de aquisição, processamento e interpretação de dados geofísicos / Técnicas e equipamentos submarinos de bombeamento / Técnicas e métodos de elevação artificial / Tecnologia de dutos / Tecnologia de materiais / Unidades flutuantes de produção, sistemas de ancoragem e amarração e posicionamento dinâmico.

Vale notar que a rede é formada a partir do direcionamento dos projetos das petrolíferas e quanto mais grossa a seta, maior a incidência de projetos entre a petrolífera e a instituição de pesquisa. Além disso, quanto maior a quantidade de projetos da petrolífera maior é o tamanho de sua esfera.

Logo de primeira é possível observar a participação da Petrobras no total de projetos das petrolíferas e uma grande quantidade de projetos em que a Petrobras investe em seu próprio aparato de PD&I (salientado pelo “u” invertido de cor verde). É possível ver que algumas instituições estão atendendo à mais de uma petrolífera gerando uma rede de projetos com áreas de interesse mútuo devido à capacitação desenvolvida nestas. Isso será explorado mais à frente no capítulo 4.

Figura 12: Rede de projetos de pesquisa no âmbito da cláusula de PD&I relativos ao SPS (até 31 de março de 2019)



Fonte: Elaboração própria a partir de dados da ANP (2019)

Podemos apreciar então que a estruturação de redes de inovação do SPS brasileiro é concentrada. A desconcentração da produção pode incentivar o desenvolvimento de novos regimes tecnológicos por meio de maior variedade de focos estratégicos e tecnológicos em conjunto com empresas fornecedoras e instituições de PD&I.

Na figura 12 ainda podemos ver os institutos mais demandados pelas operadoras, são eles respectivamente: Centro de Estudos de Petróleo da Universidade de Campinas (CEPETRO/Unicamp), Laboratório de Metalurgia Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (LAMEF/UFRGS), Instituto TECGRAF de Desenvolvimento de Software

Técnico-Científico da PUC-Rio (TecGraf/PUC-RJ), Centro de Pesquisa para Inovação em Gás da Universidade de São Paulo (RCGI/USP), Laboratório de Ensaio Não Destrutivos, Corrosão e Soldagem da UFRJ (LNDC/UFRJ). O RCGI/USP recebe projetos apenas da Shell (o centro foi idealizado pela petrolífera) e o LNDC/UFRJ da Petrobras.

3.5. PRINCIPAIS CONCLUSÕES DOS SUBSISTEMAS

O SPS é diretamente afetado e influenciado pelo comportamento de preços e consumo global de O&G e pela cadeia global de fornecimento na E&P. É estimada a manutenção da participação do petróleo e gás no mix global energético e a produção *offshore* mundial e, em especial brasileira, tem grande importância nisso. O Brasil se posiciona com um *breakeven* relativamente competitivo e grande potencial produtivo, em um contexto de forte disputa entre os *players* ofertantes do produto e de projetos.

O mercado fornecedor global do SPS é dominado por gigantes multinacionais. Porém, existem oportunidades de inserção de novas empresas especializadas na cadeia produtiva; devido à recente reestruturação dos negócios e logística operacional, às fusões e ao avanço da fronteira tecnológica. Isso inclusive estimula novas modalidades contratuais.

A Petrobras é o núcleo do SPS brasileiro sendo capaz de mobilizar as competências tecnológicas e o mercado fornecedor; sendo assim, parte fundamental da aplicação e implementação de políticas públicas. É possível notar a existência de políticas que contribuíram sobremaneira para o desenvolvimento e a trajetória tecnológica das empresas do SPS, porém é evidente a necessidade de ajustes.

Neste sentido, a formação de recursos humanos e o apoio às instituições de pesquisa e suas infraestruturas foram um aspecto de relevância no desenvolvimento tecnológico. Existe uma diversidade de instituições no território nacional, bem estruturadas e capacitadas para participar em projetos com empresas e formar redes de conhecimento e inovação. Por fim, este capítulo é essencial para o estudo, porque serve como base para a discussão futura de percepções de entrevistados e de proposições de políticas.

4. CAPÍTULO 4 - COMPETÊNCIAS, ESTRATÉGIAS E POLÍTICAS PÚBLICAS: O POTENCIAL INOVATIVO DO SPS BRASILEIRO

Tendo como base a engenharia e tecnologia submarina do Sistema Produtivo Submarino (SPS) brasileiro (capítulo 1), a metodologia e o referencial teórico e conceitual para o instrumental de análise (capítulo 2), e o panorama que envolve o SPS em termos de demanda petrolífera, da produção e inovação, de políticas e de capacitação e pesquisa (capítulo 3); podemos agora avançar em apontamentos e análises a partir do mapeamento das redes e percepções coletadas nas entrevistas com especialistas do SPS brasileiro.

A primeira seção procura analisar como ocorre a participação das principais empresas do SPS brasileiro no mercado. A segunda expõe e analisa as redes de comércio, de inovação, de cooperação e de aprendizado a partir do mapeamento em pacotes tecnológicos (Quadro 2); demonstrando as competências desenvolvidas a partir destas redes. A seção seguinte preocupa-se em demonstrar como é a configuração das estratégias das petrolíferas, fornecedoras e instituições de pesquisa para avançar no desenvolvimento tecnológico do SPS brasileiro. Por fim, a última seção aponta as principais limitações e potencialidades do SPS brasileiro de modo a propor algumas ações de políticas públicas.

4.1. A PARTICIPAÇÃO DAS EMPRESAS FORNECEDORAS DO SPS NO MERCADO BRASILEIRO

Compreendido o poderio econômico das empresas fornecedoras do SPS, agora é interessante entender como elas se fazem presente no mercado brasileiro. A demanda induzida pela Petrobras incentivou tais ações nas últimas décadas, criando inclusive fortes parcerias entre a operadora e as empresas. Além disso, o caso brasileiro exige a adaptação dos avanços tecnológicos às especificidades da região, o que tende a deslocar as unidades produtoras e centros tecnológicos para o espaço produtivo brasileiro.

Conforme a Rystad (2019), os projetos no Brasil serão o principal espaço de obtenção de contratos de equipamentos submarinos no mundo, responsável por 31% dos valores agregados de contratos. A Petrobras deve manter a demanda alta e ser a segunda

operadora a requerer o maior número de ANM entre 2019-2023 (em torno de 200), perdendo por poucas unidades para a Equinor; também atuante no Brasil.

A maior participação de outras petroleiras e de fornecedores externos pode elevar os investimentos no SPS em cerca de 40% quando comparado ao ritmo atual. Além disso, há destaque também para o incremento de exportações em cerca de US\$ 5 bilhões em 2025. (ABERSPETRO, 2017)

Como já salientado, alguns trabalhos realizaram o esforço de obter dados acerca da relevância das empresas fornecedoras no SPS brasileiro. Por meio de consultorias especializadas isso foi feito em Mendes, Romeiro e Costa (2012), Ruas (2012) e ABDI e CGEE (2016b). Os trabalhos citados se baseiam em dados de consultorias como a “*Infield*” e a “*Quest Offshore*”, demonstrando a participação de mercado no âmbito internacional e nacional para cada bem.

Nesta tese, devido à dificuldade de acesso a dados recentes de consultorias, a escolha para discutir e qualificar tal participação das empresas no mercado brasileiro foi por meio de uma pesquisa dos contratos firmados com a Petrobras. É o meio encontrado para verificar a proeminência das empresas no mercado do SPS brasileiro.

Através do Portal de Transparência da Petrobras é possível colher informações de contratos da petrolífera como fornecedor, vigência, valores e objeto. Assim sendo, foram selecionados os contratos ativos, que dão conta de contratos vigentes e com fim recente, firmados entre a Petrobras e as fornecedoras do SPS citadas na seção 3.2.1⁸⁸ e algumas das principais empresas brasileiras como MFX e Ouro Negro.

Como exposto na tabela 5, foram pesquisadas 14 empresas sendo 3 desmembradas devido à fusão recente, ou seja, foram um total de 17 pesquisas sobre fornecedores. Acerca destes se verificou um total de 325 contratos ativos com a Petrobras que somam mais de 18 bilhões de contratos em reais e que quase alcançam 2 bilhões nos contratos em dólar.

O ganho de contratos com a Petrobras indica a capacidade da empresa em responder aos processos de atendimento de requisitos técnicos e econômicos e de concorrência. Como

⁸⁸ Pesquisa realizada no dia 30/04/2019 no sítio eletrônico a seguir: <http://transparencia.petrobras.com.br/licitacoes-contratos/contratos>. Vale notar que a Halliburton não foi incluída pois seu enfoque de atuação está na perfuração e tratamento dos reservatórios, os quais não fazem parte do escopo do trabalho relativo as atividades na lâmina de água.

a tabela mostra, a OneSubsea (Schlumberger e Cameron somadas) detém a maior parte dos contratos (28,9%), seguida de BHGE (25,2%), TechnipFMC (14,8%) e Subsea7 (8%). Em uma faixa de participação nos contratos entre 3% e 4% estão empresas como Aker Solutions, Fugro, Dril-Quip, Oceaneering e Tenaris.

Tabela 5: Contratos firmados com a Petrobras ativos em abril de 2019:
empresas selecionadas

Empresas	Número total de contratos	% do total de contratos	Valor total dos contratos ¹ (milhões)				% do valor total de contratos		
			Em reais	Em dólares	Em euros	Em libras esterlina	Em reais	Em dólares	
Aker Solutions	10	3,08	719,95	14,44	-	5,57	3,83	0,75	
BHGE	Baker Hughes	49	15,08	1229,05	542,28	-	-	6,53	28,26
	GE Oil & Gas	33	10,15	3350,94	2,47	0,29	5,63	17,82	0,13
Dril-Quip	12	3,69	2062,59	1,64	-	-	10,97	0,09	
Fugro	13	4,00	642,81	8,81	-	-	3,42	0,46	
Kongsberg	1	0,31	0,04	-	-	-	0,00	-	
MFX	3	0,92	12,24	-	-	-	0,07	-	
NavCon	2	0,62	3,93	-	-	-	0,02	-	
Oceaneering	13	4,00	501,90	5,09	-	-	2,67	0,27	
Oil States	4	1,23	59,55	-	-	-	0,32	-	
OneSubsea	Schlumberger	67	20,62	2405,38	637,25	-	-	12,79	33,21
	Cameron	27	8,31	12,55	-	0,60	-	0,07	-
Ouro Negro	2	0,62	11,37	-	-	-	0,06	-	
Subsea7	26	8,00	2441,96	0,55	1,69	-	12,98	0,03	
TechnipFMC	Technip	25	7,69	2795,62	689,85	-	-	14,86	35,95
	FMC	23	7,08	1012,02	15,71	14,00	-	5,38	0,82
Tenaris Confab	15	4,62	1546,51	0,89	-	-	8,22	0,05	
Total	325	100,00	18808,41	1918,97	16,58	11,20	100,00	100,00	

Obs 1.: Pesquisa realizada dia 30/04/2019 no sítio eletrônico da Petrobras:

<http://transparencia.petrobras.com.br/licitacoes-contratos/contratos>

Obs 2.: As empresas que são derivadas de fusões não foram localizadas na pesquisa, apenas as empresas originárias destas.

¹ O valor contratual é estimado entre as partes, não configurando obrigação do contratante sua execução na totalidade.

Fonte: Elaboração própria a partir de informações disponibilizadas
no site eletrônico da Petrobras

Acerca do valor de contratos, não é possível parear na mesma moeda pois os contratos tem vigências diferentes. Porém, este é um indicador interessante, já que demonstra a contratação de bens e serviços com grande valor agregado. Além disso, a

análise por número de contratos por si só, não abrange o volume financeiro acordado nos contratos. Podem haver casos em que um único contrato tenha um alto ou baixo valor em relação à média de valores.

Para os valores de contratos fechados em reais, se destacam na participação do total a BHGE (24,3%) e a TechnipFMC (20,2%). Entre 8% e 13% estão a Subsea7 (13%), a OneSubsea (12,9%), a Dril-Quip (11%) e a Tenaris (8,2%). Para aquelas companhias com contratos em dólar, três gigantes parapetrolíferas integradas representam quase a totalidade destes (98,4%). Isso devido às somas de Technip, Schlumberger e Baker Hughes.

Então, analisando a tabela 5 podemos verificar um padrão similar ao observado na análise anterior de poderio econômico. As três gigantes parapetrolíferas integradas estão à frente em número de contratos e valores, abrindo distância das demais. Vale notar que no mercado brasileiro; a Subsea7 especialmente, a Dril-Quip e a Tenaris mostram proeminência e importante participação.

Desta forma, podemos assinalar que existe uma forte disputa entre as principais lideranças do mercado de SPS brasileiro conforme discutido por Vértesy (2017); buscando reconhecer oportunidades e implementando estratégias. Neste sentido, estas empresas tem observado uma chance de obter fatias de mercado e novos mercados por meio da fusão ou compra da participação em empresas estratégicas do SPS.

Entretanto, a dinâmica de mercado percorrida por Christensen (1997) e Lee e Malerba (2014), onde as firmas estabelecidas tendem a falhar e as atrasadas convergem, não ocorre no período recente. A manutenção da influência das grandes empresas multinacionais perpassa basicamente pela busca da oferta integrada e das aquisições em um mercado mais fragilizado devido à crise vivida na indústria de O&G.

Para além da pesquisa realizada, vale ressaltar outros contratos fechados recentemente e que ainda não estão ativos com a Petrobras e os contratos firmados com as demais petrolíferas do mercado *offshore* brasileiro. Isso foi possível através dos Relatórios Anuais de 2018 das empresas e de pesquisa a notícias em seus sites.

Em 2018, a Aker Solutions ganhou um contrato para instalar um SPS até 2023 no campo de Libra da Petrobras com 12 ANM, 4 *manifolds* e 3 estações de controle; incluindo serviços de suporte desde a instalação e ao comissionamento. Também foi assinado um

acordo de cooperação global com a Equinor para garantir à petrolífera a contínua melhoria dos projetos atuais e dos firmados futuramente.

A Fugro obteve dois contratos em 2018 para auxiliar em serviços com ROVs para as atividades de exploração, produção e perfuração da Petrobras, começando a utilizar o equipamento em profundidades de 3000 metros. A Oceaneering, no mesmo ano, ganhou um contrato para fabricação de *risers* no país.

A Subsea7 fornecerá à Equinor em seus campos do pré-sal um estudo para viabilizar o uso de *Steel Lazy Wave Riser* e aponta que ainda é alta a utilização de embarcações de suporte da empresa nas operações e serviços relativos aos dutos. Adicionalmente, os contratos com a Petrobras de instalação de dutos submarinos foram estendidos até 2022. Já em 2019, a TechnipFMC ganhou um contrato com a Petrobras estimado em mais de US\$ 500 milhões, para produzir e conectar 13 poços à FPSO Guanabara, por meio de um sistema de *risers* e linhas de fluxos.

A seguir, na seção 4.2, a análise aqui iniciada continua e está pautada e focada nas competências reunidas pelas fornecedoras para ofertar seus produtos no país. Para tal, é feita uma análise conjunta das empresas em pacotes tecnológicos e se considera a organização das redes de inovação, comércio, aprendizado e cooperação.

4.2. A CONFIGURAÇÃO DAS REDES MERCANTIS E DE COMPETÊNCIAS DO SISTEMA PRODUTIVO SUBMARINO POR PACOTES TECNOLÓGICOS

Com o panorama disposto no capítulo 3 (subsistemas de inovação) e na seção anterior, as vinte entrevistas realizadas, as informações disponibilizadas nos sites das empresas e os dados dos projetos de PD&I da ANP podemos avaliar como o desenvolvimento tecnológico no SPS brasileiro tem se organizado e reunido competências nas suas atividades e operações.

Tendo em conta a conceituação e os elementos estruturais e morfológicos de redes em Britto (2012) e a discussão de redes de inovação da seção 1.2.2, podemos estudar as complementariedades e as interações existentes nas inter-relações de tecnologias, de bases de conhecimento e de infraestrutura que, segundo Perez (2010b), envolvem uma variedade

de atores e geram externalidades para os participantes e a sociedade. Além disso, espera-se demonstrar a existência de alguns dos tipos de redes de inovação abordados por DeBresson e Amesse (1991) como redes de usuários-fornecedores, redes interindustriais e alianças tecnológicas estratégicas.

Desta forma, esta seção tem o intuito de expor e analisar as redes desenvolvidas no SPS brasileiro, a infraestrutura (fábricas, laboratórios e centros de pesquisa) e a origem da produção dos bens, serviços e alguns subprodutos. Ou seja, captar a sofisticação das redes e relações interindustriais salientada por Britto (2012).

Isso auxiliará na análise final do potencial do SPS brasileiro, pois demonstra a capacidade do sistema em articular as competências e atividades dispostas no país. O objetivo é colocar uma lupa e tentar se aproximar da constituição destas grandes redes existentes no SPS de modo a localizar os principais espaços de inovação sugeridos por Perez (2006). Assim, se observa a complementação de serviços, de nichos e de oportunidades em indústrias centrais, modernizadas e em ramos induzidos.

A exposição se dará a partir da definição dos pacotes tecnológicos (Quadro 2): processos de controle de fluxos (equipamentos submarinos); processos de transporte de fluxos (SURF); e processos de gerenciamento da integridade dos ativos. Em cada pacote se apresentam, através de um quadro; as relações de comércio e de cooperação, de infraestrutura e origem de modo resumido e esquematizado. São agrupados os bens e serviços que reúnem similaridade de recursos e insumos para a devida oferta às petrolíferas.

Antes de adentrar na próxima seção, devemos notar alguns pontos importantes e comuns nas relações existentes entre os atores envolvidos (petrolíferas, fornecedoras do SPS e instituições de pesquisa brasileiras) nos quadros de pacotes tecnológicos.

As operadoras assumem um papel fundamental na articulação e interação de cooperações e de necessidades e demandas. São organizações que atuam no direcionamento de requerimentos tecnológicos, os quais Dosi e Nelson (2016) entendem ser uma resposta do progressivo refino e melhorias dos desenvolvimentos tecnológicos angariados.

Inclusive, por vezes, existe um esforço por meio de projetos conjuntos (multicliente ou em inglês “Joint Industry Project-JIP”⁸⁹) para solucionar um desafio ou especificidade de um ou alguns campos petrolíferos brasileiros. Isso ocorre, pois, estes desafios podem se constituir em um constrangedor produtivo para todas as petrolíferas; limitando a produção nas fases iniciais e/ou inviabilizando economicamente o desenvolvimento do campo, devido à falta de avanços tecnológicos.

Nesses projetos, o lado competitivo não está muito presente e todas envolvidas dependiam disso para sobreviver no ambiente produtivo. Na verdade, como Klevorick et al (1995) apontou eles podem ser vistos como uma forma de acúmulo de aprendizado por meio de feedback e troca de informações. Isso se torna uma oportunidade tecnológica de criação de novos conhecimentos e mercados em razão de avanços prioritários.

O desenvolvimento tecnológico do SPS ao longo das décadas esteve pautado nos esforços da Petrobras para tal. Conforme exposto pelo entrevistado 1, a empresa esteve sempre voltada para a capacitação e cursos aos seus funcionários com professores experientes na prática da operação e na teoria. Assim, o CENPES se voltou para o desenvolvimento tecnológico interno para subsidiar as demandas ocorridas nas operações vindas da vivência do campo e disso surgiu o PROCAP.

Os avanços tecnológicos primordiais ocorridos nas décadas iniciais do desenvolvimento tecnológico do SPS brasileiro, dependiam mais de projetos multicliente do que projetos junto às instituições de pesquisa. A lógica ainda é parecida para o especialista 1, mesmo com a proeminência da cláusula de PD&I, pois a liderança e direcionamento é das petrolíferas. As fornecedoras dispõem de tecnologia e motivação na venda do produto para o desenvolvimento.

Os projetos junto às instituições de pesquisa recebem grande parte dos investimentos. Entretanto, é preciso tomar nota quanto a função de pesquisar e assumir um risco que as empresas nem sempre se propõem. O objetivo das instituições não é necessariamente desenvolver tecnologias aplicáveis no mercado e comercializá-las. Como

⁸⁹ Projeto de colaboração de um conjunto de empresas que se unem e dividem esforços de recursos, sejam humanos, financeiros e de infraestrutura; em busca do desenvolvimento de uma nova tecnologia e/ou inovação para o mercado.

Rocha (2019) conclui acerca da eficiência dos projetos, falta alinhamento de perspectivas e clareza no plano estratégico das instituições e organizações envolvidas. Isso tem levado a questionamentos sobre o real benefício destes no sistema de inovação (CASTELLO, 2017).

Com a obrigação e os consecutivos aumento de recursos da cláusula de PD&I e a necessidade de avanço da fronteira tecnológica, o modelo de colaboração que as petrolíferas vêm configurando é uma abertura para a atuação conjunta de diferentes atores e tem sido visto de forma bastante promissora pelas petrolíferas.

Além do departamento de PD&I das petrolíferas, que serve como uma central de gestão de projetos de PD&I no SPS brasileiro, há o interesse de envolver desde o início da parceria as universidades, as *start ups* e as empresas com capacidade de solucionar o problema e de transformar a inovação comercializável (entrevista 2 e 3). O portfólio de PD&I das petrolíferas multinacionais é totalmente integrado com os ativos de ordem global, portanto segue uma priorização de investimentos alinhado aos objetivos operacionais no Brasil e no mundo.

As petrolíferas se preocupam e discutem até com as subfornecedoras para apreciar acerca da qualidade do bem e serviço segundo o entrevistado 1. A Petrobras, por exemplo, sempre buscou gerenciar e controlar isso com testes, inclusive em operação, o que aumentava o custo da empresa entrar na cadeia de fornecimento da empresa e serviu de motivação para as grandes empresas parapetrolíferas virem para o país.

Como já destacado na parte inicial da tese, as operadoras definem o melhor arranjo submarino para produção, seguindo uma série de análises e estudos internos e externos.⁹⁰ A partir disso, estas são responsáveis pelos editais e especificações para angariar e selecionar fornecedores e subfornecedores competentes. Fica claro então, que um ponto chave está no fornecimento adequado das expectativas previstas de bens, de serviços e de tecnologias. E

⁹⁰ Vale a pena citar um projeto da Petrobras com o Laboratório de Métodos Computacionais e Sistemas Offshore (LAMCSO/UFRJ), o Núcleo de Dinâmica e Fluidos (NDF/USP) e o TecGraf (PUC-RJ) intitulado OTIMROTA-Multiline, vencedor do prêmio de inovação da ANP 2019. Segundo Santos et al (2017) é uma ferramenta para a síntese e avaliação de layouts submarinos para cenários de águas profundas e ultraprofundas de produção petrolífera. A partir da ferramenta de software são geradas alternativas de layouts para rotas de dutos submarinos (rígidos e flexíveis) e na locação de equipamentos e poços no leito marinho e de unidades de produção. Esta tecnologia digital utiliza critérios e métricas de engenharia e custos, buscando inclusive reduzir o tempo do projeto mantendo a eficiência do sistema operacional.

quais agentes reúnem tais competências e se capacitam para a fronteira tecnológica exigida pela E&P em campos brasileiros?

O perfil de atuação no mercado relacionado ao SPS é grosso modo marcado pela presença de multinacionais, porém; na última década, em serviços de gerenciamento da integridade da produção e na produção de ferramentas e peças foram criadas algumas empresas nacionais.

Existem muitas infraestruturas destas fornecedoras do SPS no país, porém isso está atrelado à estratégia global, especialmente após a crise dos preços do petróleo que obrigou as empresas a readequar a sua estrutura de custos e de produção. A troca de informações entre as filiais no mundo é intensa e o Brasil costuma representar ou ter forte representação da inserção do SPS na organização global da empresa.

Quadro 10: Resumo das principais infraestruturas e ofertas desenvolvidas pelas fornecedoras no SPS brasileiro

PRINCIPAIS EMPRESAS ENVOLVIDAS NO SPS	INFRAESTRUTURAS E LOCALIZAÇÃO	PRINCIPAIS DESENVOLVIMENTOS E PRODUÇÕES NO BRASIL	OBSERVAÇÕES
Airborne	-Não foi possível especificar	-Desenvolve e fornece tubos à base de termoplásticos capazes de aceitar PIGs e de atuar em ambientes corrosivos de dióxido de carbono e gás sulfídrico	- Fundada em 1995 para fornecer e desenhar materiais para o setor aeroespacial, a Shell solicitou o desenvolvimento de um tubo compósito em 1999 resultando em um sucesso de larga escala. - A partir de 2014, a Airborne Oil & Gas se tornou independente e atualmente é líder de mercado tendo como acionistas a Shell, Chevron, Evonik, Subsea7, Aker Solutions e outras
Aker Solutions	-Fábrica e centro de pesquisa em São José dos Pinhais-PR -Área de manutenção e serviços em Rio das Ostras-RJ -Escritório de engenharia no Rio de Janeiro-RJ	-ANM, Manifolds -Desenvolvimento de separador submarino -Instalação de equipamentos submarinos e SURF -Serviços de manutenção -Fornece umbilicais, mas não produz no país	- O centro de pesquisa possibilitou a adição de tecnologias inéditas de sistemas de controle. -A estrutura e montagem dos equipamentos e do sistema de automação é de origem nacional, mas os componentes eletrônicos que são parte importante do valor agregado dos produtos são importados.
Ambidados	- Escritório de engenharia no parque tecnológico da UFRJ	-Fornece serviços de aquisição, processamento e análise de dados meteoceanográficos	-Derivada do Programa de Engenharia Oceânica da Universidade Federal do Rio de Janeiro.
Ativatec	-Escritório de engenharia no parque tecnológico da UFRJ	-Serviços de geotecnia por meio de uma ferramenta de coleta de sedimentos do leito marinho destinada a análise biológica -Dispõe de ferramenta capaz de monitorar pressão, injeção de químicos pelo manifold, dreno de líquido e gases pelo manifold e estanqueidade -Presta serviços de inspeção com ultrassom, câmeras e holofotes; e intervenção robótica para a manutenção de linhas e equipamentos submarinos -Manutenção dissociando o hidrato submarino por meio de ROV e de ferramenta de aquecimento controlado em localização específica. Isso se dá a uma profundidade próxima de 1500m e com dados de temperatura em tempo real	- A Ativatec foi fundada em 2006 a partir de uma incubadora de empresas da PUC-RJ e atua com intervenção robótica na Bacia de Campos.

Benthic	-Escritório de engenharia no Rio de Janeiro-RJ -Centro de tecnologia e laboratório de análises geotécnicas no parque tecnológico da UFRJ	-Dispõe de um equipamento submarino chamado “Seabed”, que pode ser automatizado ou controlado por uma sala do navio (normalmente de perfuração) para coletar amostras de solo, registrar a pressão dos poros dos poços e realizar um levantamento e inspeção de corais	-Atua em profundidades de até 3 mil metros e nas fases de exploração e desenvolvimento da produção -Esta obteve contratos para atuar no campo de Libra para a operadora Petrobras e em 2019 iniciou campanha de alguns blocos da Equinor no Brasil. -O Seabed lembra uma sonda submarina e é operado de modo similar a um ROV. Foi desenvolvido na Austrália derivado de estudos ocorridos na Universidade de Sidney e é transportado por containeres até a localização da execução do projeto demandado.
BHGE	- Fábrica de ANM em Jandira-SP -Fábrica de tubos flexíveis em Niterói-RJ -Centro de manutenção em Macaé-RJ - Sede administrativa e centro de pesquisas global no Rio de Janeiro-RJ	-ANM, BCS, tubos flexíveis com compósito de fibra de carbono - Grande experiência em instrumentação para medições, tecnologias de inspeção e softwares industriais -Serviços de manutenção -Foco do centro de pesquisa é em PD&I de sistemas submarinos, sistemas inteligentes de automação avançada e desenvolvimento de softwares de análise de produtividade	- O centro de pesquisa é situado no parque tecnológico da UFRJ - A companhia comprou em 2008 a Wellstream com grande participação e experiência no mercado
CRN	-Escritório de engenharia no Rio de Janeiro-RJ	-Gerenciamento operacional, estruturação e apontamento de ideias para processos de desenvolvimento, produção e descomissionamento	- A empresa enxerga a possibilidade de exportação de serviços no futuro, buscando a internacionalização da marca. Além disso, existem parcerias com laboratórios do departamento de engenharia naval da UFRJ.
DNV-GL	-Escritórios de engenharia em São Paulo-SP, Belo Horizonte-MG e Caxias do Sul-RS	-Testes em laboratórios para prover análises de falhas e condições. De modo a estudar a extensão do ciclo de vida dos ativos - Desenvolvimento e otimização de planos de inspeção, testes e manutenção a partir dos dados e análises técnicas de integridade da produção -Serviços de avaliação	
DOF Subsea	-Escritório de engenharia no Rio de Janeiro-RJ -Infraestrutura de apoio em Macaé-RJ	-Instalação de SURF -Serviços de ROV -Serviços de descomissionamento -Serviços de inspeção, manutenção e reparo	
Doris Engenharia	-Escritório de engenharia no Rio de Janeiro-RJ	-Oferece serviços de engenharia e de desenhos conceituais para risers, além de realizar estudos de avaliação e garantia de escoamento	
Dril Quip	-Infraestrutura com administração, área de acabamento, montagem e testes e armazém em Macaé-RJ.	- Não foi possível especificar os equipamentos submarinos fabricados no Brasil -Linhas submarinas -Serviços de manutenção de ANM e manifold	- A Dril-Quip é uma multinacional que oferece uma gama variada de produtos e serviços; além de serviços de treinamento de equipes e de assistência em instalação, inspeção, reparo e manutenção.

Evonik	-Não tem fábrica no Brasil	-Fornece o termoplástico, mas não produz no Brasil	-Uma das principais empresas fornecedoras globais de termoplástico e tem origem alemã. A empresa é uma grande multinacional de insumos e soluções de químicos. -Tem participação na Airborne
Fugro	-Escritório de engenharia no Rio de Janeiro-RJ -Base apoio às operações em Rio das Ostras-RJ -Infraestrutura de geotecnia em Pinhais-PR	- Pesquisas a partir de levantamentos submarinos, de geociência e de serviços ambientais marinhos para subsidiar as operadoras com dados meteocanográficos, geofísicos e hidrográficos -Oferta de estudos, testes e provas de solo, de cargas e de estruturas	-A Fugro, atuante no mercado brasileiro a mais de 20 anos, detém embarcações geotécnicas com capacidade de sondagem em até 3 mil metros de profundidade, equipadas com o sistema de sondagem tradicional via sonda
Geologus	-Escritório de engenharia no Rio de Janeiro-RJ	- Serviços de laboratórios para realização de ensaios	
Geomecânica	-Escritório de engenharia no Rio de Janeiro-RJ	-Consultorias geotécnicas para a indústria de O&G	
Intelie	-Escritório no Rio de Janeiro-RJ, São Paulo-SP e Houston-EUA	-Fornece uma plataforma capaz de integrar os dados monitorados em tempo real de acordo com o interesse da análise proposta	- A ideia é correlacionar eventos complexos identificando padrões para permitir ao usuário a aplicação das informações, a detecção de oportunidades e a automação de ações. A empresa atende diversos mercados, mas apresenta ferramentas específicas para operações em O&G.
Kognitus	-Escritório de engenharia no parque tecnológico da UFRJ	-Plataforma computacional de inteligência artificial para a interpretação rápida dos dados de geofísica, de geologia, do reservatório e da produção -Serviços de avaliação	-Conta com parcerias de grupos de pesquisa e companhias como Amazon, Microsoft e Google para desenvolver soluções customizadas.
Kongsberg	-Escritório de engenharia no Rio de Janeiro-RJ	- Serviços de gerenciamento da integridade de risers e umbilicais -Serviços de avaliação	- A norueguesa Kongsberg é uma grande empresa da área marítima e uma das líderes mundiais em equipamentos, embarcações e serviços offshore, abrangendo assim diversas atividades econômicas.
McDermott	-Escritório de engenharia no Rio de Janeiro-RJ	-Instalação de SURF	
MessenOcean	-Infraestrutura para montagem da eletrônica e instalação de sensores em Vitória-ES	-Fornece sistemas de monitoramento e atua no lançamento, operação e manutenção de boias meteocanográficas.	
MFX	-Fábrica de umbilicais em Salvador-BA -Escritórios de engenharia em Salvador-BA e Rio de Janeiro-RJ	-Umbilicais -Instalação de SURF	-É uma empresa brasileira fundada em 1982. Foi pioneira na fabricação de umbilicais para extração petrolífera em alto mar. A Petrobras concedeu à empresa em 2017 e 2018 o prêmio de melhor fornecedor na categoria “umbilicais”

NavCon	-Escritório de engenharia e centro de pesquisa no polo tecnológico de São José dos Campos-SP	-Realiza serviços para aplicações offshore de instalação, operação e manutenção de sistemas de aquisição de dados e monitoramento de movimentos, tensões, vibração acústica submarina e navegação - Dispõe de softwares para operações em tempo real, projetos e modelos de sensores, integração de sistema GPS e integração de sensores inerciais.	- Com alto conteúdo tecnológico e uso de sensores inerciais para navegação e controle, tem aplicações offshore, aéreas, terrestres e espaciais. Assim, sua atuação é variada em diferentes setores industriais. - A empresa tem escritório no polo tecnológico de São José dos Campos-SP e desenvolveu em conjunto com a Petrobras, a Holos, a Ambidados e o Laboratório de Instrumentação Oceanográfica (LIO/UFRJ) a boia meteoceanográfica com maior conteúdo nacional.
NOV	-Fábrica em São João da Barra-RJ (Porto do Açú) -Escritório de engenharia no Rio de Janeiro-RJ	-Linhas flexíveis e risers	-A fábrica foi inaugurada em 2014
Oceanering	-Fábrica de termoplásticos, mangueira termoplásticas e umbilicais em Niterói-RJ -Base operacional Macaé-RJ e Rio de Janeiro-RJ	-Fornecer termoplásticos, mangueiras termoplásticas e umbilicais -Serviços de inspeção e testes	
Ocyan	-Escritório de engenharia no Rio de Janeiro-RJ	-Instalação de equipamentos submarinos e SURF	
Oil States	-Escritório de engenharia no Rio de Janeiro-RJ -Fábrica especializada em sistema de dutos e conectores em Macaé-RJ	-Linhas submarinas e risers -São oferecidos serviços de inspeção, manutenção e testes	-Estava programado receber em 2018 uma nova fábrica no Rio de Janeiro-RJ projetada para fabricar qualquer linha de produtos da companhia com investimento total de R\$ 90 milhões. Mas não está concluído o projeto. - Em agosto de 2017 a empresa adquiriu a MR Inspection, detentora da tecnologia (automação e robótica) para inspeção de risers de perfuração a bordo de sondas ou em áreas remotas.
OneSubsea (parte do SPS da Schlumberger)	- Fábricas em Macaé-RJ e Taubaté-SP	-ANM, componentes associados à ANM, separador submarino e sistemas de controle de bombeamento	
Ouro Negro	-Escritório de engenharia para desenvolvimento e prototipagem -Infraestrutura de montagem e testes de componentes no Rio de Janeiro-RJ -Espaço de apoio em Campos de Goytacazes-RJ	-Monitoramento contínuo de risers flexíveis a partir de sistema baseado em sensores de fibra ótica cunhado de Monitoramento Óptico Direto no Arame (MODA) -Soluções robóticas para inspeção visual em espaço confinado, em risers e em tubulações sem possibilidade de implantação de PIG -Utilização de ferramentas de medição, captação e transmissão de imagens em tempo real a um software capaz de aferir a integridade destes equipamentos	- Fundada em 2010, a empresa é nacional e derivada de quatro spin-offs da PUC-RJ -Tem escritório em Houston-EUA

PHDSOft	-Escritório no Rio de Janeiro-RJ	-Avaliação e predição da gestão de integridade e manutenção de ativos críticos como <i>risers</i> por meio de gêmeos digitais	-A primeira versão foi lançada em 1993 e atualmente a empresa tem parceria com a Siemens e está presente em Houston-EUA - É possível visualizar um componente específico ou a estrutura como um todo, facilitando as tomadas de decisões dos engenheiros. Esse serviço proporciona o benefício de redução de custos com reparos desnecessários em ativos com baixo risco e evita falhas estruturais que podem causar acidentes.
Pipeway	-Escritório de engenharia e fábrica no Rio de Janeiro-RJ	-Inspeção por meio da disponibilização e serviços relativos ao PIG -Dispõe de um sistema computacional de gerenciamento do sistema de dutos que mostra a evolução das anomalias reportadas, compara os resultados das inspeções, gere documentos e planeja e controla inspeções, reparos e contratos. -Serviços de avaliação -Serviços de inspeção e testes	-Abrange todo o pacote tecnológico 3 e tem origem nas pesquisas realizadas em cooperação entre Petrobras e PUC-RJ
Promec	-Escritório de engenharia no parque tecnológico da UFRJ	-Utiliza de modelagem matemática de alta performance para simular processos industriais e operacionais empregando inteligência artificial e para aplicações de mecânica estrutural e de dinâmica de fluido -Via modelagem computacional são desenvolvidos softwares e aplicativos	- A empresa é originada do Laboratório de Métodos Computacionais em Engenharia da UFRJ (LAMCE/UFRJ), mas conta com o apoio dos laboratórios da COPPE/UFRJ e do Laboratório Nacional de Computação Científica do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicações (LNC/MCTI) dotado em Petrópolis-RJ.
Prysmian	-Fábrica de umbilicais em Vila Velha-ES -Fábrica de cabos óticos -Centro de excelência para a América Latina de PD&I nas áreas de energia e telecomunicações em Sorocaba-SP (a partir de 2019)	-Umbilicais -Fornece cabos óticos	-A fábrica tem capacidade de produção entre 200km e 400km por ano. Já se desenvolvem soluções de umbilicais termoplásticos com fibra ótica nesta fábrica. Nesta unidade, houve incremento de funcionários, uma nova linha de umbilicais metálicos e expansão das instalações e de produtos para o mercado externo
Rio Analytics	-Escritório no Rio de Janeiro-RJ	-Fornece através da utilização de inteligência artificial um sistema de predição em tempo real do ciclo de vida das estruturas submarinas. O sistema “Kairos Subsea” aponta os componentes críticos e avalia as condições das estruturas e de performance	- Isso é feito com algoritmos de machine learning auxiliando na predição de falhas.

Saipem	-Infraestrutura no Guarujá-SP possibilita o armazenamento, testes, fabricação e montagens de equipamentos (PLET e PLEM), boias e SURF (<i>Risers</i>).	-Enfoque nos conjuntos 1, 2 e 3 do pacote 2 -Desenvolvimento de separador submarino -Instalação de equipamentos submarinos e SURF -Inspeções com AUV -Serviços de inspeção e testes -Serviços de manutenção	-Infraestrutura projetada para atender projetos do pré-sal na Bacia de Santos e para se tornar no futuro, caso necessário, um Centro de de Tecnologia e Construção Offshore -Existe a perspectiva de maior atuação no pacote 1 no médio e longo prazo -Participa no projeto da Shell do “FlatFish” a partir do conhecimento adquirido com a utilização do “Hydrone” em suas operações globais
Seip7	-Escritório de engenharia em São Paulo-SP -Desenvolvimento de sonda no parque tecnológico de Sorocaba	-Desenvolvimento de soluções tecnológicas de monitoramento como a sonda de monitoramento e indicação de vazamento em tubulações	- Entrou como incubadora no parque em 2013 e é fruto de um projeto de apoio da Fapesp e FINEP
Siemens/Chemtech	-Escritórios no Rio de Janeiro-RJ, São Paulo-SP, Belo Horizonte-MG e Salvador-BA -Centro de reparos e manutenção em Macaé-RJ	-Soluções integradas de projetos, por meio da subsidiária Chemtech, otimizando os processos com serviços de engenharia e tecnologia da informação. - Dispõe de instrumentação para medição, posicionamento, registro e controle de pressão, nível, temperatura, vazão, válvulas e proteção; software para gerenciamento de ativos; software de gestão do ciclo de vida; software de design, simulação e engenharia; e centro de reparos, peças sobressalentes e treinamentos. -Serviços de avaliação -Serviços de inspeção e testes	- A empresa já desenvolveu mais de uma centena de projetos para a Petrobras e detém expertise no mercado nacional a ponto de contar com uma engenharia próxima de 100% em conteúdo local. -Atua em todo os conjuntos do pacote tecnológico 3
Solvay	-Infraestrutura com operações destinadas ao setor de O&G em Taboão da Serra-SP e São Bernardo do Campo-SP -Centro de pesquisa em Paulínia-SP	-Fornece o termoplástico -No centro de pesquisa a poliamida (componente do termoplástico) e suas atribuições em diferentes áreas como saúde, têxtil, agricultura, energia renovável e O&G é estudada	-Está no Brasil por meio da multinacional Rhodia que fornece insumos soluções de químicos.
Stresstec	-Escritório de engenharia e infraestrutura para os serviços em Gravataí-RS no parque tecnológico da UFRGS	-Serviços de campo como monitoramento, instrumentação, inspeção, operação assistida e manutenção	- A partir de sistema de sensoriamento é possível monitorar estruturas de grande porte e com testes mecânicos sob regimes de carga estáticos, dinâmicos, hidrostático e multiaxiais se aufere sobre a qualificação e validação de estruturas. Além disso, por meio computacional e de cálculo analítico são analisadas as tensões, a integridade e as condições para falha -É spin off do Laboratório de Metalurgia Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (LAMEF/UFRGS)

Subsea7	<ul style="list-style-type: none"> -Escritório de engenharia no Rio de Janeiro-RJ -Centro de soldagem de tubos em Anchieta-ES -Infraestrutura da Itech7 em Rio das Ostras-RJ para soluções por meio de ROV 	<ul style="list-style-type: none"> -Linhas submarinas e <i>risers</i> -Instalação de equipamentos submarinos e SURF -Fornece umbilicais, mas não produz no país -Monitoramento contínuo e análise de dados, inspeção e reparo. Isso inclui as embarcações necessárias, a gestão de hidratos e o uso de técnicas de processamento de dados -Serviços de ROV -Serviços de inspeção e testes -Serviços de manutenção 	<ul style="list-style-type: none"> - Frota de embarcações variadas no país capazes de realizar a instalação de qualquer equipamento submarino e SURF -No pacote 3, existe o auxílio da subsidiária Itech7 - A empresa em 2019 ainda adquiriu a 4Subsea que funcionará de forma autônoma de modo a aprimorar e apoiar a Subsea7 no fornecimento de soluções digitais avançadas.
Superpesa	<ul style="list-style-type: none"> -Sede no Rio de Janeiro-RJ -Base operacional de serviços marítimos no parque tecnológico da UFRJ 	<ul style="list-style-type: none"> -Serviços de logística e transporte por via terrestre e marítima de equipamentos e cargas superdimensionados e superpesados 	<ul style="list-style-type: none"> - Na área marítima, conta com balsas guindastes offshore e rebocadores. Uma demanda que a empresa espera responder é acerca das atividades de descomissionamento e remoção de estruturas marítimas.
Tech-Insp	<ul style="list-style-type: none"> -Infraestrutura em Rio das Ostras-RJ 	<ul style="list-style-type: none"> -Serviços de inspeção, manutenção e reparos em diversas áreas industriais -Inspeção de tubulações e de estruturas por ultrassom 	
TechnipFMC	<ul style="list-style-type: none"> -Fábrica de equipamentos e de montagem de ANM e sistemas submarinos no Rio de Janeiro-RJ -Fábricas de linhas e <i>risers</i> submarinas em São João da Barra-RJ e Vitória-ES -Base de serviços em Macaé-RJ - Centros de pesquisa no parque tecnológico da UFRJ -Escritório de engenharia no Rio de Janeiro-RJ 	<ul style="list-style-type: none"> -Desenvolvimento de separador submarino -Instalação de equipamentos submarinos -Linhas flexíveis e <i>risers</i> -Serviços de manutenção -Um centro de engenharia para atividades onshore e offshore. E um centro de pesquisa que conta com piscinas de testes, câmara hiperbárica e cabines de testes para equipamentos submarinos e SURF. 	<ul style="list-style-type: none"> - Antes da fusão já existiam centros de pesquisa de ambas companhias. - Frota de embarcações variadas no país capazes de realizar a instalação de qualquer equipamento submarino e SURF - A fábrica de Vitória-ES funciona desde 1986 e já foram ofertados mais de 3600 Km de tubos flexíveis servindo não apenas o mercado local.
Tenaris	<ul style="list-style-type: none"> -Fábrica em Pindamonhangaba-SP -Base de serviços em Rio das Ostras-RJ -Centro de P&D no Parque Tecnológico da UFRJ 	<ul style="list-style-type: none"> -Linhas submarinas, <i>risers</i> -Fornece umbilicais, mas não produz no país -O foco do centro de pesquisa é em tecnologias de soldagem, revestimentos diferenciados (como cladeados e orgânicos) e em áreas de estudo de mecânica da fratura e de elementos finitos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Adquiriu a Confab que opera no país desde 1943 e também detém de 3,1% da Usiminas no Brasil. -A planta industrial em Pindamonhangaba-SP com capacidade de produção de 550 mil toneladas de tubos com costura por ano
Usiminas	<ul style="list-style-type: none"> -Fábricas de tubos e produção de aço em pontos diversos no país 	<ul style="list-style-type: none"> -Fornece aço e tubos de aço 	<ul style="list-style-type: none"> -Era uma empresa estatal e foi fundada nos anos 1950

Vallourec	-Fábrica de tubos em Belo Horizonte-MG, Jeceaba-MG e Serra-ES -Base logística em São João da Barra (Porto do Açu)	-Fornece tubos de aço	-Jeceaba-MG foi inaugurada em 2011 com o objetivo de amplificar o potencial de exportações da empresa. Em Serra-ES produz tubos de aço com solda helicoidal de grande diâmetro (de 16" a 60") para diversas aplicações. Em São João da Barra-RJ, especificamente no Porto do Açu, se atende às empresas da indústria petrolífera.
Vortex	-Escritório de engenharia no parque tecnológico da UFRJ	- Atua com modelagem e estudos de impactos ambientais, de previsão de ondas e correntes para operações de navios, de desenvolvimento operacional e de dispersão de óleo em caso de acidentes	
Wikki	-Escritório de engenharia no parque tecnológico da UFRJ	-Aplica a fluidodinâmica computacional ⁹¹ para avaliação de eficiência e de condições operacionais de equipamentos; e para análise de garantia de escoamento	- Atua em cooperação com o o Laboratório de Ciência e Engenharia de Petróleo da Universidade Federal do Pará (LCPetro/UFPA)
2H Offshore	-Escritório de engenharia no Rio de Janeiro-RJ	-Oferece serviços de engenharia de design e gerenciamento da instalação de sistemas de SURF e PLETs -Atua desenvolvendo sistema de monitoramento e avaliação de SURF	
4Subsea	-Escritório de engenharia no Rio de Janeiro-RJ	- Serviços de gerenciamento da integridade de SURF e equipamentos submarinos	-A 4Subsea é uma empresa norueguesa que chegou ao Brasil em 2017 e está trabalhando em um projeto com a Shell, Coppe e Embrapii para estender o ciclo de vida operacional de <i>risers</i> flexíveis e reduzir riscos operacionais. - Fundada em 2007 e uma das mais importantes empresas de serviços de integridade de equipamentos submarinos e SURF do mundo tem inclusive experiência no Mar do Norte. -A empresa contribui com tecnologias digitais e automatizadas de monitoramento dos <i>risers</i> .

Fonte: Elaboração própria a partir de informações disponibilizadas no site da Petrobras, das empresas citadas e da planilha da cláusula de PD&I da ANP

⁹¹ Conforme exposto no site da empresa, é a área do conhecimento que trata da simulação numérica de escoamentos de fluidos, transferência de calor e fenômenos relacionados, como reações químicas, combustão, aeroacústica e etc; com o auxílio computacional.

Pelo quadro 10 conseguimos observar as especialidades e potenciais de cada empresa no país. A estrutura de produção e de serviços está distribuída entre companhias especializadas em determinados segmentos do SPS e as companhias integradas, tanto *fullstream* como as integradas no mercado de SPS.

Essa divisão se perpetua não apenas no mercado internacional, mas no brasileiro também, havendo apenas maior ou menor participação em relação ao mercado internacional. Isso ocorre devido à experiência e confiança desses fornecedores no ambiente *offshore* brasileiro.

Para além das grandes parapetrolíferas integradas (Aker Solutions, BHGE, OneSubsea e TechnipFMC), as demais empresas se especializaram em alguns produtos e serviços; com exceção da Dril-Quip que pode ser considerada uma empresa integrada no mercado do SPS com uma diversidade de soluções no ambiente *offshore*.

O que deve ser destacado é a entrada de empresas relacionadas a serviços e equipamentos para monitoramento e integridade das operações no Brasil. Podemos citar as norueguesas 4Subsea e Kongsberg, e as brasileiras Ativatec, Stresstec, Ouro Negro, NavCon e RioAnalytics.

De modo geral para as fornecedoras do SPS, independente de pacote tecnológico, o propósito do projeto de PD&I é a provocação e a necessidade do cliente que pode ser outro grande fornecedor ou a petrolífera (entrevistas 2, 3, 5, 8, 9, 13, 14 e 16). Com a exigência da cláusula de PD&I as instituições de pesquisa também auxiliam neste processo de forma mais ou menos intensa dependendo do pacote tecnológico.

Do ponto de vista interno, as inovações organizacionais ocorridas nos espaços detidos pelas empresas no Brasil têm sido muito valorizadas. Como os entrevistados 7, 10 e 16 pontuaram a modernização organizacional e a gestão de qualidade das operações tem sido forte e rendido resultados positivos. “A tentativa agora é de descentralizar e as pessoas terem em mente que a inovação não é uma competência de um departamento específico e centralizado. A ideia é criar uma mentalidade de busca de inovação em todos os processos.” (entrevista 7)

Isso é feito a partir de treinamentos e estímulo a pensar de forma diferente de modo a criar um ambiente de observação às oportunidades de inovação. O estímulo à inovação tem foco nos funcionários envolvidos na operação se abrindo espaço ao “*design thinking*”,

“lean manufactory”⁹², workshops, eventos e soluções externas advindas de *start ups* por exemplo (entrevistas 10 e 16).

Vale observar também que as fornecedoras do SPS demandam uma série de materiais e insumos para produzir tais equipamentos. A ANM tem como insumo principal o aço; e se conforma em um conjunto de peças contendo cabeça de poço, válvulas e bombas. As linhas flexíveis são compostas por polímeros e aços nobres (ex.: aço liga). Os umbilicais são feitos com cabos elétricos e linhas com materiais especiais dependendo do fluxo e tipo de produtos químicos, podendo conter fibra ótica.

Neste sentido, existe uma variedade de empresas na cadeia de SPS com uma série de equipamentos (suas peças e engenharia) e serviços (suas ferramentas e engenharia) já observados durante a tese. Nos pacotes desenvolvidos à frente são destacados os agentes mais preponderantes devido à dificuldade em identificar todos os agentes envolvidos no fornecimento e, ainda maior, no subfornecimento do SPS. Não é o objetivo do trabalho traçar uma rede completa e exaustiva, mas prover uma visão estilizada e útil de o que existe e quais são as potencialidades.

Um outro ponto a ser destacado é a grande variedade de instituições de pesquisa presentes no país, com foco no setor de óleo e gás ou nos *clusters* tecnológicos discutidos aqui, capazes de desenvolver projetos e solucionar demandas do SPS com as empresas. Por esse motivo, serão apontados nos pacotes tecnológicos aqueles de maior interação ou mais citados nas entrevistas.

Neste ponto, vale notar o princípio do pesquisador, especialmente na universidade, de trocar e buscar informação e cooperação para solucionar questões. Ou seja, como explicitado por todos entrevistados nas universidades, instituições como Coppe/UFRJ, Escola Politécnica (USP) e Cepetro/Unicamp apresentam um grau de interação importante dentro de seus laboratórios e projetos demandados.

⁹² É uma filosofia de gestão focada na redução desperdícios nos métodos operacionais para obter ganhos de qualidade, tempo e custo da produção.

Quadro 11: Resumo dos principais desenvolvimentos e produções das instituições de pesquisa no SPS brasileiro

PRINCIPAIS INSTITUIÇÕES DE PESQUISA ENVOLVIDAS NOS PACOTES SPS	PRINCIPAIS DESENVOLVIMENTOS E PRODUÇÕES NO BRASIL
Centro de Metrologia e Instrumentação da Fundação CERTI-SC (CMI/CERTI)	<ul style="list-style-type: none"> -Pesquisa a inserção de tecnologias no contexto de transformação digital na pré-fabricação de tubulações para a Petrobras. -Tem em desenvolvimento um sistema inteligente de inspeção com termografia e processamento de imagens.
Centro de Pesquisas e Tecnologias de Inspeção da PUC-RJ (CPTI/PUC-RJ)	<ul style="list-style-type: none"> -Pesquisa a aplicação de fibra ótica no monitoramento e sensoriamento. -Desenvolveu tecnologias como o MODA da Ouro Negro e sensores de coletas de dados. -Tem feito um esforço na parte de robótica para auxiliar no desenvolvimento de equipamentos de inspeção e desenvolveu o PIG
Centro para Pesquisa e Desenvolvimento de Processos de Soldagem da Universidade Federal de Uberlândia (Laprosolda/UFU)	<ul style="list-style-type: none"> -Avalia a limitação do número máximo de reparos por soldagem para não haver perda das propriedades dinâmicas e a escolha de métodos de inspeção ótimos.
Cepetro/Unicamp	<ul style="list-style-type: none"> -Tem desenvolvido para a Petrobras estudos sobre o sistema de bombeamento e vida útil de equipamentos de BCSS, além de desenvolver superfícies com caráter anti-incrustante. -Estudos para monetizar os gases relativos ao processo de produção de hidratos nos equipamentos de separação submarina -Projeto para buscar novos modelos de análise de operações de instalação e recuperação de equipamentos submarinos e dutos com o fim de reduzir os custos e aumentar a segurança. -Estudos de instalação de SURF e equipamentos submarinos -Atualização do parque computacional aplicado ao laboratório de alta performance geofísica. -Desenvolve uma superfície para revestimento anti-incrustante podendo servir para dutos e equipamentos submarinos; e realiza uma simulação de escoamento para observar a dinâmica e comportamento estrutural de risers.
Departamento de Engenharia Eletrônica da Universidade Federal de Minas Gerais (DEE/UFMG)	<ul style="list-style-type: none"> - Tem estudado a implementação de um sistema de medição de grandezas térmicas e mecânicas para aumento da vida útil do BCS. - Criação de um protótipo de identificação e rastreamento de equipamentos por um modelo tridimensional virtual realístico em cooperação com a Petrobras.
Escola Politécnica/USP	<ul style="list-style-type: none"> -Estudos para monetizar os gases relativos ao processo de produção de hidratos nos equipamentos de separação submarina.

Grupo de Simulação e Controle em Automação e Robótica da UFRJ (GSCAR/UFRJ)	-Atua em um projeto da Repsol Sinopec com a 13Robotics para desenvolver um protótipo de um sistema de estabilização da movimentação de embarcações de modo a possibilitar o uso de um detector de vazamentos e de integridade que atualmente só funciona de forma estática. - Em outro projeto o grupo tenta desenvolver um robô autônomo para identificar vazamentos de óleo no ambiente offshore e coletar dados meteoceanográficos para observar modelos de dispersão de óleo
Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT)	-Neste instituto está se avaliando o comportamento mecânico da união de polímeros e metálicos por meio de adesivos para servir de alternativa à soldagem por arco elétrico. -Pesquisa para a melhora da qualidade de estruturas de compósitos reforçados com fibra de vidro. -Pesquisa meios de minimizar os problemas decorrentes de interferência eletromagnética entre grupos de circuitos de umbilicais integrados. -Acordo de cooperação entre a instituições de pesquisa e empresa NavCon.
Instituto de Sistemas Elétricos e Energia da Universidade Federal de Itajubá (ISEE/UNIFEI)	-Pesquisa e desenvolvimento de sistema remoto de monitoramento e diagnóstico do bombeio centrífugo submerso (BCS).
Instituto ISDB Flowtech	-Pesquisa sobre modelos de previsão de escoamentos multifásicos com alto teor de CO2.
Laboratório Água e Solos em Agroecossistemas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (LASA/UFRRJ)	- Atua em projetos com a Petrobras via a cláusula de PD&I da ANP e forneceu conhecimento de solos para subsidiar a gestão territorial e ambiental de alguns campos terrestres de exploração e produção de gás e petróleo na região Norte e Nordeste.
Laboratório de Análise e Confiabilidade de Estruturas Offshore (UFRJ)	-Desenvolve modelos analíticos e numéricos para análise local de umbilicais quanto à resistência.
Laboratório de Automação e Sistemas de Controle Avançado da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (LASCA/UTFPR)	-Trabalha em uma solução de inspeção para equipamentos de superfícies quentes em serviço através de ensaios não destrutivos de ultrassom. Isso reduziria o tempo e os custos com embarques e operações ROV.
Laboratório de Corrosão (LabCorr)	-Avaliação dos graus de corrosão para os aços de carbono e inoxidáveis. -Desenvolvimento de metodologia de avaliação de alternativas e melhor decisão para as opções de descomissionamento.
Laboratório de Corrosão e Proteção do Instituto Nacional de Tecnologia	-Tem pesquisado sobre a utilização de revestimentos e as possíveis falhas deste; e uma metodologia para minimizar o impacto de partículas sólidas devido a oxidação da parede de dutos.
Laboratório de Eletrônica de Potência e Média Tensão (LEMT/UFRJ)	-Participação do projeto do “Sistema Nautilus”. O equipamento é um sistema de armazenamento e injeção de produtos químicos nos equipamentos submarinos.

Laboratório de Ensaio de Campo e Instrumentação Professor Márcio Miranda Soares (LECI/UFRJ)	-Projeto da Petrobras que objetiva aprimorar a capacitação com infraestrutura para a realização de ensaios de campo e laboratório de argilas moles, bem como prover equipamentos capazes de realizar provas de carga instrumentada.
Laboratório de Ensaio Não Destrutivos, Corrosão e Soldagem da UFRJ (LNDC/UFRJ)	-Teve melhorias em seus equipamentos para avaliar de degradação de poliamida na presença de dióxido de carbono supercrítico
Laboratório de Espectroscopia Raman (UFMG)	-Desenvolve cabos condutores de nanotubos de carbono em umbilicais elétricos. Para tal, foi feita uma adequação da infraestrutura para instalar um forno de alta temperatura e atmosfera controlada.
Laboratório de Geotecnia da UFRJ (LG/UFRJ)	-Parceria com a Benthic em seminários e serviços para melhoria de processos e enfoque de recursos no que é considerado importante no mercado de geotecnia.
Laboratório de Instrumentação e Fotônica da UFRJ (LIF/UFRJ)	-Desenvolve um sistema de sensoriamento por fibra ótica para identificação em tempo real de bactérias redutoras de sulfato.
Laboratório de Instrumentação Eletrônica e Controle da Universidade Federal de Campina Grande (LIEC/UFCEG)	-Tem buscado a sintonização dos equipamentos submarinos e seus sistemas de controle descentralizados.
Laboratório de Instrumentação Oceanográfica (LIO/UFRJ)	-Participação no projeto da boia meteorológica com maior conteúdo nacional.
Laboratório de Mecânica de Estruturas Universidade Federal de Uberlândia (LMEst/UFU)	-Pesquisa sobre um sistema de inteligência artificial para analisar e reduzir a complexidade computacional de armazenamento de dados com anormalidades em servidores.
Laboratório de Mecânica dos Fluidos da Universidade Federal de Uberlândia (LMF/UFU)	-Desenvolve uma ferramenta computacional para construção de metamodelos de estruturas de risers. -Realiza simulações para avaliar o escoamento da mistura de gás e partículas em configurações similares à risers atentando parâmetros de carga de sólidos, tamanhos dos risers, condições de alimentação e aglomeração de partículas.
Laboratório de Metalurgia Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (LAMEF/UFGRS)	-É um importante instituto para realização de testes e de qualificação de equipamentos e teve ampliação da infraestrutura para dar maior capacidade de cargas e controle -Há um projeto de desenvolvimento de tubos bimetalicos aumentando a espessura da parede dutos rígidos para melhorar a resistência das juntas -Estudo de corrosão em juntas empregadas na fabricação de tubulações e uma pesquisa sobre as armaduras de tração e pressão de dutos flexíveis para reduzir as falhas associadas à corrosão. -Cooperação e apoio com a Stresstec.
Laboratório de Métodos Computacionais e Sistemas Offshore (LAMCSO/UFRJ)	-Desenvolvimento do OTIMROTA-Multiline é uma ferramenta para a síntese e avaliação de layouts submarinos para cenários de águas profundas e ultraprofundas de produção petrolífera.

Laboratório de Modelagem, Simulação e Controle de Processos da UFRJ (LMSCP/UFRJ)	<ul style="list-style-type: none"> -Tem desenvolvido metodologias para o acompanhamento em tempo real de indicadores de performance das membranas em separadores submarinos. -Participação do projeto do “Sistema Nautilus”. O equipamento é um sistema de armazenamento e injeção de produtos químicos nos equipamentos submarinos. -Tem um projeto com a Petrobras de desenvolvimento de um novo mecanismo que seja capaz de sintetizar compósitos com propriedades magnéticas e reticulantes a fim de utiliza-los como materiais de combate à perda de circulação. Para isso o laboratório recebeu infraestrutura de pesquisa de polímeros magnéticos.
Laboratório de Processamento e Caracterização de Materiais (LPCM/UFRJ)	<ul style="list-style-type: none"> -Participação do projeto do “Sistema Nautilus”. O equipamento é um sistema de armazenamento e injeção de produtos químicos nos equipamentos submarinos.
Laboratório de Processos de Separação por Membranas da UFRJ	<ul style="list-style-type: none"> -Serviu como spin-off da empresa Pam Membranas Seletivas, a qual desde 2009 faz parte do parque tecnológico da UFRJ e oferta membranas para separadores submarinos.
Laboratório de Sistemas Avançados de Gestão da Produção (LSAGP/UFRJ)	<ul style="list-style-type: none"> -Desenvolvimento de metodologia de avaliação de alternativas e melhor decisão para as opções de descomissionamento.
Laboratório de Tecnologia em Atrito e Desgaste da Universidade Federal de Uberlândia (LTAD/UFU)	<ul style="list-style-type: none"> -Avalia as propriedades mecânicas e a integridade estrutural sob hidrogenação em amostras miniaturas. Para isso foi preciso adequar a infraestrutura do laboratório.
Laboratório de Tecnologia Oceânica (LabOceano/UFRJ)	<ul style="list-style-type: none"> -Tem um tanque oceânico no parque tecnológico da UFRJ em funcionamento desde 2003. Tem a finalidade de realizar ensaios de modelos de estruturas e bens usados nas atividades de E&P. É o tanque mais profundo do mundo e neste é possível simular o ambiente marinho em profundidade superior à dois mil metros e apresenta um sistema de correntes e onda.
Laboratório de Tecnologia Submarina (LTS/UFRJ)	<ul style="list-style-type: none"> -Testes de qualificação de bens com câmaras hiperbáricas que simulam a pressão do ambiente marinho. -Um espaço foi aberto para receber uma nova câmara hiperbárica com maior capacidade de simulação a maiores profundidades. -Desenvolvimento de metodologia de avaliação de alternativas e melhor decisão para as opções de descomissionamento -Além dos testes de qualificação, faz reparos com termoplásticos em dutos flexíveis, realiza estudos de penetração de água nos arames de tração e trabalhou nas pesquisas de constituição do duto rígido em sanduíche. O laboratório recebeu equipamento hiperbárico capaz de testar dutos e equipamentos a profundidades maiores de 2500 metros. -Estuda e testa a flexibilidade de dutos rígidos no processo de instalação. -Realiza reparo de dutos flexíveis.
Laboratório de Vibrações e Acústica da Universidade Federal de Uberlândia (LVA/UFU)	<ul style="list-style-type: none"> -Está desenvolvendo um sistema de monitoramento contínuo de condição de equipamentos dinâmicos totalmente nacional e sem fios. -Desenvolve metodologias para otimizar as rotinas de inspeção de feixes de trocadores de calor e aumento da confiabilidade destes.

Laboratório Nacional de Nanotecnologia	-Estudos para evitar a formação de hidratos
Núcleo de Dinâmica e Fluidos (NDF/USP)	-Desenvolvimento do OTIMROTA-Multiline é uma ferramenta para a síntese e avaliação de layouts submarinos para cenários de águas profundas e ultraprofundas de produção petrolífera.
Núcleo de Estruturas Oceânicas (NEO/UFRJ)	-Atua em análises estruturais e de confiabilidade de dutos. O estudo do sistema de <i>risers</i> engloba flexíveis e alternativos, além de fazerem reparos, inclusive utilizando compósitos. -Recentemente, receberam equipamentos (únicos na América Latina) para testes de altas pressões. -Faz a análise estrutural de equipamentos submarinos fornecendo um parecer técnico de confiabilidade e o reparo de dutos flexíveis inclusive com materiais compósitos.
Research Centre Gas Innovation/USP	-Está atuando na ideia de injeção de gases em caverna de sal e de compressão de gases. Esses componentes são importantes no desenvolvimento do separador submarino água-óleo (SSAO). -É um dos principais pontos de pesquisa sobre o dióxido de carbono no país e seu abatimento, sendo este componente muito presente na produção do pré-sal. -Protótipo do separador supersônico de gás. Através da mecânica centrífuga, a ideia é desenhar diferentes geometrias de separadores. Para tal foi construído um laboratório para ensaios que atenda aos testes necessários de instrumentação, controle e análise.
Senai Cimateg-BA	-Protótipo para a automação de operações com ROV -Se envolve em projetos de automação e sistemas computacionais sendo reconhecida no setor. -Está trabalhando em um sistema de monitoramento e processamento de dados da soldagem para tomada de decisão e gerenciamento da qualidade
Senai-RJ	-Está trabalhando em um sistema de monitoramento e processamento de dados da soldagem para tomada de decisão e gerenciamento da qualidade
Tanque de Provas Numérico (TPN/USP)	- Detém de um centro de simulações de manobras composto por quatro simuladores de porte médio e dois de visão 360 graus, dando aporte a estudos de operações ship-to-ship e de logística e transporte. É possível realizar atividades de análise em projetos de embarcações, apontando o melhor desempenho e a redução de impactos ambientais. -Estudos de instalação de SURF e equipamentos submarinos.
TecGraf (PUC-RJ)	-Desenvolvimento do OTIMROTA-Multiline é uma ferramenta para a síntese e avaliação de layouts submarinos para cenários de águas profundas e ultraprofundas de produção petrolífera. -Pesquisa acerca da simulação computacional de operações submarinas com ROV. -Pesquisa uma ferramenta computacional de apoio à tomada de decisão da logística de programação de navios de instalação de dutos submarinos. -Se envolve em projetos de automação e sistemas computacionais sendo reconhecida no setor.

Fonte: Elaboração própria a partir de informações disponibilizadas no site da Petrobras, das empresas citadas e da planilha da cláusula de PD&I da ANP

Estas instituições, por vezes, são demandadas pelas petrolíferas para exercer atividades que poderiam ser executadas por empresas como os testes de confiabilidade e aplicabilidade da inovação e o desenvolvimento de softwares de auxílio à gestão da operação.

Como o entrevistado 2 apontou, as petrolíferas procuram mapear instituições de pesquisa, universidades e pesquisadores de norte a sul para formar redes de conhecimento em tópicos considerados essenciais. Os congressos abrem essa oportunidade de conhecer e se aproximar de potenciais parceiros.

A ideia é “identificar o potencial deles tanto técnico quanto do ponto de vista de segurança e de atividades realizadas de modo a mapear aqueles potenciais bons parceiros futuros (...) nesse processo, a Petrobras teve muitos anos para se estruturar e fazer isso, as outras empresas estão começando este processo” (entrevista 2). A saída para as petrolíferas mais recentes no país tem sido a formação de grupos de menor porte para desenvolver e organizar as pesquisas (entrevista 2 e 3).

Compreendido os aspectos gerais que envolvem os três pacotes e descritas e resumidas as principais infraestruturas e produções desenvolvidas pelas fornecedoras e instituições de pesquisa no SPS brasileiro, as próximas seções atentam para as relações, interações e capacitações desenvolvidas pelos atores. É possível especificar onde existem oportunidades e efeitos importantes na atividade industrial. Além disso, podemos notar a interconexão às cadeias produtivas globais e o desenvolvimento do produto no sistema tecnoeconômico; isso é importante para captar a geração de oportunidades segundo Perez e Soete (1988).

Inicialmente será observada de forma ampla a cadeia produtiva do SPS brasileiro e a rede interindustrial e intra-industrial que se desdobra a partir desta. Como Klevorick et al (1995) salientaram as diferenças intra-setoriais também são resultado do aprendizado inovativo, da difusão do conhecimento e da seleção e direção do desenvolvimento tecnológico entre as firmas. Isso demarca a evolução de competências dentro das estratégias empresariais no mercado.

A partir dessa visão macro de cada pacote, adentramos com uma lupa em quadros de relações e redes; procurando fazer uma aproximação dos principais atores e interações existentes.

Os quadros 7 e 8 destacaram os principais desenvolvimentos e infraestruturas dos fornecedores e instituições de pesquisa. Porém, agora de forma conjunta será possível compreender como o conjunto de atores direcionam esforços em determinados conjuntos de atividades do SPS brasileiro. Inclusive alguns pontos desses quadros poderão ser salientados devido à importância no contexto brasileiro.

Devido à complexidade e quantidade de atores e interações possíveis, inclusive inter-industriais e intra-industriais, se optou por não utilizar a forma tradicional de exposição estilizada de redes como feito na figura 12 por exemplo. Isso é decorrente da tentativa de uma melhor visualização para o leitor, sem deixar de lado os elementos morfológicos que constituem tais estruturas de rede conforme exposto em Britto (2012).

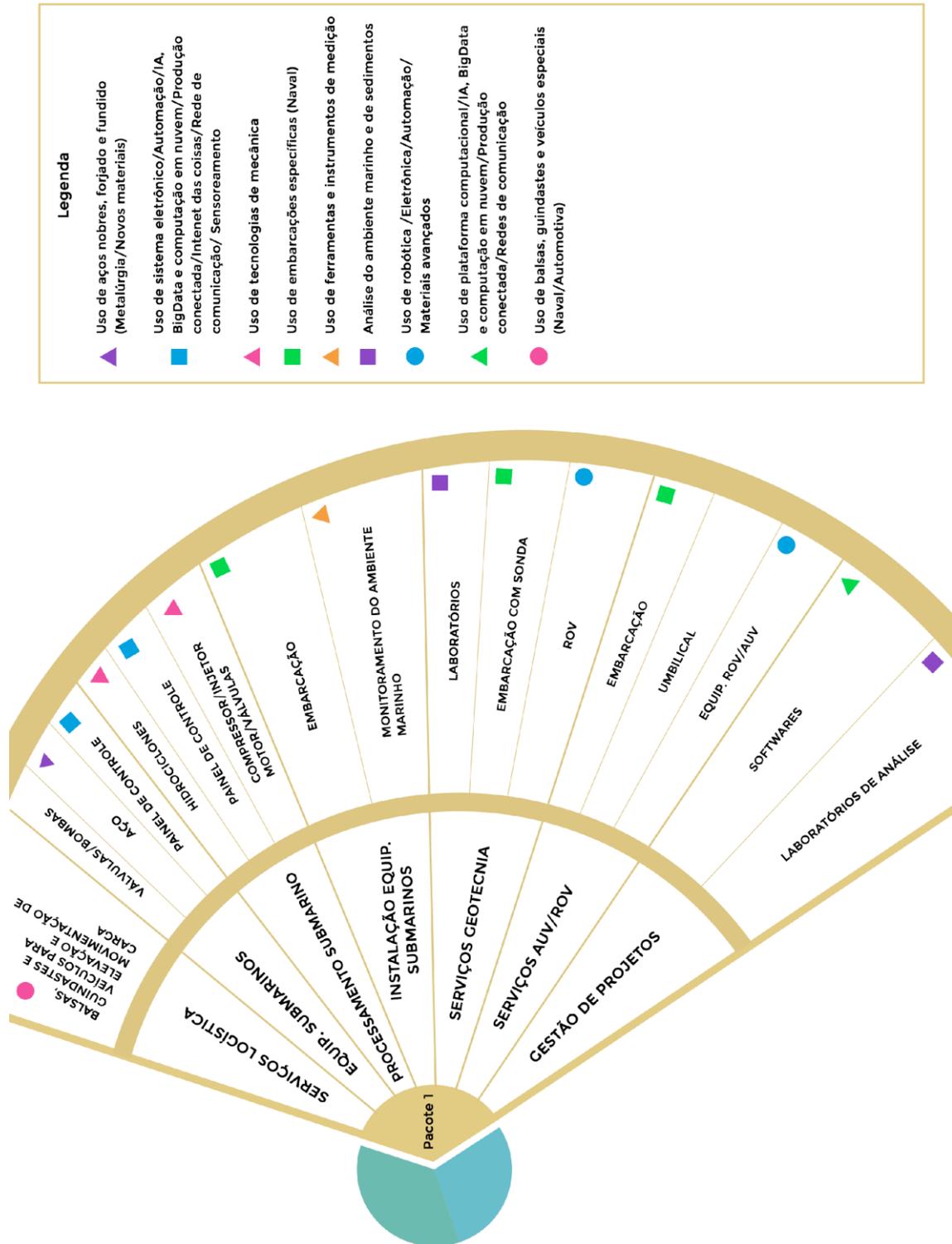
4.2.1. Pacote tecnológico 1: Processos de controle de fluxos

Neste ponto em que se trata dos processos de controle de fluxos, o interesse está nos equipamentos e serviços com a função de controlar e gerenciar os fluxos de óleo, água e gás provenientes da produção advinda do reservatório. A figura 13 a seguir dispõe da rede de equipamentos e serviços do pacote 1 e a sua cadeia de suprimentos.

No primeiro nível da fatia estão os equipamentos e serviços relativos ao pacote tecnológico 1 e na fatia seguinte os insumos para estes equipamentos e serviços com a sinalização dos segmentos industriais proeminentes. Assim está demonstrado por legenda as indústrias e segmentos mais importantes e potenciais para o fornecimento neste pacote tecnológico. São observadas as redes interindustriais de inovação citadas por DeBresson e Amesse (1991).

Os equipamentos submarinos e os equipamentos de processamento submarino são essencialmente fabricados com aços nobres e forjado e dependem de uma tecnologia mecânica como válvulas, compressores e bombas submarinas. O aço forjado normalmente é importado da China. Já o painel de controle, pode incrementar nesses equipamentos, tecnologias de alguns clusters tecnológicos que permitem uma operação mais confiável e eficiente.

Figura 13: Principais desdobramentos e segmentos industriais envolvidos na rede de equipamentos e serviços do pacote tecnológico 1



Fonte: Elaboração própria

As demais fatias do primeiro nível são referentes a serviços. A instalação depende de embarcação específica de acordo com o tipo de instalação definido para a operação. Além disso, o monitoramento do ambiente marinho é fundamental neste processo e para tal se utilizam de uma série de ferramentas e instrumentos de medição sobre as condições das correntes, de pressão, da condição atmosférica e etc.

A logística envolve uma série de veículos especiais em mar e terra para suportar e içar grandes pesos e dimensões. Tanto a indústria naval como a automotiva é demandada. Os serviços de gestão de projetos conciliam análises em laboratórios que estudam os dados do ambiente marinho e softwares para projetar de modo eficiente a operação demandada.

Os serviços de geotecnia e de AUV/ROV exigem embarcações específicas, inclusive com sondas, e veículos remotos com acesso ao leito marinho. O primeiro ainda depende de umbilical e de laboratórios com capacidade de analisar sedimentos e coletas do ambiente marinho. Em alguns casos, são necessários equipamentos laboratoriais de alta tecnologia para estudos químicos.

Os AUV/ROV podem reunir diversas tecnologias e *clusters* tecnológicos como robótica e materiais avançados. Além disso, este equipamento já vem sendo utilizado em outros setores da economia brasileira como em tanques, reservatórios de hidrelétricas, inspeção de dutos terrestres, serviços na área do meio ambiente e turismo.

Vale notar, que em todos os últimos serviços o descomissionamento se constitui um desafio a ser enfrentado e pode abrir possibilidades de novos produtos e tecnologias para a operação. Ou seja, podem haver novas relações interindustriais e intra-industriais dependendo de como as empresas interessadas neste serviço irão projetar e planejar a operação no contexto do ambiente marinho brasileiro.

A seguir, tendo em vista os desdobramentos dos segmentos e operações no pacote tecnológico 1 do SPS brasileiro, o esforço é aproximar as relações existentes na cadeia produtiva demonstrando a cooperação para inovação (empresas e instituições de pesquisa) e as trocas comerciais entre as empresas. Isso é disposto nos quadros onde se apresentam as principais interações e infraestruturas de cada pacote tecnológico (quadro 12, 13 e 14). Ou seja, nesta seção 4.2.1 e nas duas seguintes.

O quadrante A mostra as petrolíferas e as infraestruturas que estas disponibilizam no Brasil para operar nos campos brasileiros. Este grupo reúne centros

de pesquisa e escritórios de engenharia. Foi verificada a cooperação para inovação entre os atores e também, trocas de informações com o exterior por meio da sede, subsidiárias ou empresas parceiras.

O quadrante A demanda produtos e se relaciona com os fornecedores e instituições de pesquisa nos quadrantes B. Isso se dá essencialmente com o primeiro nível dos quadrantes B. Os atores do primeiro nível do quadrante B também se relacionam com os atores responsáveis por prover insumos para a produção dos bens e serviços ofertados, os quais estão dispostos no segundo nível em cada quadrante B.

As setas na horizontal representam a ligação entre o quadrante A e B para a troca comercial e a cooperação inovativa, ambas destacadas com cores distintas. Em cada quadrante B, são expostas as fornecedoras e as suas ligações e, depois, as instituições de pesquisas e suas ligações. As setas na vertical atentam para as ligações entre os próprios atores do quadrante, sejam as fornecedoras ou as instituições de pesquisa. Ao lado de cada grupo de atores do quadrante é indicado a presença de infraestruturas e de relações externas, além da origem do produto indicando se este pode ser importado ou desenvolvido no país.

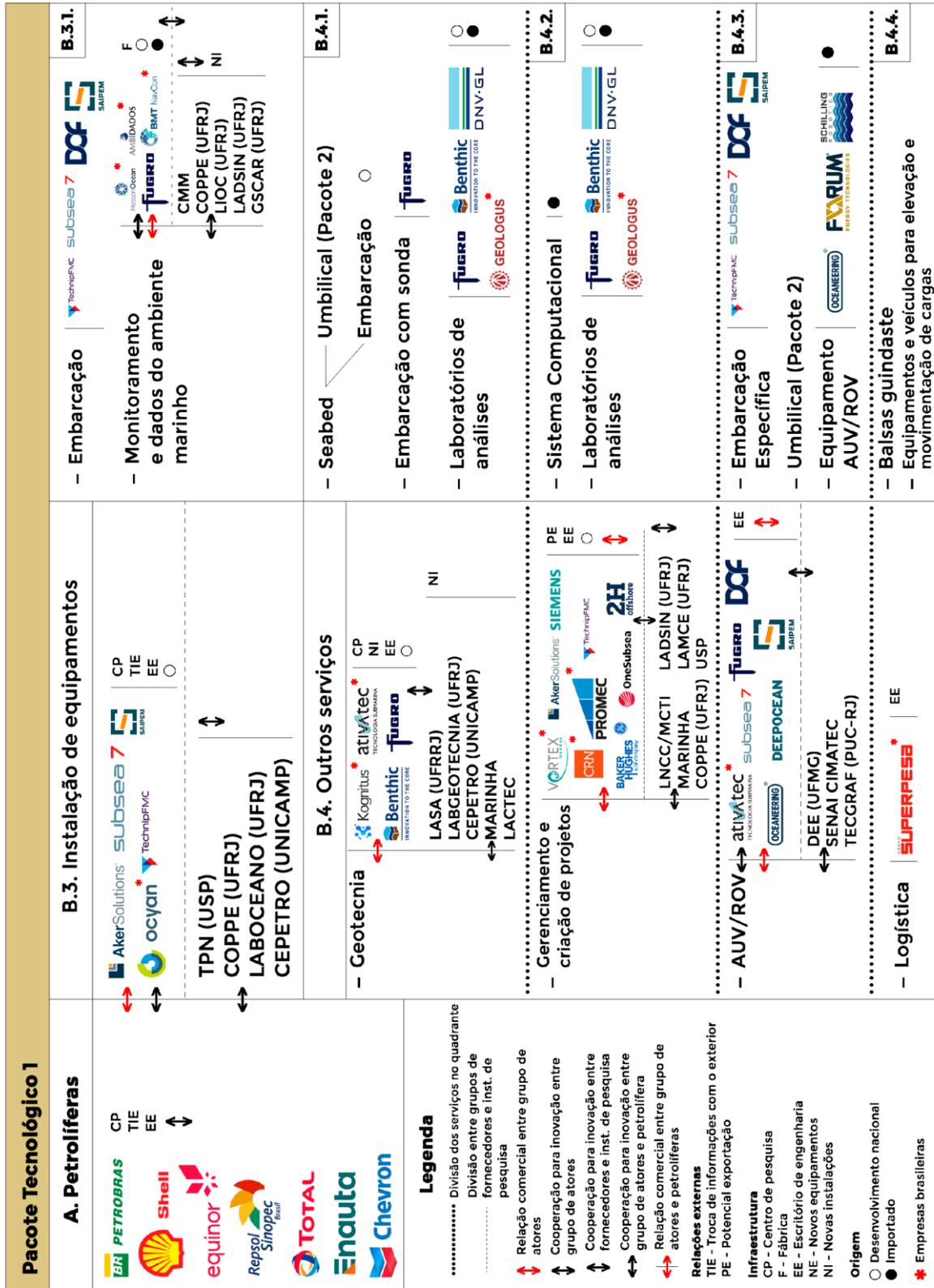
Como salientado anteriormente, estes quadros são um esforço de aproximação e há um limite na captação de informações devido à complexidade do assunto, à variedade de atores e ao sigilo de algumas informações por parte dos atores. O resumo detalhado das principais fornecedoras e instituições de pesquisa do SPS brasileiro e suas capacitações no país está disposto para consulta nos quadros 7 e 8.

Antes de sinalizar e discutir os quadrantes do pacote 1, vale apontar dois padrões que podem ser observados na figura abaixo. A cooperação e troca de informações para desenvolvimentos tecnológicos são, de forma geral, direcionados (1) entre as petrolíferas/fornecedores ou petrolíferas/instituições de pesquisa; sendo (2) baixa a interação entre os fornecedores e instituições de pesquisa.

Por reunir as capacidades necessárias para tal tanto em território nacional como internacional, estas acabam tendo menor interação com instituições de pesquisa mesmo estando presentes em um parque tecnológico universitário. Normalmente, as fontes de informação são da área de produção e operação da empresa e das interações entre clientes (JIP ou é subsidiada por uma demanda) e fornecedores (materiais e peças).

Quadro 12: Principais interações e infraestruturas do Pacote Tecnológico 1

Pacote Tecnológico 1		Principais insumos	
A. Petrolíferas  Legenda Divisão dos serviços no quadrante Divisão entre grupos de fornecedores e inst. de pesquisa Relação comercial entre grupo de atores ↔ Cooperação para inovação entre grupo de atores ↔ Cooperação para inovação entre fornecedores e inst. de pesquisa ↔ Cooperação para inovação entre grupo de atores e petrolífera ↔ Relação comercial entre grupo de atores e petrolíferas Relações externas TIE - Troca de informações com o exterior PE - Potencial exportação Infraestrutura CP - Centro de pesquisa F - Fábrica EE - Escritório de engenharia NE - Novos equipamentos NI - Novas instalações Origem ○ Desenvolvimento nacional ● Importado * Empresas brasileiras	B. Fornecedores e Instituições de pesquisa B.1. ANM/MANIFOLD/PLEM/PLET/JUMPER/BCS  CP F TIE PE NE EE CEPETRO (UNICAMP) NI LTS (UFRJ) NE ↔ INST. QUÍMICA (UFRJ) LNNANO (CNPEM) LECI (UFRJ) DEE (UFMG) NEO (UFRJ) UFRPR UFTPR	B.1.1. Sistema de automação Estrutura e montagem Componentes eletrônicos - Válvulas OneSubsea TechnipFMC F OIL STATES oilquip F - Aço GERDAU USIMINAS ArcelorMittal ↳ LABCORR (UFRJ) - Bombas OneSubsea TechnipFMC F BAKER HUGHES TechnipFMC - Painel de controle eletrônico AkerSolutions SIEMENS ↳ LIEC (UFCC)	- Sistema de automação ○ PE Componentes eletrônicos ●
	B.2. Equipamentos para processamento submarino - Separador Submarino AkerSolutions TechnipFMC OneSubsea Sabirra CP TIE EE ↳ RCGI (USP) ↳ Escola Politécnica (USP) NI ↔ - Sistema Nautilus Geoprober* ↳ LMSCP (UFRJ) ↔ ↳ LPCM (UFRJ) ↔ ↳ LEMT (UFRJ) ↔ - Separador supersônico de gás RCGI (USP) NI	B.2.1. Hidrociclone OneSubsea TechnipFMC F Motores e pás WARTSILA BAKER HUGHES TechnipFMC F SIEMENS Compressor de gás SIEMENS BAKER HUGHES TechnipFMC Injetor de água Válvulas OneSubsea TechnipFMC F ↳ OIL STATES oilquip Parte eletrônica SIEMENS ● Membranas ↳ PermSep ↳ EVONIK POWER TO CREATE ↳ LMSCP (UFRJ)	- Hidrociclone F - Motores e pás F - Compressor de gás SIEMENS BAKER HUGHES TechnipFMC - Injetor de água - Válvulas F - Parte eletrônica ● - Membranas ↳ PermSep ↳ EVONIK POWER TO CREATE ↳ LMSCP (UFRJ) ○



Fonte: Elaboração própria a partir de informações disponibilizadas no site das empresas citadas e da planilha da cláusula de PD&I da ANP

O pacote 1 reúne grandes empresas multinacionais integradas em diversos elos da indústria petrolífera. São mais que prestadoras de produtos para o SPS, servindo também como prestadoras de tecnologias. Baseado no quadro 12, a seguir é feita a análise dos quadrantes B e de seus níveis na cadeia produtiva do SPS brasileiro.

Quadrante B1:

O quadrante B1 do pacote 1 agrega equipamentos submarinos como ANM, *manifolds*, PLEM, PLET, Jumper e Bomba Centrífuga Submarina. No Brasil, todos estes bens são ofertados por empresas multinacionais como Aker Solutions, BHGE, Dril Quip, OneSubsea, TechnipFMC, Saipem e Oil States.

Estes bens são produzidos no Brasil e, em algumas empresas citadas, existem centros de pesquisa para desenvolver soluções e tecnologias. Além disso, estas têm o suporte de escritórios de engenharia de grande porte e funcionários com experiência em diferentes empresas do SPS no mundo. As fábricas foram planejadas para responder às demandas e especificações da Petrobras.

Conforme o entrevistado 10, as fábricas desses bens, apesar de reunirem tecnologias e capacidade produtiva de grande importância, acabam sendo uma mera reprodução da padronização imposta pela petrolífera e transforma grandes blocos de aço em equipamentos. Boa parte de eletrônica que envolve alguns bens são importados.

Algumas tecnologias estão sendo inseridas e o sensoriamento e automação se destacam. Entretanto, a estrutura e montagem dos equipamentos e do sistema de automação é de desenvolvimento nacional, mas os componentes eletrônicos que são parte importante do valor agregado dos produtos são importados.

Além disso, vale destacar o investimento de fornecedoras como a Aker Solutions a partir da demanda de um projeto conjunto com a Petrobras e Shell para obter uma configuração de ANM mais versátil e leve, alcançando preços mais competitivos. Isso está alinhado à perspectiva de incremento significativo da exportação dos equipamentos fabricados nos próximos anos, com equipamentos sendo entregues à Equinor em produção no Mar do Norte.

A relação de comércio e cooperação para inovação existente entre as empresas do quadrante B1 está pautada na troca entre clientes (quadrante A), como verificado nas setas horizontais do quadro 12 do pacote 1. As diversas instituições de pesquisa trabalham em parceria com as petrolíferas e acabam, em alguns casos, servindo como

algo próximo a uma prestadora de serviços devido ao direcionamento de demandas e investimentos em infraestruturas únicas no país e América Latina.

Alguns laboratórios executam testes e simulações necessárias para a operação do equipamento. São realizados testes de qualificação de bens com câmaras hiperbáricas que simulam a pressão do ambiente marinho. Inclusive, novos espaços foram abertos em uma instituição de pesquisa para receber uma nova câmara hiperbárica com maior capacidade de simulação a maiores profundidades.

Outros temas são estudados em diferentes instituições como formação de hidratos, corrosão e descomissionamento. Vale notar que ocorrem ligações entre os atores do grupo de instituições de pesquisa para a troca de informações e o desenvolvimento inovativo.

Podemos destacar que estas ligações de comércio e cooperação para inovação citadas acima, são consolidadas pela trajetória tecnológica exigida pelas petrolíferas. Porém, as trocas entre fornecedores e institutos de pesquisa são marginais e, quando ocorrem, são voltadas para uma melhor experiência e eficiência no uso do produto por parte da petrolífera.

No quadrante B1, as tecnologias mecânicas são muito importantes e existe grande conhecimento e desenvolvimento tecnológico derivado da trajetória tecnológica do SPS brasileiro. As empresas se capacitaram em território nacional para atender as demandas exigidas pela fronteira tecnológica e começam a inserir tecnologias como internet das coisas, gêmeos digitais e nanotecnologia.

Por exemplo, ANM e *manifolds* estão se conectando a *softwares* e outros equipamentos do SPS por meio de internet das coisas; e se usa de gêmeos digitais para realizar simulações de processos e controles de fluidos a partir de dados coletados por sensores.

Quadrante B2:

Neste conjunto estão equipamentos de processamento primário receptores da produção (óleo, gases, água e etc) advinda do reservatório e capazes de realizar os primeiros tratamentos nesta. Aqui as inovações radicais (FREEMAN E PEREZ, 1988) são importantes e necessárias para se alcançar a maturidade desejada para aplicação.

Apenas o separador submarino tem aplicação no momento apesar de ainda existirem diversos estudos em fornecedoras e instituições de pesquisa. É um quadrante onde não há um mercado estabelecido, mas que pode ter forte impacto nas operações em termos de custos e eficiência.

Sem dúvida, é uma fronteira tecnológica importante no caso brasileiro, pois solucionaria ou auxiliaria em questões relativas à taxa de recuperação de óleo, inclusive em campos maduros; na redução do espaço e peso da unidade de produção (FPSO); e na destinação final dos gases produzidos, em especial no pré-sal (gás natural associado, dióxido de carbono e H₂S).

Como normalmente este tipo de equipamento se encontra no *topside* da unidade de produção, ainda é um desafio colocá-los no ambiente submarino e existe pouca utilização destes na atual produção. Porém, há um esforço no aprimoramento do chamado separador submarino e no desenvolvimento de equipamentos como o “Sistema Nautilus” e o desidratador supersônico de gás.

O separador submarino água-óleo (SSAO) é derivado da demanda da Petrobras e visa separar a areia e a água do óleo e do gás, reinjetando a água e elevando o óleo e gás à unidade de produção. Já está em utilização no campo de Marlim há alguns anos e foi desenvolvido em parceria com a TechnipFMC, mas ainda precisa de melhorias para se adaptar e ser inserido em projetos de outros campos.

A Petrobras também vem estudando junto à Aker Solutions e a Saipem o “Hi-Sep” que reinjetaria a um poço ou enviaria o gás associado a um hub de gás, de modo a possibilitar uma maior produção de óleo no FPSO. A planta piloto foi patenteada pela petrolífera para testes e a sua utilização está prevista nos próximos projetos de Libra no pré-sal. A partir das entrevistas foi possível constatar que a Aker Solutions tem encontrado dificuldade no layout de motores e pás rotoras e que a parte eletrônica é toda ela importada.

Ambas empresas citadas também no quadrante B1 utilizam seus centros de pesquisa e fábricas para os desenvolvimentos tecnológicos e inovativos relativos aos equipamentos submarinos de processamento primário. Isso também vale para as instituições de pesquisa, já que são responsáveis por muitos procedimentos relativos à confiabilidade e testes.

Vale ressaltar, a complexidade do separador submarino por reunir em seu conjunto outros equipamentos importantes no processamento primário: o compressor de gás e o injetor de água, além de membranas que auxiliam no processo. Estes têm a função de enviar à FPSO ou ao reservatório os produtos do processamento, tendo impacto direto na configuração da FPSO e na taxa de recuperação do óleo.

O “Sistema Nautilus” não tem uma fornecedora, pois foi recentemente desenvolvido com a coordenação da Repsol Sinopec para automatizar e gerir o armazenamento e injeção de produtos químicos no leito marinho. Esta tecnologia ainda não foi aplicada em campo e a *start up* brasileira Geoprober trabalhou em conjunto para auxiliar na automação.

O chamado “separador supersônico de gás” é um protótipo desenvolvido pelo RCGI/USP com apoio da Shell e sua aplicabilidade está distante de ocorrer. São precisos muitos avanços tecnológicos e segundo o entrevistado 14 é um projeto que não é prioridade no momento.

É importante observar a variedade de partes e peças que podem ser exigidas por esses bens no quadrante B2.1. Estas também irão precisar de adaptações para o desenvolvimento e aplicação destas nos equipamentos de processamento no SPS e a produção e tecnologia está em empresas multinacionais. Entretanto, algumas dessas partes já são fabricadas no Brasil, denotando a existência de conhecimento para auxiliar em tal desenvolvimento nessas plantas industriais.

A relação das fornecedoras com instituições de pesquisa também é marginal neste quadrante e apenas o separador submarino está envolvendo a participação de fornecedoras. A ligação mais forte aqui é entre as petrolíferas e instituições de pesquisa com a finalidade de pesquisa aplicada ou desenvolvimento de protótipos.

Quadrante B3:

A instalação de equipamentos submarinos exige uma engenharia de projetos avançada, embarcações variadas de apoio e diferentes serviços. As atividades deste serviço oferecem pouca diferenciação, mas; a partir do que Freeman e Perez (1988) chamaram de inovações incrementais, são possíveis a inserção de tecnologias e de ganhos importantes com tempo e custos da operação.

As principais empresas envolvidas nesta operação são as multinacionais Aker Solutions, TechnipFMC, Subsea7 e a brasileira Ocyan. Todas elas contam com

escritórios de engenharia no Rio de Janeiro-RJ para subsidiar esta demanda. A Saipem com a estrutura instalada no Guarujá-SP também pode subsidiar testes e organização logística para a instalação de alguns equipamentos submarinos produzidos na estrutura citada.

A Subsea7 e a TechnipFMC detêm uma frota de embarcações variadas no país capazes de realizar a instalação de qualquer equipamento submarino e SURF. Esta última empresa tem um centro de pesquisas com piscina de testes que também subsidia estudos sobre instalação no leito marinho.

Outro aspecto fundamental deste serviço está voltado para o monitoramento e levantamento de dados do ambiente marinho e produtivo. Um exemplo é a NavCon que fabrica boias meteoceanográficas. A empresa desenvolveu em conjunto com a Petrobras, a Holos, a Ambidados e o Laboratório de Instrumentação Oceanográfica (LIO/UFRJ) a boia meteoceanográfica com maior conteúdo nacional.

O projeto evoluiu e a Petrobras agora conta com a cooperação do Centro Hidrografia da Marinha (CHM), o qual aporta com infraestrutura de laboratórios e pátio de boias localizado em Niterói-RJ. A ideia é consolidar o desenvolvimento da boia e atender demandas da indústria petrolífera, da Defesa Nacional e da Segurança da Navegação por meio da coleta de dados meteorológicos e oceanográficos. Nesta seara, a empresa brasileira MessenOcean foi contratada para a montagem da eletrônica e instalação dos sensores.

Como foi possível notar, grande parte das empresas fornecedoras são multinacionais e mantêm a troca de informação com o exterior para a inserção de melhorias e inovações. As instituições de pesquisa, apesar de deterem importantes infraestruturas de tanques e de simulação e movimentação do ambiente marinho, apresentam maior ligação com as petrolíferas e baixa interação com as fornecedoras do serviço.

É importante salientar alguns pontos sobre o monitoramento e dados do ambiente marinho. Apesar da presença da grande fornecedora de serviços Fugro, existem empresas brasileiras que disponibilizam opções diferenciadas de importante valor para as petrolíferas. Além disso, as instituições de pesquisa são capazes de trocar informações e conhecimentos entre si e, também, cooperar com as fornecedoras.

Quadrante B4:

No último quadrante do pacote 1, se reúnem outros serviços que impactam nas operações dos equipamentos submarinos. Se destacam alguns serviços: (1) geotecnia; (2) gerenciamento e criação de projetos; (3) serviços de ROV/AUV; e (4) serviços de logística e transporte.

(1) Os serviços de geotecnia são essenciais pois subsidiam a petrolífera da compreensão do leito marinho que irá receber os equipamentos e o sistema de ancoragem. Ou seja, a investigação das condições do solo é parte da concepção, operação e descomissionamento do SPS.

Neste serviço duas empresas brasileiras aparecem: a Ativatec realiza coleta de sedimentos com uma ferramenta robótica fabricada no Brasil e a Kognitus oferta uma plataforma computacional de inteligência artificial para interpretação rápida de dados coletados. Esta conta com parcerias de grupos de pesquisa e companhias como Amazon, Microsoft e Google para desenvolver soluções customizadas. A primeira tem um serviço semelhante às duas outras multinacionais.

Importante destacar que existe cooperação para inovação entre as empresas e instituições de pesquisa, e além disso; existem escritórios de engenharia, novas instalações e centro de pesquisa instalados pelas empresas recentemente.

Porém, nestes serviços, existe uma defasagem tecnológica dos laboratórios nacionais em relação aos estrangeiros. Por esta razão, a Benthic instalou um laboratório no centro de tecnologia da empresa, que resolveu não terceirizar os serviços de análise no país e entendeu como desvantajoso encaminhar as amostras ao exterior.

A Benthic por meio de um equipamento submarino chamado de “Seabed”, que pode ser automatizado ou controlado por uma sala do navio (normalmente de perfuração), coleta amostras de solo, registra a pressão dos poros dos poços e realiza um levantamento e inspeção de corais. Isso em profundidades de até 3 mil metros e atuando nas fases de exploração e desenvolvimento da produção. O equipamento lembra uma sonda submarina e é operado de modo similar a um ROV. A Fugro atua a mais de duas décadas no Brasil e oferece os serviços com embarcações geotécnicas com capacidade de sondagem em profundidades similares.

Ambas empresas mantém uma relação de troca comercial importante. Adicionalmente, a Benthic, a Ativatec e a Kognitus mantêm ligações com instituições

de pesquisa para análises do material coletado e de dados. No país, a primeira empresa desenvolveu seminários e parcerias em serviços com o Laboratório de Geotecnia da UFRJ (LG/UFRJ) para melhoria de processos e enfoque de recursos no que é considerado importante no mercado de geotecnia. Todas as citadas estão no parque tecnológico da UFRJ.

(2) Sobre os serviços de gerenciamento e criação de projetos, estão muito relacionados à estruturação e apontamento de ideias para processos de desenvolvimento, produção e descomissionamento. Estes serviços atentam para aspectos do processo de um projeto, como o desenvolvimento e elaboração de projetos e rotinas operacionais; aos documentos técnicos e ambientais necessários; e à coordenação e supervisão das atividades e da equipe.

Ou seja, como um entrevistado abordou é um “gerenciador de riscos” e “desenvolvedor de ideias” podendo atender tanto à petrolíferas como grandes fornecedoras. As grandes fornecedoras integradas do SPS podem atuar neste conjunto ou dependendo da especificidade podem subcontratar. Abaixo iremos citar outras empresas que tem como diferencial relativo à capacidade de conter custos nos projetos desenvolvidos e ter participação neste mercado.

O que se verifica neste grupo de serviços do quadrante B4 é que diferentemente dos demais quadrantes do pacote 1, existe a interação entre petrolíferas, fornecedoras do SPS e instituições de pesquisa para o desenvolvimento e execução dos serviços e para o desenvolvimento inovativo e tecnológico.

Outro ponto é a interação comercial e, por vezes, inovativa entre as próprias empresas. Isso ocorre pois são serviços que demandam uma variedade de conhecimentos e informações, dependendo do que é exigido no contexto de desenvolvimento do campo. Ou seja, nem sempre é vantajoso economicamente deter de todo esse conhecimento e sim complementá-lo à medida da necessidade por meio da cooperação comercial.

São demandados pelos fornecedores sistemas computacionais e laboratórios de análise. Os sistemas computacionais servem para auxiliar na projeção, planejamento e simulações dos possíveis layouts. De modo geral, são sistemas importados e de alto custo. Os laboratórios de análise são importantes para analisar dados existentes, geralmente cedidos pelas petrolíferas, que permitam a melhor seleção de layouts de

projetos. Dependendo da análise é necessário encaminhar para laboratórios no exterior tais coletas e dados.

(3) O serviço de ROV/AUV é essencial na pesquisa exploratória e na operação e desenvolvimento produtivo do campo. Um ROV/AUV tem a finalidade de efetuar a projeção humana no fundo do mar para executar uma operação. O entrevistado 11 assertivamente disse que “se uma embarcação tem uma interação com o leito marinho ela é uma embarcação especial e atrelada ao subsea; e naturalmente ela terá um ROV”.

Diversas empresas tem procurado adentrar no mercado de serviços com o uso de ROV/AUV, dentre elas podemos citar: Oceaneering, DOF, Fugro, Subsea7, TechnipFMC, a brasileira Ativatec, a norueguesa DeepOcean e a italiana Saipem. Para se utilizar do equipamento é preciso de uma embarcação específica ou adaptada (ofertada por empresas como DOF Subsea e TechnipFMC)⁹³ e umbilicais (inseridos no pacote 2). Porém, as fabricantes do equipamento ROV/AUV com maior expertise são a Oceaneering, a Forum Technologies (antiga Perry) e a Schilling Robotics; todas fabricam o equipamento fora do país.

Neste serviço, assim como nos serviços de gerenciamento e criação de projetos, também há relação comercial entre as fornecedoras devido à complexidade das operações em diferentes ambientes marinhos e a dependência do conhecimento para operar o equipamento. Além disso, existe ligação para cooperação inovativa entre fornecedores e instituições de pesquisa de modo especial no que tange a empresa brasileira Ativatec.

Um ROV depende de um conjunto de insumos que em sua maioria a reposição é feita com componentes importados. Segundo um entrevistado são eles: liga de alumínio especial; flutuadores (à base de polímeros); câmeras, software e eletrônicos; e cabo armado para ligar o equipamento (à base de cobre e fibra ótica). Os dois últimos são considerados mais custosos; o primeiro pela necessidade de suportar grandes pressões e o último pela grande distância e quantidade necessária.

Existem esforços no Brasil para o desenvolvimento deste equipamento. Segundo o entrevistado 1, a Petrobras busca isso desde a década de 1980 com o Tatuí e o Tuna

⁹³ As empresas fecharam um contrato de Joint Venture em 2019 para uma embarcação que fornecerá à Petrobras os serviços de instalação de dutos flexíveis e de ROV.

que posteriormente teria participação da Subsea7. O Tatuí tinha o formato de uma bola e fazia o televisionamento e o Tuna já fazia operações com braços mecânicos⁹⁴.

O entrevistado 1 observou que o uso do ROV foi finalizado pois uma empresa norueguesa (Subsea 7) não tinha interesse de produzir este no Brasil. O que ficou de positivo deste projeto foi a formação de competências na Petrobras nesta temática.

Em termos de AUV, o “FlatFish” é um esforço da Shell em conjunto com a Embrapii (Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial), Senai Cimatec-BA e o Instituto Alemão de Robótica e Inteligência Artificial. Estes desenvolveram um protótipo que permite a docagem submarina e uma redução de custos na atividade de inspeções de 30% a 50%.

A Saipem adentrou posteriormente para complementar investimentos e avançar neste projeto para utilizar efetivamente o protótipo nas operações. O conhecimento da empresa no chamado “Hydrone” (produzido na Itália) e a presença de uma equipe da empresa no Senai Cimatec-BA deve agregar no desenvolvimento do equipamento.

(4) O último serviço é de logística. Este, como já salientado anteriormente, exige veículos e balsas específicas para suportar os equipamentos do SPS com grandes dimensões e pesos. O que foi possível coletar de informação é que existem poucas empresas neste segmento do SPS e a empresa brasileira Superpesa é a principal ofertante. A empresa tem escritório de engenharia, galpão e um espaço no parque tecnológico voltado para operações no mar.

Por meio de um grupo de equipamentos e veículos para elevação e movimentação de cargas, a empresa realiza transporte multimodal. Na área marítima, conta com balsas guindastes offshore e rebocadores. Uma demanda que a empresa espera responder é acerca das atividades de descomissionamento e remoção de estruturas marítimas.

⁹⁴ Assis (2018) em sua pesquisa sobre este assunto observou que o robô Tatuí foi um dos projetos do Programa de Capacitação Tecnológica em Águas Profundas (PROCAP) a partir da parceria com uma pequena empresa nacional, a CONSUB. O robô atuou em 300 operações em lâminas d’água pequenas entre 1989 e 1991. A petrolífera preferiu alugar os equipamentos do que os adquirir e a CONSUB perdeu mercado. A empresa não conseguiu competir com os preços praticados pelas empresas estrangeiras e em 2001 foi completamente vendida para a Subsea7.

4.2.2. Pacote tecnológico 2: Processos de transporte de fluxos

No pacote tecnológico 2, que trata dos processos de transporte de fluxos, o foco recai nas tubulações marinhas e nos serviços e bens relacionados para levar aos equipamentos os químicos e energia e à unidade de produção os produtos esperados. A figura 14 dispõe da rede de equipamentos e serviços do pacote 2 e a sua cadeia de suprimentos.

Assim se segue como feito no pacote tecnológico 1, discutindo os equipamentos e serviços relativos ao pacote tecnológico 2 com o segundo nível da fatia atentando para os insumos e a sinalização dos segmentos industriais relacionados conforme disposto na legenda da figura 14.

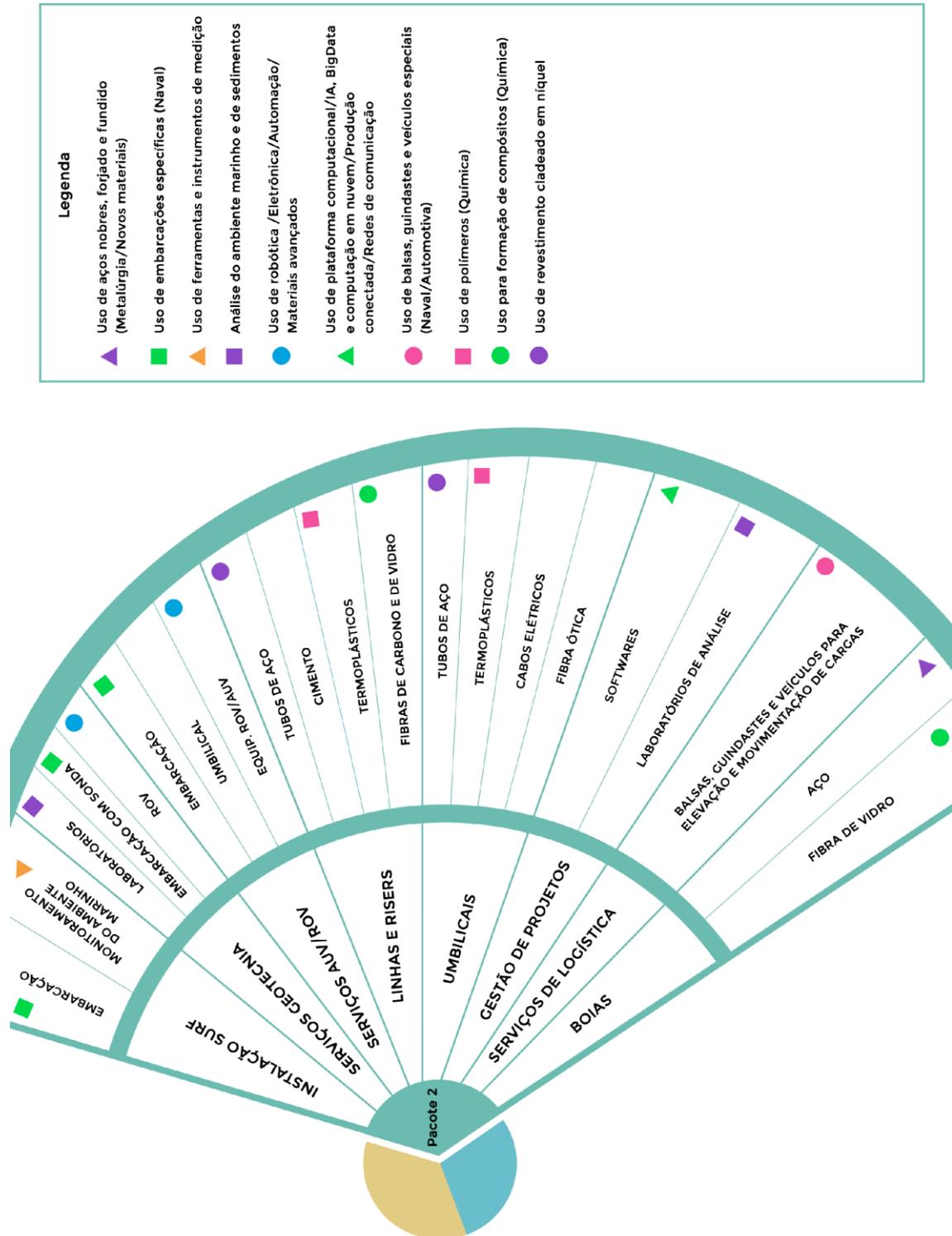
As linhas e *risers* representam grande parte do custo na produção petrolífera submarina e apresentam diferentes configurações (rígidos ou flexíveis) e composições de materiais. Isso depende de fatores relativos ao ambiente marinho e ao tipo de fluxos que irão passar pelos dutos. Além de tubos de aços nobres com revestimentos para proteção, podem ser utilizados termoplásticos, cimento e fibras de carbono e de vidro.

Dois materiais se destacam no pacote 2. Um como insumo mais utilizado em volume e mais custoso em valor nominal, o tubo de aço; e outro como importante material na evolução e demanda dos produtos; o termoplástico (composto polimérico). Os termoplásticos e as fibras de carbono e de vidro estão atrelados à indústria química.

No primeiro caso, os polímeros são os principais matérias utilizados e normalmente relacionado às linhas flexíveis. A partir destes se estudam no centro de pesquisa da Solvay no Brasil a poliamida e suas atribuições em áreas como saúde, têxtil, agricultura, energia renovável e O&G. Já as fibras são utilizadas para a formação de compósitos; os quais também podem levar polímeros em sua composição.

As boias são um componente utilizado para sustentar as linhas e *risers* nas longas distâncias que ligam os equipamentos submarinos e a unidade de produção na superfície. Estas são compostas de aço e de fibra de vidro. O primeiro envolve a indústria metalúrgica e a segunda se envolve na indústria química como já apontado.

Figura 14: Principais desdobramentos e segmentos industriais envolvidos na rede de equipamentos e serviços do pacote tecnológico 2



Fonte: Elaboração própria

Os umbilicais são dutos submarinos responsáveis por transporte de energia e de fluxos químicos; ou seja, dependem de materiais diferenciados. Além dos tubos de aço e dos termoplásticos preparados para tais funções, são demandados cabos elétricos e fibra ótica. O segundo material permite o transporte de informações de equipamentos submarinos para a superfície e é utilizado nas técnicas de sensoriamento.

Quanto aos serviços do pacote 2, os apontamentos são os mesmos do pacote 1. Estes serviços demandam insumos similares, a despeito da especificidade que equipamentos submarinos e dutos submarinos exigem. Por exemplo, no caso de instalação de dutos já é possível utilizar robôs para realizar encaixes entre os tubos.

Adentrando na análise das principais interações e infraestruturas do pacote tecnológico 2 dispostas no quadro 13 a seguir, podemos observar uma maior variedade de atores. Porém, ainda podemos observar os mesmos padrões demarcados no pacote 1: cooperação e troca de informações a partir das petrolíferas para fornecedores e instituições de pesquisa; e baixa interação entre fornecedores e instituições de pesquisa.

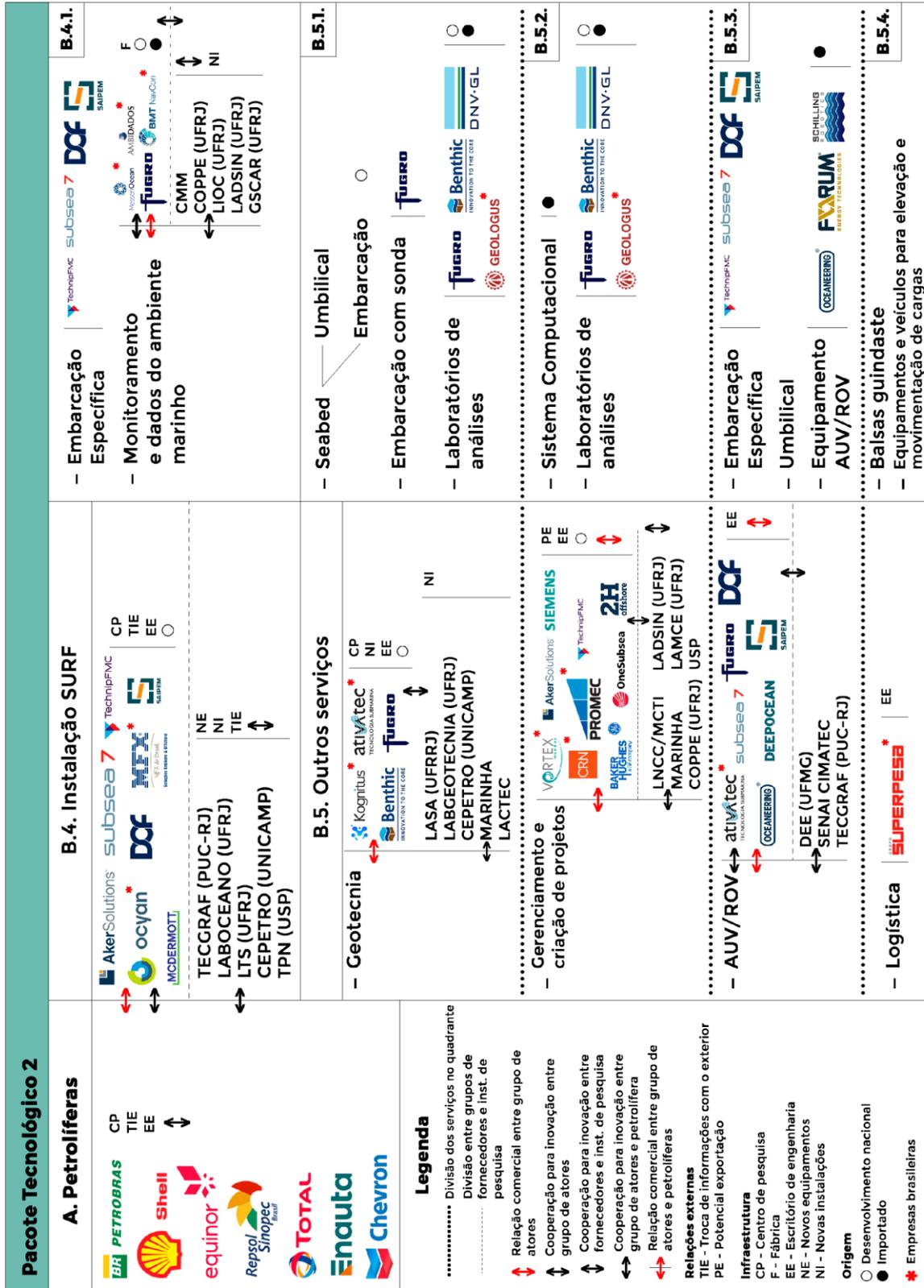
Por outro lado, as instituições de pesquisa estão mais presentes com o intuito de buscar soluções frente a problemas do ambiente produtivo do campo e isso demonstra o risco embutido na aplicação de tecnologias neste pacote. Por essas questões ocorre a maior proeminência de instituições de pesquisa, já que as empresas buscam entregar produtos já especificados e desenvolvidos em função do interesse das operadoras; além das petrolíferas precisarem atender à obrigação da cláusula de PD&I.

Muitas empresas que participam do pacote 1 adentram no pacote 2 e algumas delas são integradas na indústria petrolífera e/ou no SPS. Outras empresas utilizam da estratégia de atuar em conjunto com empresas de fornecimento de dutos para desenvolver tecnologias e integrar soluções e demandas.

Inseridas no contexto de atuação global, as grandes multinacionais do pacote 2 utilizam fontes de informação a partir da estrutura de PD&I criada no Brasil (para apoiar e gerir a obrigação das petrolíferas), da estrutura desenvolvida nas operações (nacional e internacional), das tecnologias desenvolvidas em seus centros de PD&I espalhados pelo mundo e das trocas ocorridas com os clientes.

Quadro 13: Principais interações e infraestruturas do Pacote Tecnológico 2

Pacote Tecnológico 2		
A. Petrolíferas	B. Fornecedores e instituições de pesquisa	Principais insumos
<p>A. Petrolíferas</p> <p>CP TIE EE</p>	<p>B. Fornecedores e instituições de pesquisa</p> <p>B.1. Linhas de fluxo e risers</p> <p>F CP TIE NI EE PE O</p> <p>ISDB FLOWTECH LTS (UFRJ) SENAI-RJ LACOR (INT) CMI (CERTI)</p> <p>NEO (UFRJ) LMF (UFU) CEPETRO (UNICAMP) LABCORR (UFRJ) LAMEF (UFRGS)</p> <p>TIE NI NE</p>	<p>B.1.1.</p> <p>Principais insumos</p> <p>Tubos Aço: USIMINAS, MEI, Vallourec</p> <p>Revestimento interno: MEI, Vallourec</p> <p>Cimento: MEI, Vallourec</p> <p>Fibra de carbono e de vidro: HOLOS, SENAI-RJ</p> <p>Termoplásticos: Airborne, Evonik, Rhodia, Solvay Group, Oceanering, IPT, LNDC (UFRJ), LMSCP (UFRJ), COPPE (UFRJ)</p> <p>F O</p>
<p>Legenda</p> <p>..... Divisão dos serviços no quadrante</p> <p>..... Divisão entre grupos de fornecedores e inst. de pesquisa</p> <p>↔ Relação comercial entre grupo de atores</p> <p>↔ Cooperação para inovação entre grupo de atores</p> <p>↔ Cooperação para inovação entre fornecedores e inst. de pesquisa</p> <p>↔ Cooperação para inovação entre grupo de atores e petrolífera</p> <p>↔ Relação comercial entre grupo de atores e petrolíferas</p> <p>Relações externas</p> <p>TIE - Troca de informações com o exterior</p> <p>PE - Potencial exportação</p> <p>Infraestrutura</p> <p>CP - Centro de pesquisa</p> <p>F - Fábrica</p> <p>EE - Escritório de engenharia</p> <p>NE - Novos equipamentos</p> <p>NI - Novas instalações</p> <p>Origem</p> <p>○ Desenvolvimento nacional</p> <p>● Importado</p> <p>* Empresas brasileiras</p>	<p>B.2. Umbilical</p> <p>F O CP TIE EE PE</p> <p>TECGRAF (PUC-RJ) LABCORR (UFRJ) CMI (CERTI) LACEO (UFRJ) LER (UFMG) IPT</p> <p>B.3. Boias de flutuação e sustentação</p> <p>F O</p> <p>LABCORR (UFRJ) COPPE (UFRJ) LAMCSO (UFRJ) USP</p>	<p>B.2.1.</p> <p>Fibra ótica: Prysmian Group, F, LIF (UFRJ), CPTI (PUC-RJ)</p> <p>Tubos Aço: USIMINAS, MEI, Vallourec</p> <p>Termoplásticos: Airborne, Rhodia, Solvay Group, Oceanering, IPT, LNDC (UFRJ), LMSCP (UFRJ), COPPE (UFRJ)</p> <p>Cabos elétricos</p> <p>B.3.1.</p> <p>Aço: GERDAU, ArcelorMittal, USIMINAS</p> <p>Fibra de vidro: HOLOS, SENAI-RJ, IPT</p>



Fonte: Elaboração própria a partir de informações disponibilizadas no site das empresas citadas e da planilha da cláusula de PD&I da ANP

Assim como no pacote anterior, as empresas entendem que devem haver mais interações com as instituições de pesquisa e existem esforços para isso. As empresas de menor porte, mesmo aquelas com atuação internacional, veem a possibilidade de utilizar os recursos humanos e de infraestrutura dos laboratórios e instituições de pesquisa no Brasil para análises e testes de operações e desenvolvimento de produtos.

Quadrante B1:

O primeiro conjunto se refere às linhas de fluxos e *risers*, responsáveis por importante parte dos custos de um sistema submarino. Podemos citar as principais empresas atuantes: Tenaris, Subsea7, BHGE, DrilQuip, TechnipFMC, Saipem, MFX, Oceaneering, NOV, McDermott, Oil States, Vallourec e Airborne. Quase todas fabricam as tubulações ou realizam a montagem de partes de tubos com solda no Brasil.

Neste quadrante diversas interações ocorrem entre os diferentes atores, inclusive com o exterior, e as empresas são capacitadas com uma variedade de infraestruturas que possibilita a exportação desses bens. São fábricas, centros de pesquisa e escritórios de engenharia à disposição no mercado brasileiro e que estão inseridos na cadeia global do SPS, tanto em termos de inovação como de comércio.

Desta forma, podemos dizer que este quadrante e o quadrante B1 do pacote 1 se constituem um exemplo do que Pérez (2006) atenta sobre as interações globais e locais e a reorganização industrial no sentido de obter economias de escala e uma integração descentralizada.

Algumas poucas fornecedoras competem por meio de parcerias internas e produzem no exterior tais tubulações. Estas tem disputado licitações de SURF compreendendo toda a parte de engenharia, suprimentos, construção e instalação do sistema; porém em cooperação para inovação e em alguma fase produtiva com outros fornecedores. Estas empresas, com escritórios de engenharia no país, acabam trocando informações com escritórios no exterior para subsidiar as operações. Este é um exemplo do que Lundvall e Borrás (1997) chamaram de benefícios com o modo eficiente de transação e o compromisso de laços fortes; o qual tende a parcerias comerciais de integração vertical.

Vale notar a importância do mercado de tubos de aço no Brasil que tem a participação de grandes empresas. Podemos citar a Usiminas e a Vallourec devido ao

seu fornecimento de décadas na indústria de O&G, com fábricas e declarado potencial de exportação.

Sobre os termoplásticos, o interesse das petrolíferas abriu oportunidades para pesquisas sobre a aplicação do material nos dutos em instituições de pesquisa. A Oceaneering fabrica o material no país, porém parte deste é importado até porque depende da composição requisitada na constituição do duto e tal disponibilidade na fábrica da empresa. Apesar das demais empresas não fabricarem termoplásticos no Brasil, estas estão presentes no Brasil e voltadas para diversos mercados em que a indústria química tem desdobramentos.

Os institutos de pesquisa têm capacitação variada e papel importante no quadrante B1 com muitas instituições trabalhando neste segmento. São realizados diversos estudos com técnicas de soldagem, revestimentos cladeados e orgânicos, degradação da poliamida e comportamento de polímeros.

No Brasil, as instituições de pesquisa acabaram também por disponibilizar serviços às petrolíferas e fornecedoras, esta última em menor medida e dependendo da cooperação com as petrolíferas. Por vezes as instituições fazem o papel de empresas como a NOV e a Símeros, que tem experiência em testes de qualificação de linhas flexíveis e atuou em parceria com a Airborne para projetos no Brasil.

Serve de exemplo neste caso o Núcleo de Estruturas Oceânicas (NEO/UFRJ); o LTS/UFRJ e o LAMEF/UFRGS. Porém, estes também participam em pesquisas aplicadas. O NEO/UFRJ recebeu em 2019 equipamentos para testes de altas pressões e o LTS/UFRJ recebeu no mesmo ano um equipamento hiperbárico capaz de testar dutos e equipamentos a profundidades maiores de 2500 metros. No LAMEF/UFRGS houve a ampliação da infraestrutura existente.

Para concluir o quadrante B1, vale notar a mudança recente de demanda de tubos da Petrobras e das novas demandas com a aquisição de campos de outras operadoras. Espera-se uma demanda mais variada de tubos flexíveis e rígidos em relação ao foco existente da Petrobras por flexíveis. Inclusive, após incidentes com dutos flexíveis na Bacia de Santos, a Petrobras tem apontado para sistemas híbridos no pré-sal; sendo utilizados flexíveis para linhas de serviços e rígidos para linhas de produção e injeção.

Quadrante B2:

Sobre os umbilicais, eles estão destacados das linhas de fluxos e risers devido às suas especificidades de transporte de químicos e energia por exemplo. Isso decorre em inovações e tecnologias diferenciadas do conjunto anterior. Além dos tubos de aço e termoplásticos, os cabos elétricos e a fibra ótica são utilizados.

Diversas empresas tem fornecido umbilicais no mercado brasileiro, mas a MFX, a Oceaneering e a Prysmian têm fábricas e se destacam no país. A MFX é uma empresa brasileira que atua a décadas neste mercado e tem recebido prêmios da Petrobras pelo seu fornecimento de excelência.

As demais atuam em parceria ou produzem fora do país como a Tenaris, Aker Solutions e Subsea7. A Tenaris tem no parque tecnológico da UFRJ um centro de pesquisa para dutos submarinos e, assim como outras multinacionais, trocam informações com o exterior para eventuais melhorias de produtos.

Acerca da oferta de tubos de aço e termoplásticos já ficou clara a importância destes na discussão anterior do quadrante B1. Nos umbilicais um material que apresenta baixa variedade de empresas ofertando e fabricando no Brasil é a fibra ótica. Somente a Prysmian fabrica esse produto. Alguns desenvolvimentos robóticos em instituições de pesquisa brasileiras se utilizam do material para fazer o sensoriamento e coleta de dados.

No quadrante B2 deste pacote podemos notar um menor número de instituições de pesquisa envolvidas no desenvolvimento tecnológico e melhorias do produto, em relação ao primeiro quadrante do pacote 2. As empresas conseguiram ao longo do tempo melhorias importantes, apesar da recente dificuldade de corrosão com alguns termoplásticos no pré-sal. Isso tem relação com as pesquisas com termoplásticos já expostas anteriormente e inclusive pode abrir espaço para umbilicais metálicos.

Quadrante B3:

As boias de flutuação e sustentação de linhas submarinas é um bem que permite a menor fadiga com as movimentações de correntes submarinas. A fabricação no país ocorreu por meio do esforço da Saipem e cooperação com a Petrobras e institutos de pesquisas. Porém, a grande parte é importada por empresas especializadas como a Balmoral e a Trelleborg.

O padrão de ligação é similar a outros quadrantes do pacote 1 e 2 onde as petrolíferas direcionam as relações de comércio e inovação com as fornecedoras e instituições de pesquisa.

Quadrante B4:

No quadrante B4 estão reunidos os serviços de instalação do SURF e assim como no quadrante B3 do primeiro pacote, são exigidos serviços, dados e embarcações especializados. No caso do SURF, se acrescenta o complicador de alocar quilômetros de dutos em uma embarcação que suporte grande peso. Mais uma vez o padrão é a baixa interação das instituições de pesquisa com as fornecedoras e o atendimento às demandas das petrolíferas.

As principais empresas neste conjunto são: TechnipFMC, Subsea7, Saipem, Ocyan, Aker Solutions, MFX e McDermott. O entrevistado 13 entende que 2019 já foi um ano de crescente de novos projetos na construção submarina e é um mercado com mais possibilidades para a solução de um problema. Para o entrevistado 6, existe uma grande infraestrutura e espaços para a execução desses serviços com um valor enorme em embarcações e ancoragem.

Todas as empresas citadas tem escritório de engenharia no Rio de Janeiro-RJ para subsidiar as operações de instalação de SURF. Sobre as embarcações e os serviços de dados e monitoramento do ambiente marinho seguem o quadrante B3 do pacote anterior.

As parcerias que existem no quadrante B1 deste pacote 2 para fabricação, montagem e oferta de linhas submarinas, não ocorrem com *players* de instalação devido à questão da concorrência e diferencial competitivo, pois como o entrevistado 16 disse: “Imagina que vou perder minha competitividade por compartilhar meus dados. Não há segurança e amadurecimento para ter certeza que não está comprometendo a competitividade”.

As principais instituições de pesquisa que tem estudado este ponto são o TPN/USP, o LabOceano/UFRJ, o Cepetro/Unicamp, o LTS/UFRJ e o TecGraf/PUC-RJ. As duas primeiras detêm de tanques que são referências na simulação de operações de instalação de dutos submarinos. Outras tem trabalhado em uma melhor composição do produto para responder ao ambiente produtivo.

Para isso, existem investimentos para novos equipamentos e instalações. Vale observar, que assim como no quadrante B1, a interação entre as instituições extrapola o país e o LTS/UFRJ, por exemplo, tem ligação com universidades chinesas.

Quadrante B5:

Aqui se inserem outros serviços que impactam nas operações relativas ao SURF. Todo o exposto anteriormente no quadrante B4 do pacote 1 se aplica neste conjunto do pacote 2, pois são serviços relativos ao impacto do ambiente marinho, à geotecnia do campo, à logística e à operação de desenvolvimento e produção do campo. Ou seja, os padrões de rede e interações são similares aos dos elementos do quadrante B1 (equipamentos submarinos), B2 (equipamentos de processamento submarino) e B3 (instalação de equipamentos submarinos) do pacote 1.

4.2.3. Pacote tecnológico 3: Processos de gerenciamento da integridade da produção

O pacote 3 engloba todos os processos de gerenciamento da integridade da produção. Este pacote é importante no SPS porque toca em temas sensíveis às petrolíferas e à sociedade em geral. Estamos falando da integridade de ativos das empresas e de possíveis riscos e impactos ao meio ambiente, à produtividade e à segurança operacional.

Desta forma, é fundamental observar o enlace entre este pacote e os dois anteriores, os quais dispõem de conjuntos de produtos (quadrantes B1 e B2 do pacote 1 e quadrantes B1, B2 e B3 do pacote 2) considerados como ativos. Todo o gerenciamento da integridade da produção objetiva e foca na confiabilidade destes ativos, sendo responsabilidade da petrolífera.

A figura 15 apresenta a rede de equipamentos e serviços do pacote 3 e a sua cadeia de suprimentos. A ideia é a mesma dos pacotes tecnológicos 1 e 2, discutindo os dois níveis de equipamentos e serviços relativos ao pacote tecnológico 3 observando os insumos e a sinalização dos segmentos industriais.

A partir desta figura, podemos verificar os cinco serviços do pacote 3. A realização do monitoramento de ativos, de forma usual, depende de robôs e ROV/AUV,

de embarcações, de sensores e de softwares para manejar a atividade. Os softwares também estão presentes em outros três serviços (testes, inspeção e avaliação) e participam na inserção de clusters tecnológicos como inteligência artificial, Big Data e computação em nuvem; produção conectada; e redes de comunicação.

Os robôs e ROV/AUV utilizados demandam o conhecimento da operação destes equipamentos especializados. Além disso, seu desenvolvimento necessita do uso de robótica, eletrônica, automação e materiais avançados. As embarcações podem exigir da indústria naval alguma adaptação às embarcações utilizadas na indústria e os sensores exigem a utilização de fibra ótica para o transporte de dados coletados.

A inspeção é feita de forma programada em um intervalo de tempo. Estas inclusive pode ser reprogramada, adiantada, adiada e evitada dependendo da avaliação feita dos ativos. É uma operação que pode demandar uma série de insumos e isso encarece e especializa ainda mais o serviço.

Os principais insumos são equipamentos de medição, câmeras e holofotes, embarcações, robôs e ROV/AUV, sensores e softwares. Para medição de algumas informações são utilizadas tecnologias mecânicas e pequenas empresas nacionais já oferecem boa parte destes. As câmeras e holofotes de uso submarino exigem cada vez mais uma captação e definição de alta qualidade e holofotes de longo alcance para facilitar futuramente a associação da imagem com tecnologias de reconhecimento e temperatura e de inteligência artificial. Os demais já foram tratados na fatia de monitoramento.

Os serviços de testes exigem softwares e laboratórios capazes de simular ambientes e verificar o estado do ativo. Sobre os laboratórios, podemos citar o uso de câmaras hiperbáricas de última geração para simular a pressão submarina. A avaliação antecede a manutenção e ajuda na tomada de decisão sobre a programação de atividades de integridade de ativos. Nesse aspecto, os softwares, mais uma vez, abrem oportunidades para determinação da melhor escolha possível.

O último serviço é a manutenção que exige peças de substituição (sobressalentes) e, em alguns casos, a soldagem e os termoplásticos. Tem sido desenvolvido novas técnicas e materiais para a soldagem de equipamentos e dutos submarinos. Quanto aos termoplásticos, como já discutido nos pacotes anteriores, tem relação com a indústria química e a poliamida auxilia na manutenção de dutos.

Figura 15: Principais desdobramentos e segmentos industriais envolvidos na rede de equipamentos e serviços do pacote tecnológico 3



Fonte: Elaboração própria

Assim como fizemos nos pacotes 1 e 2, iremos avançar com a lupa no pacote tecnológico 3 a partir do exposto no quadro 14. Inicialmente, analisamos sobre alguns pontos gerais importantes no pacote em questão.

Atentando para o quadro 1 na seção 1.3.2, elaborado por Siqueira (2018), a primeira fase de informações do ativo é coletada pelas petrolíferas que criam um banco de dados com o histórico de todo o levantamento feito a partir dos sistemas de controle dos equipamentos submarinos. Tendo em conta os parâmetros da produção, a segunda fase avalia os riscos e danos atentando à segurança operacional.

A partir disso, entra o papel das empresas prestadoras de serviços e equipamentos que trabalham nos programas elaborados pelas petrolíferas de monitoramento, de inspeção e testes, e de avaliação de dados (quadrantes B1, B2 e B3 do pacote 3). Assim, posteriormente, a operadora programa a manutenção preventiva (quadrante B3 do pacote 3) dos equipamentos submarinos e SURF.

Estes processos ainda estão avançando na indústria petrolífera mundial e abrindo novos serviços e atividades de acordo com o avanço tecnológico. No Brasil isso não é diferente e novas empresas entram no mercado, vindas do exterior ou fundadas no país. A maioria das empresas brasileiras são resultado dos esforços em PD&I da Petrobras em universidades e agora estas se habilitam a fornecer serviços para uma variedade maior de petrolíferas e seus projetos.

O pacote 3 reflete a ideia de forte segmentação e oportunidades de especialização discutida em Pérez (2006, 2010a). A variedade de serviços e atividades deste pacote e as novas formas de atuar por meio de novas tecnologias e inovações dificulta traçar um perfil geral das empresas atuantes. Sobre as grandes empresas que estão também envolvidas nos pacotes anteriores, o padrão das fontes de informação e parcerias são similares.

Porém, as empresas de menor porte seguem formas de captar informações e parcerias de variadas maneiras a depender da especificidade do negócio. De pronto, podemos notar que as empresas brasileiras envolvidas são *spin off* de universidades e mantêm conexões fortes pois entendem que a universidade auxilia com a pesquisa e a empresa com o desenvolvimento e montagem de ferramentas e instrumentos. Isso, inclusive, com envolvimento de robótica e softwares.

Além disso, tem a facilidade devido à origem de trabalhar em conjunto com as petrolíferas e universidades por meio da cláusula de PD&I e, também se abrem a trabalhos de inovação aberta para adaptação de produtos e desenvolvimentos não financiados pela cláusula de PD&I. Apesar de ceder o controle do processo, a empresa tem o benefício de acelerar o desenvolvimento do produto e reduzir riscos. Podem ainda contar com o apoio de consultores aposentados auxiliando no entendimento de desafios e trazendo uma visão operacional.

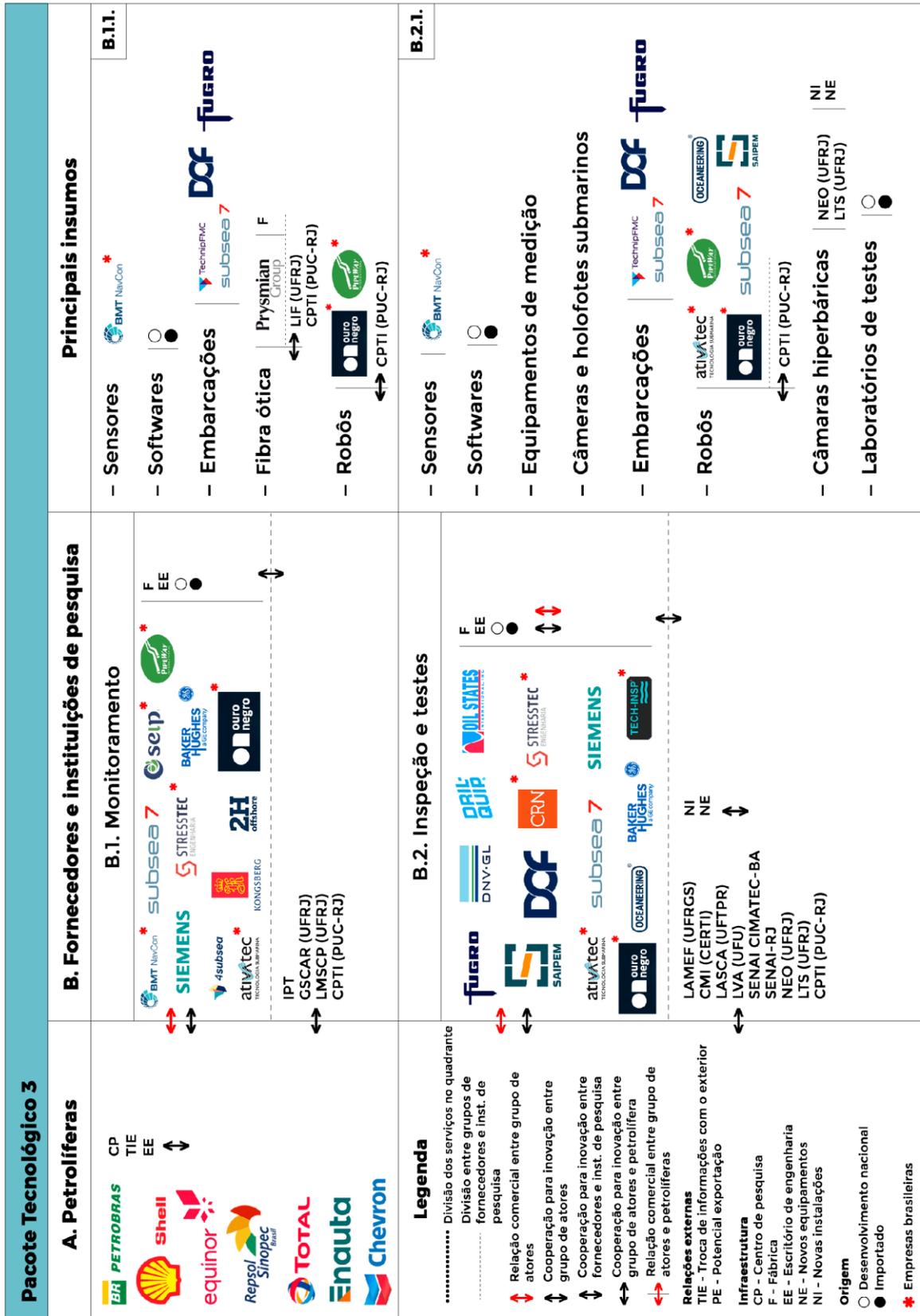
Segundo os entrevistados 17 e 18, os projetos e recursos nas instituições de pesquisa estão direcionados a um nicho de mercado em que as empresas de serviço não se interessam devido ao alto risco e ao mercado pequeno. Os financiamentos das petrolíferas buscam resolver problemas e desenvolver ferramentas para um cenário complexo.

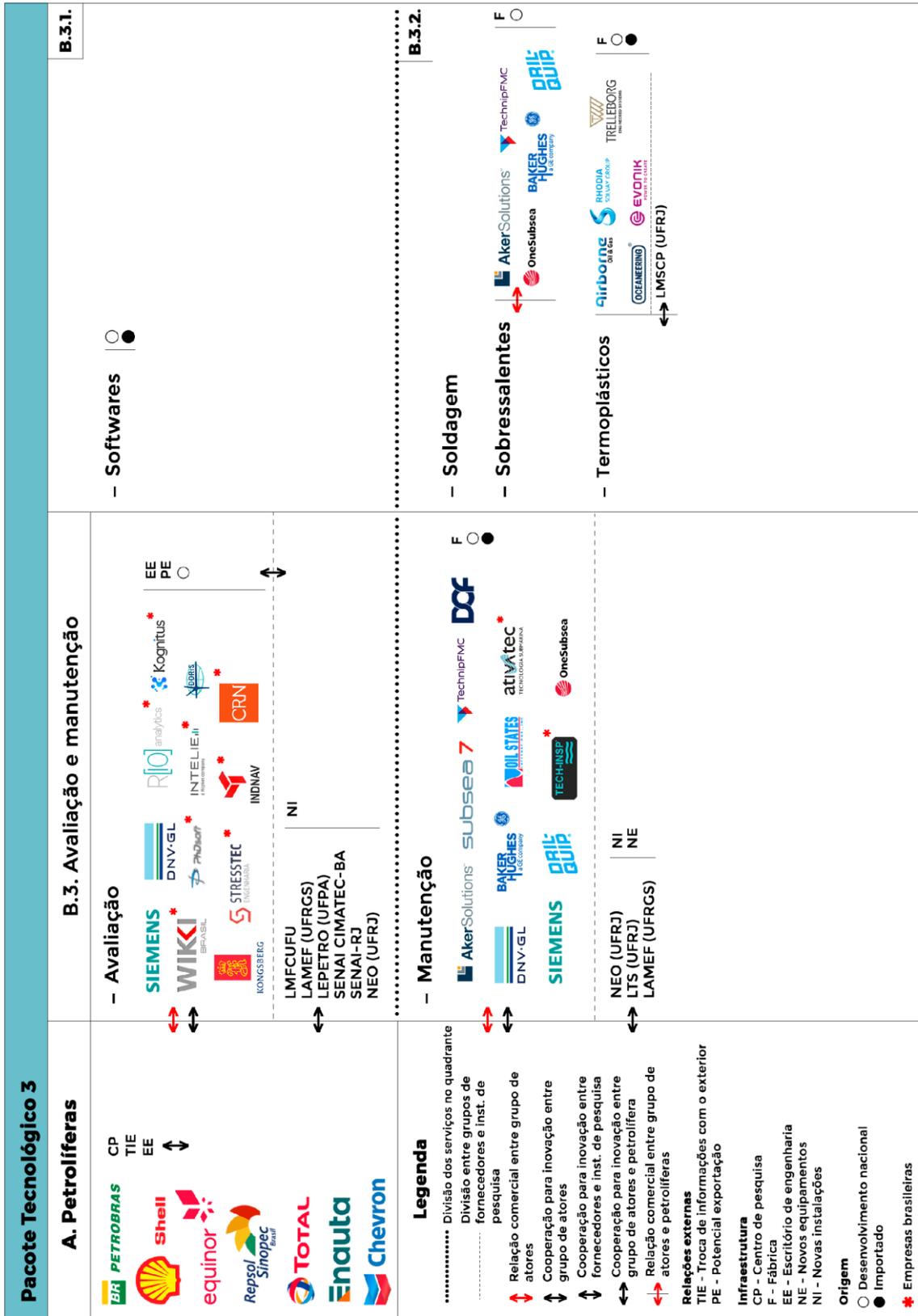
Algumas empresas integram todo o pacote tecnológico 3 e merecem um destaque inicial. As três primeiras empresas descritas a seguir (BHGE, Siemens e Subsea7) são multinacionais e se inserem na cadeia global de valor do SPS; e a Ativatec, a Pipeway e a Stresstec são brasileiras que reúnem capacidade técnica e infraestrutura para oferecer serviços inclusive no exterior.

Encerrando esta introdução do pacote 3, vale observar a relevância de empresas derivadas do ambiente laboratorial dos institutos de pesquisa. O desenvolvimento tecnológico contínuo a partir da cooperação destas empresas com os institutos de origem, outros institutos e empresas permitiram avanços de escala e melhorias de seus produtos.

O padrão das interações nos três quadrantes mostra uma forte interação entre petrolíferas e instituições de pesquisa; e empresas fornecedoras e instituições de pesquisa. Não se exclui a interação entre os três atores em um mesmo projeto, muitas interações entre fornecedoras e instituições de pesquisa são para responder problemas das petrolíferas que por sua vez auxiliam neste processo de desenvolvimento tecnológico.

Quadro 14: Principais interações e infraestruturas do Pacote Tecnológico 3





Fonte: Elaboração própria a partir de informações disponibilizadas no site das empresas citadas e da planilha da cláusula de PD&I da ANP

Quadrante B1:

No primeiro conjunto se aborda os serviços de monitoramento. São serviços e equipamentos que subsidiam o acompanhamento dos ativos ao longo do ciclo de vida. Existe uma variedade de serviços e empresas neste quadrante, pois ainda são feitos desenvolvimentos e melhorias na oferta destes. Por isso, há potencial no desenvolvimento tecnológico e no desenvolvimento de novos produtos a partir das necessidades demandadas.

Entretanto, isso vai depender das valências e capacidades técnicas disponíveis nas empresas e instituições de pesquisa, devido ao constante avanço deste segmento com grande potencial de inserção tecnológica e de enlace de tecnologias. Por isso, é possível notar ligações entre os três atores. Em relação aos outros pacotes tecnológicos, as empresas brasileiras deste quadrante B1 parecem estar mais dispostas e interessadas na interação entre os diferentes atores.

As grandes multinacionais com presença e infraestruturas no Brasil demandam menos a ligação com as instituições de pesquisa, mas as empresas brasileiras estão ligadas fortemente à estas instituições para obter os avanços esperados. Existem acordos de cooperação entre instituições de pesquisa e empresas brasileiras como no caso da NavCon e o IPT; da Ouro Negro e Pipeway com o CPTI/PUC-RJ e da Stresstec com o LAMEF/UFRGS. Podemos citar neste quadrante, empresas multinacionais como Siemens, Subsea7, BHGE, Kongsberg, 2H Offshore e 4Subsea; e empresas nacionais como NavCon, Ouro Negro, Ativatec, Pipeway e Seip7.

São fabricados no país alguns equipamentos para a operação de monitoramento, os sensores e a fibra ótica; porém, pode ser mais econômica a importação destes insumos. Os robôs para monitoramento são fabricados no país pela Ouro Negro e Pipeway. Por meio do sensoriamento à fibra ótica, os equipamentos robóticos são utilizados em dutos submarinos. Ambas empresas tem escritório em Houston-EUA.

Quadrante B2:

Aqui se atenta para os serviços de inspeção e testes, ou seja, relativos a intervenções e operações com o intuito de verificar e apontar as condições das estruturas submarinas. Sem os serviços de inspeção é impossível realizar os testes devido à falta de material

coletado. Não se optou por dividir ambos dentro do quadrante, pois normalmente as mesmas empresas costumam ofertar os dois serviços.

Mais uma vez empresas como BHGE, Siemens, Ativatec, Ouro Negro e Stresstec aparecem neste pacote 3, mas vale observar a presença das multinacionais DNV-GL, Oil States, Fugro, DOF, Dril Quip, Saipem, Subsea7, Fugro e Oceaneering (estas três últimas com contratos de inspeção ROV firmados e citadas anteriormente); e a participação de outras empresas nacionais como CRN e Tech-Insp.

O quadrante B2 apresenta características muito similares ao quadrante anterior, pois ocorrem ligações entre os três atores e as empresas brasileiras são mais dispostas à interação com instituições de pesquisa.

Porém, podemos citar duas diferenças entre os quadrantes: (1) o quadrante B2 tem maior quantidade de instituições de pesquisa realizando estudos e tem recebido investimentos em infraestrutura e equipamentos por parte das petrolíferas; e (2) as fornecedoras cooperam em trocas comerciais e inovativas. As trocas comerciais ocorrem devido à complementariedade de capacidades seja na operação das inspeções ou em executar os testes.

Na inspeção e testes, os robôs utilizados também incluem os veículos de ROV/AUV para além dos tipos de robôs utilizados no monitoramento que são acoplados aos dutos submarinos. Como já salientado, o país não produz os ROV/AUV e empresas multinacionais detém e operam o equipamento. Neste caso, são a Oceaneering, Subsea 7 e Saipem.

Além disso, os sensores e equipamentos de medição são fundamentais para captação de dados e informações. Ambos são ofertados por empresas pequenas e médias no país, com exceção de alguma demanda específica. Os softwares manejam em uma plataforma computacional as coletas feitas na intervenção e, na maioria dos casos, são desenvolvidos pelas empresas responsáveis por esta.

Especificamente quanto aos testes, dois insumos deste serviço se destacam: câmaras hiperbáricas e laboratórios de testes. O primeiro tem forte capacitação em institutos de pesquisa como o NEO/UFRJ e o LTS/UFRJ com equipamentos de última geração. O

segundo depende da especificidade dos testes com os ativos e seus materiais. Por exemplo, a Fugro e a DNV-GL são empresas que oferecem uma variedade de testes e tem presença no Brasil, mas muitas vezes o executam em laboratórios do exterior.

Ainda sobre os testes, temos algumas instituições que cumprem papel de empresas na realização de testes de qualificação de ativos, especialmente em dutos submarinos. Isso devido à capacidade desenvolvida nos estudos sobre as especificidades do ambiente e do ativo. São exemplos o NEO/UFRJ, o LTS/UFRJ e o LAMEF/UFRGS.

Quadrante B3:

No quadrante B3 se agregam os serviços para realizar a avaliação dos ativos e planejar as devidas ações de manutenção, suportando e atualizando inclusive, os planos futuros de monitoramento, inspeções e manutenção. Aqui optou-se por dividir em duas partes (avaliação e manutenção), pois as empresas ofertantes normalmente atuam separadamente nestes serviços apesar das avaliações feitas servirem de embasamento para o programa de manutenção.

(1) Nos serviços de avaliação podemos destacar empresas de grande porte (Siemens, DNV GL, Kongsberg) e demais empresas menos integradas como Pipeway, Stresstec, PhDSoft, Rio Analytics, Intelie, Kognitus e Wikki.

São realizados serviços de avaliação do sistema de SURF e de equipamentos submarinos através de ferramentas e dados de monitoramento e inspeção fornecidos pelas operadoras. Por meio de softwares desenvolvidos no país e no exterior e da participação do escritório brasileiro, é realizado um cálculo estrutural e a análise da integridade.

Nesta parte do quadrante B3 do pacote 3, ocorrem ligações entre os três atores e a cooperação para inovar entre eles é muito importante. A variedade e especificidade de serviços e as possibilidades de avaliações nos ativos acabam por abrir portas para a entrada de empresas neste segmento. Muitas empresas participam neste segmento do SPS brasileiro, em especial as brasileiras, e existe potencial de exportação desses desenvolvimentos e serviços.

Vale notar que o apoio das instituições de pesquisa é essencial nos desenvolvimentos e aplicações não apenas no SPS brasileiro, mas também em outros

segmentos e indústrias da economia brasileira. Isso porque por meio de inteligência artificial, *big data*, internet das coisas, gêmeos digitais e outras tecnologias; as fornecedoras desenvolvem e operam softwares que com a devida adaptação podem atender a diversas atividades econômicas em indústrias e serviços. Ou seja, em alguns casos, são empresas que não atuam diretamente na indústria petrolífera e com a devida cooperação são capazes de adaptar seus serviços.

Por fim, as instituições de pesquisa precisam realizar mais trocas de informações para atender às novas demandas de inserções tecnológicas aos equipamentos e serviços submarinos. Ou seja, é preciso que os laboratórios acostumados a atuar na indústria petrolífera possam cooperar com laboratórios relativos às novas tecnologias de digitalização. No âmbito de cooperação com fornecedores nota-se dois casos: o Laboratório de Ciência e Engenharia de Petróleo da Universidade Federal do Pará (LCPetro/UFGPA) trabalha em conjunto com a empresa Wikki; e o LAMEF/UFRGS serve de apoio à Stresstec.

(2) Na parte de manutenção, ofertam serviços as empresas tradicionais no gerenciamento da integridade (Siemens, DNV GL), outras que inclusive produzem as estruturas submarinas no Brasil (Subsea7, BHGE, Aker Solutions, TechnipFMC, Saipem, OilStates) e as brasileiras Ativatec e Tech-Insp.

A manutenção mantém o padrão de relação observado no pacote 1 e 2 onde as fornecedoras e instituições de pesquisa tem baixa interação. São fabricados no país, pelas grandes fornecedoras fabricantes de equipamentos e dutos submarinos, os sobressalentes para eventual necessidade de substituição.

4.2.4. Principais conclusões acerca da configuração das redes nos pacotes tecnológicos

Encerrando a seção 4.2 do trabalho, se retoma o referencial de sistema setorial de inovação em Malerba (2003, 2004); o qual propõe a uma análise do domínio tecnológico e de conhecimento, atores e redes e instituições. Como Ruas (2012) assinalou em sua tese da

dinâmica concorrencial do mercado de equipamentos subsea, as empresas de petróleo se estruturaram em redes de aprendizado que são fundamentais na definição de paradigmas e trajetórias tecnológicas da cadeia produtiva como um todo.

A dinâmica de investimento (RUAS, 2012) e a reestruturação empresarial e estratégica em nível global frente às volatilidades características da indústria, modificam as relações intersetoriais. Neste ponto, como Ruas (2012) observa, o ambiente institucional e as políticas de Estado são decisivos na configuração regional destes ciclos de mercado. À luz do que foi exposto nesta seção, as interações e competências desenvolvidas nos pacotes tecnológicos ajudam a tomar algumas conclusões qualitativas.

Quanto à habilidade de integrar, de construir e de reconfigurar componentes para se adaptar ao ambiente produtivo, o pacote tecnológico 2 se mostra mais preparado. Essa impressão advém das capacidades desenvolvidas na integração entre atores e, simultaneamente, nas infraestruturas e conhecimentos reunidos para introduzir inovações e criar novos componentes em seus produtos. Isso é subsidiado pela presença de fábricas, centros de pesquisa e institutos de pesquisa de grande porte e base de conhecimento e; por interações com empresas multinacionais, subsidiárias e sedes, instituições de pesquisa nacionais e petrolíferas que possibilitam ligações efetivas de inovação e de mercado.

Falta ao pacote 1, especialmente, uma maior predisposição à interação e maior presença de instituições de pesquisa nos desenvolvimentos. Existe a ideia de que as empresas são autossuficientes nestes equipamentos. Já no pacote 3, ainda é necessário criar uma base de conhecimento mais sólida levando em conta a inserção de tecnologias capazes de avançar nos nichos de mercado. Apesar da interação entre todos atores, existe a dificuldade de adentrar e se estabelecer no mercado e de acumular aprendizado com parceiros para adaptar e desenvolver ideias e tecnologias.

De modo resumido apresentamos algumas impressões a partir das análises e exposições feitas. Podemos pontuar:

- O país reúne um grande número de escritórios de engenharia com um contingente de profissionais com alta qualificação e capazes de interagir e cooperar entre as sedes das empresas e instituições de pesquisa no Brasil e no exterior.

- O país reúne uma variedade de fábricas e centro de pesquisas para a produção e o desenvolvimento de equipamentos e dutos submarinos, mas ainda existem espaços para equipamentos e serviços de ROV/AUV, de logística e relativos ao pacote tecnológico 3. Isso é retrato da intensificação das interações globais e da geração de complexas organizações industriais apontada por Pérez (2006).

- A despeito de uma análise de políticas públicas, uma característica das empresas brasileiras do SPS brasileiro é que normalmente estas nascem da cooperação e capacitação de uma instituição de pesquisa e estão mais abertas e dispostas à cooperação comercial e inovativa. Isso tem relação com a necessidade de angariar informações, aprendizado, competências e conhecimento. É preciso buscar mais iniciativas como estas, pois conforme Pérez (2010a) uma janela de oportunidade para se posicionar nas cadeias globais é a partir da eficiência em minimizar os custos de transação.

Estas empresas se encontram especialmente no pacote tecnológico 3, já que apresenta maiores oportunidades de nichos de mercado; apesar das dificuldades para se estabelecer, competir e crescer em mercados robustos e de grande poder financeiro do SPS. Fica evidente o que Ruas (2012) também verificou: as assimetrias de poder de acumulação e de poder político interfere na apropriação de conhecimento via relação usuário-produtor e na capacidade de investimentos.

- O pacote tecnológico 1 e 2 apresentam baixa interação entre as fornecedoras e instituições de pesquisa e as petrolíferas lideram os desenvolvimentos tecnológicos. O pacote tecnológico 3 demonstra maior cooperação entre todos os atores e, em alguns casos, as fornecedoras buscam as instituições de pesquisa.

- Alguns insumos da cadeia produtiva do SPS têm apresentado importante desenvolvimento tecnológico e demandado bens altamente especializados. Podemos salientar as embarcações, os termoplásticos, a robótica e os softwares. Essas múltiplas oportunidades de especialização permitem, segundo Pérez (2010a), a promoção tecnológica e institucional de países em desenvolvimento com abundância em recursos naturais.

Tendo concluída a configuração e a análise das estruturas de rede e de capacidades do SPS brasileira, a próxima seção se atém na configuração das estratégias dos atores para

o avanço no mercado e nas suas competências levando em consideração as temáticas e questionamentos expostos no quadro 8 da seção 2.5 de metodologia.

4.3. A CONFIGURAÇÃO DAS ESTRATÉGIAS NO AVANÇO DE COMPETÊNCIAS NO SISTEMA PRODUTIVO SUBMARINO POR GRUPO DE ATORES

Esta seção se preocupa em discorrer e apontar as percepções dos atores sobre os aspectos considerados fundamentais do referencial teórico e que ajudaram a construir o roteiro da entrevista. Iremos apresentar pontualmente os aspectos ainda não tratados na seção anterior.

Apesar de já ter utilizado informações destas na seção anterior, a seção 4.3 é resultado das entrevistas e procura compreender por meio da percepção dos atores quais as estratégias e desafios recorrentes para aqueles que trabalham e convivem com o SPS. Isso é feito de forma separada entre os atores da pesquisa e sinalizado por letras: (A) petrolíferas, (B) fornecedoras do SPS e (C) instituições de pesquisa.

4.3.1. Relevância do mercado brasileiro do SPS

(B) Quando falamos das empresas envolvidas no fornecimento de equipamentos e dutos submarinos e de serviços de instalação⁹⁵, podemos perceber uma alta competitividade. A relevância do mercado brasileiro do SPS vai depender das estratégias globais de cada uma. Isso tem relação com os projetos e contratos firmados com as operadoras nos últimos anos. Entretanto, a crise vivida no país, especialmente derivada do baixo valor do barril e dos problemas na Petrobras, levaram grandes empresas a ficar com poucos ou nenhum contrato firmado nestes anos.

⁹⁵ Quadrantes B1, B2 e B3 do pacote 1 e quadrantes B1, B2, B3 e B4 do pacote 2.

Como foi salientado pelos especialistas 10 e 12, a importância relativa do mercado brasileiro é pequena ou semelhante a outros mercados; pois no momento não há projetos. Isso apesar de já ter feito muitos projetos de grande porte e ter uma importante estrutura no país. Em um caso a empresa não teve prejuízo nos últimos anos devido a um grande contrato de fornecimento de ANM e *manifolds* firmado em 2013, o qual a Petrobras tinha interesse em encerrar, mas foi obrigada a absorver lentamente a contratação.

Por outro lado, em outras empresas assume papel fundamental seja porque já representa fatia importante do faturamento global da empresa ou porque o mercado brasileiro do SPS está bem posicionado no contexto global do desenvolvimento tecnológico da indústria petrolífera. Conforme dito pelo entrevistado 11: “se tem uma área em que o Brasil se destaca na indústria de O&G é no SPS, porque é onde ele implementa e fomenta os maiores desafios. Muita coisa que se faz aqui não se faz no mundo porque não precisaram dessas tecnologias. Inclusive eles vêm observar as lições aprendidas por aqui.”

Os principais motivos citados nas entrevistas para instalação de fábricas no Brasil são a alta demanda (significativamente da Petrobras), a política de conteúdo local⁹⁶, baixo custo de mão de obra e a disponibilidade de parcerias com empresas e institutos de pesquisa capacitados. Outros fatores que determinam a localidade seriam a proximidade com fornecedores de insumos e clientes.

Vale observar ainda, que apesar de existir subfornecedores com capacidade e conhecimento em materiais fundamentais como o aço e peças para montagem dos bens; existe dificuldade com fornecedores locais qualificados em determinados nichos como sistema de automação, fibra ótica e sensores por exemplo. São partes que constituem o cérebro e a funcionalidade do produto com maior valor agregado e que acabam sendo importadas (entrevistado 10).

Especialmente nos anos de crise da indústria petrolífera, a dependência da Petrobras para angariar contratos e projetos tem sido uma questão relevante, pois todos atores do SPS acabam sentindo os efeitos desta demanda.

⁹⁶ Ver seção 3.3.1

Além disso, o fornecedor acaba tendo um papel passivo no desenvolvimento da tecnologia da petrolífera (entrevista 10). Somente quando surge uma especificidade ou condição nova no campo é que ocorre a parceria, ou seja, existe capacidade nas fornecedoras, mas é subutilizada.

A expectativa futura no mercado passa pela abertura de mercado a outras petrolíferas, possibilitando a diversificação de contratos e maior liberdade para o desenvolvimento de produtos e tecnologias. Porém, as mudanças de políticas públicas recentes como o calendário de licitações, a política de conteúdo local simplificada⁹⁷ e o Repetro Sped até 2040 representam condições melhores (entrevista 7, 8, 10 e 12).

As expectativas são muito positivas com estas mudanças e o aumento da produção, segundo o entrevistado 10, “em 2020 começa uma nova era porque os efeitos das mudanças começam a se materializar e as operadoras começam a declarar comercialidade para o desenvolvimento dos campos.” Todos os entrevistados concordam que o mercado brasileiro de SPS terá maior importância para a empresa do que tem atualmente, assumindo um papel fundamental ou de importância significativa.

Nas palavras do entrevistado 16: “Apesar de ainda estar em processo de retomada do setor, o Brasil vai continuar com uma relevância grande, pois o nível de investimento nos projetos que os clientes vêm apresentando nos prospectos futuros é muito relevante.” No entendimento do entrevistado 12: “Existem perspectivas interessantes para o futuro e estrategicamente é importante estar no país. Vai haver uma demanda grande e significativa nos próximos dez anos, somado a presença de novas petrolíferas além da Petrobras.”

Isso tem aberto uma série de iniciativas e possibilidades no mercado do SPS como: exportação de bens e serviços; entrada no país de fornecedoras com tecnologias desconhecidas do ambiente operacional brasileiro; novas instalações, reformas e ampliação de infraestruturas; possibilidade de ampliar a linha de oferta de bens e serviços já existente; e maior disposição de participação em projetos de centros ou parques tecnológicos no país.

⁹⁷ Como explorado na seção 3.3.1, houve a flexibilização nas metas e exigências de cumprimento dos percentuais de conteúdo local, simplificando os compromissos em três diferentes macrogrupos e regulamentando mecanismos de aditamento de contratos com novas exigências de conteúdo local. Além disso, a contabilização de conteúdo local em produtos importados começou a ser validada.

4.3.2. Relevância da inovação para os atores

(A) As petrolíferas, para os entrevistados, sempre focam na melhora e eficiência da operação. O reflexo disso recai especialmente sobre a geração de receita e a redução de Capex e Opex. Normalmente, o processo inovativo depende inicialmente de “entender não só a parte técnica, mas também a econômica e como isso vai impactar.” (entrevistado 5)

Neste sentido, a indústria apesar de ser madura, demonstra espaço para inovação especialmente com o intuito de viabilizar economicamente o desenvolvimento do campo (entrevistado 6). São tecnologias, inovações e soluções otimizadoras com potencial econômico alto devido à redução do tempo e eficiência operacional. Isso tende a se associar com as tecnologias disruptivas e os *clusters* tecnológicos.

Para o entrevistado 2 há uma motivação a mais no uso e investimento de inovações no setor de O&G: o sucesso de lucratividade e ganho de receitas em empresas que usam a tecnologia e inovação como plataforma de negócios (ex: Facebook, Google e Netflix). Ou seja, a perda da liderança no mercado financeiro mundial mostrou às gigantes petrolíferas a importância de investir no desenvolvimento tecnológico como uma forma de retomar sua preponderância e importância estratégica.

Muito do que se fala em termos de tecnologia na indústria petrolífera perpassa pela chamada “digitalização”. Esta ainda passa por um processo de definição e de identificação do que realmente importa às petrolíferas. A princípio se sabe da relevância dessas tecnologias no sentido da gestão de informações e dados: “a ideia é gerar algum tipo de conhecimento para uma decisão mais inteligente, mais rápida, menos riscos, menos acidentes. O histórico de dados e acontecimentos para atender a diversos aspectos do negócio e da sociedade.” (entrevistado 2)

Utilizando a classificação de estratégias de inovação das firmas de Freeman e Soete (2008) [1974] na seção 2.4, podemos notar algumas nuances sobre o SPS brasileiro e a lógica de atuação global das firmas. Quanto às petrolíferas, a Petrobras assume uma estratégia ofensiva devido ao seu posicionamento de mercado, às infraestruturas e

capacitações desenvolvidas e à relevância política no país. As demais no mercado de E&P brasileiro estão mais próximas da estratégia defensiva e incorrem na necessidade de investir e ter centros em PD&I devido à cláusula e de atentar para os altos riscos embutidos.

(B) Já quanto as fornecedoras, de forma geral no pacote tecnológico 1 e 2, assumem uma estratégia ofensiva, pois as empresas se sentem autossuficientes e integradas nas cadeias produtivas e nos desenvolvimentos inovativos de uma variedade de produtos. No pacote tecnológico 3, devido à diversidade de segmentações possíveis e a entrada de novas empresas no mercado brasileiro; as empresas se dividem em estratégias de nicho, imitativa e defensiva.

As fornecedoras do SPS são comuns na utilização da inovação como meio para a redução de custo, essa é a mentalidade que motiva a inovação (entrevista 8, 10, 11, 13 e 16). A relevância é “geralmente pelo custo, inovação vem com redução de custo. E nesse mercado, redução de tempo é muito dinheiro e redução de perdas. O motivador é o custo, e é claro que isso traz a reboque muita coisa como conforto, tecnologias e segurança.” (entrevista 11)

Basicamente, de acordo com o entrevistado 8 existem duas perspectivas: a da empresa e a do cliente. “O que a gente faz de verdade é inovar e desenvolver algo que possa aumentar a margem de nosso cliente e a gente possa pegar um pedaço disso.” Então, este continua: “grande parte dos desenvolvimentos são voltados para otimização do processo produtivo e isso nos permite estar à frente da concorrência do ponto de vista tecnológico e com isso poder cobrar aquilo que uma *commodity* não pode mais cobrar.”

Desta forma, podemos assinalar que o objetivo do uso da inovação para a redução de custos às operadoras é angariar mais lucros, melhorar posicionamento no mercado e obter mais eficiência na operação. Isso, por exemplo, se dá através de inserção de melhorias e novos produtos, de um maior nível tecnológico e qualidade nas operações, e de capacitação para atendimento das demandas das petrolíferas.

Esse esforço é de grande importância para o SPS brasileiro evoluir na trajetória tecnológica, levando em consideração a abordagem de sistemas de inovação (LUNDVALL, 1992; EDQUIST, 1997) e a importância do conhecimento e desenvolvimento tecnológico

para propósitos econômicos. As fornecedoras são obrigadas, sob pena de perda de mercado, a mobilizarem e estimularem o desenvolvimento de capacidades produtivas e tecnológicas nacionais seja por meio de espaços de produção e bases de apoio, de centro e departamentos de pesquisas e/ou de cooperação.

Algumas fornecedoras enxergam a inovação como algo vivido dentro de uma cultura de excelência técnica; umas a mais tempo que outras (entrevista 12). Esta ideia converge com a noção de rotinas de Nelson e Winter (2002). Por meio da continuidade de estratégias e de processos de alto nível cognitivo, o comportamento dos indivíduos pode proporcionar descobertas e inovações devido a maior interatividade interna de habilidades e informações. Por isso, a importância de desenvolver a cultura destas rotinas.

A execução das tarefas nesses moldes se torna possível por meio de um sistema organizacional de apoio, mesmo sem um nível de experiência elevado na equipe. O benefício, segundo o entrevistado 16, é a redução de funcionários mais experientes e caros, além de não exigir um esforço intenso em situações de grande dificuldade na tomada de decisões.

Nas empresas que empregam essa cultura, existe a convicção interna de que a forma de prosperar e sobreviver no mercado é através da inovação e investimentos para os desafios do amanhã. “Os impactos disso englobam o ponto de vista financeiro, social, ambiental, da segurança operacional e da imagem da empresa.” (entrevista 16)

Outras empresas estão amadurecendo o processo de estruturação interna e criação de um ambiente inovativo. Somente recentemente grandes fornecedoras multinacionais começaram a disponibilizar no orçamento de forma antecipada a quantia destinada à inovação. Antes a oportunidade era identificada e se reagia com investimentos pois foi possível aferir algo por vir; agora a oportunidade é buscada (entrevista 16).

Apesar de muitas empresas fornecedoras do SPS terem a inovação como valor, em alguns casos “inovar não é um objetivo, mas consequência de uma necessidade” ou “é mais um provocador do que propriamente uma meta” (entrevista 13). São empresas de menor porte com dificuldades para assumir os riscos do investimento; assim, a inovação é vista como uma oportunidade de mercado. Ou seja, isso tem relação com o exposto por Dosi

(1982, 1988) sobre os esforços tecnológicos; as oportunidades latentes entre velhas e novas tecnologias; e os critérios de viabilidade, lucratividade e comercialização.

Nesse caso acima, pode ocorrer a tentativa de transferir um conhecimento ou ideia desenvolvida para potenciais interessados, de modo a entrar posteriormente como o prestador do serviço mais qualificado na especificidade desenvolvida. O foco é atrair empresas interessadas para investir em parceria, já que a dificuldade de financiamento é grande. Nas palavras do entrevistado 9: “o BNDES não ia querer ver um *player* de menor porte sendo um proponente de uma tecnologia que custaria 10 milhões de reais”, ou seja, existe um risco maior em altos investimentos em tecnologia quando o *player* é pequeno.

(C) Nas instituições de pesquisa, a ideia principal quanto à relevância da inovação é produzir pesquisa de qualidade e desenvolver bons projetos. Uma pergunta da entrevista fazia referência aos principais avanços verificados nestas instituições a partir dos projetos de pesquisa desenvolvidos no período 2015-2019.

Os entrevistados pontuaram os seguintes: reformas, atualização e construção de novas infraestruturas, equipamentos e instalações; criação e aprimoramento de recursos humanos qualificados; possibilidade de avanços na sua área de conhecimento e outras transversais; e destaque e valorização a nível nacional e internacional do nome da instituição devido à capacidade desenvolvida nos cursos e laboratórios. Em resumo, “há um esforço da universidade em manter as linhas de pesquisa e projetos porque isso traz dinheiro, atrai tecnologia e gera oportunidade para os alunos.” (entrevistado 18)

A expectativa futura é de aumento dos projetos em relação aos anos 2015-2019, mas isso só se confirmará, segundo o entrevistado 17, “dando um bom retorno para o cliente o qual acho que temos conseguido manter.” Por outro lado, a Petrobras tem sido muito cobrada por órgãos de controladoria do Estado para explicar como aloca seus recursos e isso atrapalha o avanço de projetos mais amplos e abrangentes conceitualmente (entrevistado 1).

4.3.3. Formas e critérios de contratação

(A) Todas as petrolíferas se utilizam do processo de licitação para seleção e assinatura de contratos. Conforme coletado nas entrevistas, os critérios atentam especialmente aos custos, mas outros critérios considerados importantes são os de qualidade e eficiência e os de experiência com o fornecedor. Entretanto, a Petrobras, devido à obrigatoriedade de acompanhar a Política de compras das estatais, está restrita e deve considerar apenas o aspecto menor preço.

Nessas circunstâncias, a Petrobras é obrigada a ter um grande conhecimento e experiência de todo o mercado de bens e serviços fornecidos. Uma proposta de um fornecedor com valores muito baixos, mesmo com a petrolífera sabendo da incapacidade desta em entregar com qualidade e prazo a esse preço, tem que ser aceita pois atendeu às especificidades dispostas no edital.

O entrevistado 2 atenta que “alguns fornecedores não estão entregando com a qualidade esperada e no tempo esperado. Isso atrasa o programa e as petrolíferas privadas tem mais força de botar esse tipo de critério tendo em conta o histórico do fornecedor.” Além disso, as petrolíferas privadas, por vezes, possuem parcerias para contratação por meio de um acordo de fornecimento global com preço fechado em qualquer ponto do mundo. É um ganho importante na previsibilidade do preço em qualquer operação no mundo e podem haver menores custos em relação aos preços praticados no Brasil.

Na entrevista 6, o especialista observa que alguns produtos do SPS brasileiro, como alguns tipos de ANM e linhas flexíveis, já se tornaram “*commodities*” pelo nível de maturação alcançado. Por esse motivo, a Petrobras adotou uma política de padronização de algumas demandas e produtos tradicionais, não afetando a entrega da contratação.

Porém, quando é preciso realizar e implantar alguma inovação, a política atrapalha o desenvolvimento tecnológico da petrolífera. A empresa precisa desenvolver, localizar ou receber a oportunidade tecnológica para depois angariar possíveis parceiros dentro da lógica concorrencial exigida na licitação.

Um outro aspecto das contratações com os fornecedores pode sofrer alterações. A Petrobras devido à escala de suas operações detém armazéns e realiza contratos amplos de compra de ferramentas e equipamentos. Porém, nem sempre as demais atuarão desta forma e isso deve gerar novas formas de contratação como o aluguel (entrevista 2).

Encerrando este tópico, é interessante notar a diversidade de arranjos contratuais entre as petrolíferas e os fornecedores do SPS. As petrolíferas podem decidir fazer licitações para uma série de bens e serviços dependendo do modo desejado de organização e cronograma do campo.

Porém, é cada vez mais comum contratos que englobam os bens e serviços de sistemas do SPS (ex: sistema de cabeça de poço e ANM/ sistema e configuração de dutos) desde o design ao desenvolvimento do campo. Isso abre espaço para subcontratação de fornecedores para poder atender de forma integrada todo o escopo do contrato e tende a abrir espaço para colaboração e interação entre diversos atores do fornecimento, inclusive pequenas empresas nacionais.

4.3.4. Fontes de financiamento para o processo de inovação

(A) As petrolíferas para além da obrigação da cláusula de PD&I, se utilizam de recursos que podem ser provenientes da própria empresa (em projetos próprios ou JIP) ou, em menor medida, se enquadrando à recursos de instituições como Embrapii, FINEP e BNDES. A Embrapii é vista como facilitadora da transferência de tecnologia para o Brasil e muitas empresas buscam essa via. A segunda é menos recorrida até porque nem sempre há fundo perdido para pesquisa e os juros a se pagar podem ser mais altos do que caso busque em outras fontes (entrevista 2).

(B) Sobre as fornecedoras, as fontes de financiamento da inovação citadas são os recursos próprios (principal fonte) e os derivados de parcerias de inovação aberta, de JIP e da cláusula de PD&I. O direcionamento dos recursos tende a ter mudanças, pois conforme um entrevistado “antes a preocupação era desenvolver o que a Petrobras desenhou e agora em desenvolver o que o ninguém desenhou ainda”.

Boa parte das fornecedoras do SPS tem a mentalidade de que os recursos da cláusula de PD&I são apenas complementares, porém se imagina um maior ganho de importância com as mudanças da obrigatoriedade do gasto direcionado às empresas. Os recursos da FINEP e do BNDES são eventuais e direcionados a um desafio específico na primeira instituição e à instalação de infraestruturas e entrada de empresas no mercado no caso da segunda.

(C) As instituições de pesquisa dependem sobremaneira dos recursos de PD&I das petrolíferas para sustentar a infraestrutura e os recursos dispendidos na pesquisa. A universidade suporta com estrutura e logística e quando tem um intervalo sem projetos ajuda a manter a folha de pagamentos e, por vezes nas privadas, a equipe (entrevista 18). No intuito de compensar as despesas geradas na universidade, a UFRJ determinou que 15% da parte dos custos indiretos do projeto sejam direcionados à esta (entrevista 17).

4.3.5. Dificuldades para inovar

(A) No que tange as petrolíferas e suas atividades no SPS brasileiro, as dificuldades basicamente são relativas à incerteza intrínseca ao processo inovativo, ao regimento da cláusula da ANP e à barganha contratual entre os envolvidos.

O primeiro ponto envolve a natureza de um projeto de PD&I, o qual demanda tempo, recursos e resultados. Existe a facilidade de cooperação com parceiros grandes para desenvolvimentos tecnológicos de grande porte. Porém, falta a maior presença de empresas pequenas e médias no processo inovativo. Isso especialmente em instrumentação submarina e ferramentas especiais (incluindo robótica e tecnologia mecânica) (Entrevistado 6).

Além disso, nem sempre é possível acertar o melhor caminho de um projeto, estando sujeito a falhas e ajustes (entrevista 3). Porém, isso se torna mais complexo quando é necessário convencer e justificar o investimento no projeto. No caso de uma petrolífera é feito um plano de negócio (*business case*) onde se explicita como será dado o uso do dinheiro e quais são os patrocinadores do projeto de PD&I.

Segundo o entrevistado 2, “adotar a tecnologia no fim do projeto não é um problema, mas sim, às vezes, vender a ideia antes do desenvolvimento. Pode acontecer de ter um projeto de maturidade baixa e não ter o conhecimento suficiente para convencer um patrocinador e então tentamos usar mais recursos próprios para ganhar mais robustez e então convencer.”

Para a Petrobras, segundo o entrevistado 6, uma dificuldade nos projetos é convencer os órgãos competentes da relevância de determinados investimentos e projetos de PD&I. Após os problemas de corrupção vividos pela empresa, o Tribunal de Contas da União está mais incisivo deixando os decisores com receio na tomada de decisão e no atendimento a todo regramento. Isso emperrou mais o processo inovativo pelo maior cuidado necessário com cada ponto dos regulamentos dispostos.

Sobre a cláusula de PD&I, a experiência da Petrobras na gerência de vultuosas obrigações de investimentos da cláusula de PD&I, mesmo sendo usados de forma estratégica; aponta para uma dificuldade de alocação de modo mais eficiente quando as somas excedem as demandas tecnológicas. O problema se configura quando há mais recursos financeiros do que motivações e projetos, ou seja, um desequilíbrio entre a necessidade e a obrigação (entrevista 2).

O caso da principal produtora e operadora do país é emblemático conforme o entrevistado 1: “O principal gargalo hoje do SPS está na burocracia envolta na Petrobras. Tem muito dinheiro, mas ela não tá conseguindo gastar tudo que tem de obrigação na cláusula.” O especialista também explica que o financeiro da empresa fica com a verba retida para esta destinação e, por vezes, acaba usando os recursos de modo ineficiente.

Além desse aspecto, a verba não cobre todo o processo de inovação e pode ser necessário buscar opções próprias ou externas. O especialista 8 entende que “deveriam ser contempladas as despesas associadas ao PD&I e os custos associados à importação para desenvolvimento de tecnologias, sejam insumos de software ou hardware.” O regulamento da ANP também não está claro sobre os possíveis benefícios com *royalties* e a disposição de tempo e conhecimento (entrevistado 2). Por outro lado, alguns entrevistados enxergam uma abertura e receptividade da ANP.

As demais petrolíferas, observando este problema, já se preparam e organizam equipes para gerir mais recursos nos próximos anos com o aumento da produção no país. Tem duas formas de fazer nestas petrolíferas: “algumas empresas e projetos são totalmente custeadas pela obrigação da ANP para o pessoal próprio fazer pesquisa, outras empresas também inserem verba própria (de outra carteira) e externa para sustentar algumas linhas que não necessariamente estão vinculadas à ANP”. (entrevistado 2) Isso vai depender da orientação da equipe de suporte burocrático e financeiro.

O último ponto de dificuldade de inovar nas petrolíferas é sobre a negociata e barganha na constituição de contratos em projetos. Conforme os entrevistados 2 e 5, chegar a um consenso com todos os advogados das empresas de um JIP é “um processo extremamente moroso, lento e difícil devido às cláusulas que todos vão assinar. Cada empresa tem sua política interna e alguma cláusula pode ser considerada inadequada.”

O mesmo se refere à discussão sobre as patentes e benefícios comerciais. São diversas questões: “Porque quer ter o benefício? Este é aceito pela normativa? Deseja a patente ou não? A empresa fornecedora do JIP aceita que a petrolífera quer parte da patente ou quer a patente toda?” (entrevista 2)

(B) Os fornecedores do SPS relatam problemas como: financiamento; financeiro e burocrático; regulamento da política de compras das estatais; fornecimento e parcerias de componentes e tecnologias; levar a tecnologia de ponta para o mercado de modo competitivo; e estimar o ganho da inovação.

A dificuldade para inovar mais citada nas entrevistas foi o financiamento e a parte financeira e burocrática, pois atrair altos investimentos com o risco intrínseco do processo inovativo é algo complicado até mesmo para as grandes firmas. O especialista 8 ainda aponta outras questões: “uma indústria de *commodity* que é sazonal e apresenta ciclos de preço e tem uma conotação negativa por parte da sociedade; tem muita dificuldade em atrair recursos financeiros e talentos.”

Os recursos do CT Petro da FINEP, Embrapii e outros; são pequenos em volume, um tanto burocráticos e, no caso do primeiro, geralmente não tem a possibilidade de fundo perdido (entrevista 9). Por outro lado, a ANP determinou uma mudança importante na

cláusula de PD&I para disponibilizar parte dos recursos nas empresas instaladas no Brasil⁹⁸. Somente nos próximos anos, com o desenvolvimento de campos destas rodadas, o desdobramento dessa mudança poderá ser notado (entrevista 5).

Já sobre a dificuldade no financeiro e na burocracia, o primeiro aponta para os impostos e a sua complexidade. Como o entrevistado 7 observou “o financeiro de todas empresas que trabalhei sempre foi maior que a engenharia. E mesmo assim corre-se o risco de ser cobrado por algo que não foi bem compreendido em alguma legislação aplicável.”

A burocracia dificulta pela morosidade na aprovação de contratos e atendimento às exigências principalmente advindas da Petrobras, reduzindo esforços na qualificação da tecnologia. Na opinião do entrevistado 12, “as empresas tinham que se estruturar de uma forma que coloquem grupos autônomos, competentes e com noção do mercado para fazer as coisas andarem e reduzir o tempo de retorno”

Um outro problema citado é a dificuldade do fornecimento e da parceria relativos a tecnologias e peças havendo a necessidade de busca-los no exterior. Como citou o entrevistado 11: “Já trabalhei em vários projetos para nacionalizar itens e na parte mecânica há evolução, mas quando chega na parte de eletrônica e software, se encontram dificuldades em componentes e tecnologia. E então precisamos importar e integrar no que há de nacional. Eletrônica e software é a maior dificuldade.” A aproximação dos fornecedores com as instituições de pesquisa seria essencial para auxiliar no acabamento da tecnologia e poder desenvolver opções de componentes nacionais.

Sobre a dificuldade de inclusão de inovações no mercado, além da questão que envolve a política de compras, a pequena empresa tem menor capacidade de assumir riscos e desenvolver de tecnologias e inovações. A margem ganha na engenharia do produto é pequena e não há capacidade financeira para desenvolver um produto (entrevista 9).

Conforme dito na entrevista 8, “a barreira comercial é grande porque a indústria em geral contrata as grandes empresas integradoras em pacotes de serviços e tecnologias.” Para se inserir neste contexto, as menores entram como potencial parceiro dessas grandes

⁹⁸ A partir da rodada 14 de concessão e da rodada 2 de partilha a cláusula exige o direcionamento de 30% a 40% dos recursos em empresas fornecedoras. Ver seção 3.3.2.

empresas se sujeitando inclusive à absorção do seu conhecimento e tecnologia. Restam, assim, duas opções: buscar a proteção da propriedade intelectual ou oferecer seu *know how* (mais propenso em empresas de serviços de engenharia).

A última dificuldade é a tentativa de estimar os ganhos da inovação, pois não se sabe como a utilização da verba vai impactar nos ganhos ou gerar perdas, por ser algo intangível e porque inicialmente o benefício é invisível devido à falta de maturidade (entrevista 7 e 16). Como o entrevistado 6 observou, o departamento de engenharia está acostumado a ter claro que vai movimentar recursos e vai ter os resultados esperados.

(C) As instituições de pesquisa enfrentam a dificuldade da manutenção da equipe e recursos humanos. Isso é visto como um grande problema e se deve à volatilidade dos projetos de PD&I dificultando a estabilidade da verba, pois a esmagadora parte das instituições de pesquisa não tem um mantenedor ou investidor.

Como dito pelo entrevistado 17, “uma empresa consegue se adequar às variações de demandas, mas nós ligados à universidade temos orçamento zero e não vendemos nada.” Normalmente um projeto dura dois anos, quando acaba existe uma grande dificuldade para manter a equipe e dar um plano de carreira mais interessante e um pouco mais estável e rentável para o pesquisador (entrevista 17, 19 e 20).

4.3.6. As estratégias de apropriação e proteção

(A) Acerca das petrolíferas, vale pontuar inicialmente que o regulamento da cláusula de PD&I tinham artigos tratando da relação da apropriação e proteção. Porém, a partir de 2017 as alterações realizadas na cláusula permitiram os atores do projeto efetuarem qualquer acordo estando em congruência com a lei brasileira.

A ANP entende não ser mais o papel dela regular sobre essa relação e esta é determinada pelas estratégias dos atores. “Boa parte do desenvolvimento tecnológico e inovação não é realizado pela petrolífera, historicamente ela se apropria da tecnologia que os fornecedores geram e ela incorpora aquilo baixando custo nas operações. Mas quem desenvolveu foram os fornecedores em competição.” (entrevista 5)

Para o entrevistado 1 e 5, não interessa à petrolífera ter a propriedade intelectual de algo específico pois o objetivo dela é vender o óleo ou gás. Importa é se existem fornecedores ofertando com qualidade, garantia de prazo e de preços competitivos. O acesso à reserva é o que importa e inclusive existem acordos de cooperação e troca de informações entre petrolíferas para operar o campo. (entrevistado 6)

Desta forma, o uso de patentes está mais relacionado à segurança legal da utilização da tecnologia e não quanto a obtenção de uma vantagem competitiva. Apenas em poucas situações é vantajoso deter a patente, como no caso do “Hi-sep”. O seu desenvolvimento e uso no pré-sal, viabiliza o acesso à reserva e se torna um entrave para as demais petrolíferas para entrada na licitação de um campo que precisa desta tecnologia.

Apesar disso, a burocracia interna da Petrobras dificulta esforços de disponibilização de patentes (a empresa não dá patente com exclusividade). O entrevistado 1 discorreu sobre um projeto da Organização Nacional da Indústria do Petróleo para captar possibilidades de pequenos negócios na cadeia de O&G. Como patente é considerada um ativo, o conselho administrativo da petrolífera deve ter ciência e o presidente precisa assinar. Até 2019, a reunião do conselho não ocorreu e o projeto se perdeu.

A Petrobras por essa exigência quase ficou sem um serviço considerado importante atualmente e ao mesmo tempo penalizou uma empresa nacional. Segundo coletado na entrevista 18, a petrolífera tinha interesse em um desenvolvimento realizado em parceria com uma universidade, o qual gerou uma empresa nacional. Era preciso de uma licença da patente no conselho para a empresa nacional fornecer, pois este seria um ativo da petrolífera.

Em resumo, sabendo da dificuldade da licença e do interesse no uso do desenvolvimento foi sugerido que a empresa nacional vendesse à uma fornecedora multinacional para instalação. Assim foi feito, entretanto, a multinacional exigia detalhes do desenvolvimento e hoje a empresa tem patente no resto do mundo tendo direito a explorar o desenvolvimento em suas operações externas. Além disso, a petrolífera exige quantia referente à *royalties* do uso do produto no Brasil (entrevista 18).

Entretanto, o entrevistado 6 entende que não é a disponibilização da patente o fator capaz de desenvolver as pequenas empresas. Seria necessária uma política de relacionamento entre Petrobras e fornecedora em prol de um processo robusto de passar o problema, de trabalhar em conjunto no desenvolvimento e de obter acesso ao mercado.

Os entrevistados 2 e 3 em referência às demais petrolíferas revelaram o uso das patentes como estratégia de proteção e, em um caso, é uma política corporativa ter uma participação nos trabalhos de desenvolvimento tecnológico. Os resultados ainda começam a aparecer nas petrolíferas com menor presença no país, mas estas esperam sua parte onde houve aporte de conhecimento e recursos (entrevista 3).

(B) Quanto às estratégias de apropriação e proteção, as fornecedoras do SPS entrevistadas, de modo geral, se utilizam de patentes, segredo industrial (utilizado no caso de um equipamento ou processo muito especializado), licenciamento compartilhado e termos de confidencialidade. Mas também foram citados os acordos de exclusividade com fornecedores (ex.: fornecedores de materiais específicos e oportunidade de acesso ao mercado para estes) e a pesquisa contínua para ganhos de eficiência.

As patentes apesar de ser a estratégia mais utilizada nem sempre são funcionais ou úteis. Em determinados processos de inovação de engenharia e automações, por exemplo, nem se investe tempo em proteger, pois como o entrevistado 16 disse: “na hora que alguém descobrir, já foi dado o próximo passo e se avançou na maturidade.” No caso do mercado de instalação de equipamentos submarinos e SURF, a patente é recorrente, pois “é difícil manter uma melhoria em segredo pois todos ficam sabendo e isso é inerente ao trabalho com operadoras.” (entrevista 13)

Algumas pequenas empresas de engenharia não entendem ser possível se defender das grandes empresas e a patente pode representar um risco para um potencial parceiro que possa buscar seus serviços. Ou seja, o importante é a grande empresa ver o serviço e/ou ideia como estratégico em uma relação de parceria para desenvolver e fornecer o produto. E então, talvez, obter uma fração da propriedade intelectual (entrevista 9).

Por outro lado, o patenteamento pode ser considerado importante: “em uma indústria onde somos pequenos, isso nos dá um poder de barganha quando entramos em

uma conversa com parceiros que dependemos para levar o produto ao mercado.” (entrevista 8) Nesta visão estratégica, a patente é um fator de equilíbrio de forças porque passa a segurança de que é necessário recorrer à empresa.

Isso não significa que a colaboração e parceria não seja bem-vinda, pelo contrário, é um acelerador do processo de inovação. E a empresa conhece a fundo os seus desenvolvimentos e especificidades a ponto de haver barreiras para a outra empresa copiar; pelo menos não da mesma forma e eficiência (entrevista 8).

(C) Nas instituições de pesquisa esse tema também é sensível e envolve patentes, contratos com cláusula de não divulgação dos dados, amarras acadêmicas e *royalties* da comercialização. Sobre as patentes e *royalties*, o entrevistado 17 sinaliza que nem sempre a instituição de pesquisa usufrui porque o foco é no desenvolvimento de soluções tecnológicas e não necessariamente de um produto. A demora para entrega da patente é desestimulante também (entrevista 1, 17, 18, 19 e 20).

As amarras acadêmicas fazem referência às dificuldades enfrentadas pelos professores devido à impossibilidade de abrir um negócio tendo dedicação exclusiva no magistério impedindo o exercício de outra atividade remunerada. Além disso, o baixo valor pago por horas de pesquisa no processo de desenvolvimento tecnológico é motivo de crítica (entrevista 18 e 20).

Isso tem fundo na decisão das operadoras em pagar as horas destinadas ao projeto de PD&I algo em torno da faixa salarial paga pelas universidades. A questão é receber pouco relativamente aos possíveis ganhos da empresa com o projeto (ganhos são vultuosos devido ao alto valor agregado das operações) (entrevista 20).

4.3.7. Perspectivas sobre os desafios emergentes, o *subsea factory* e as tecnologias disruptivas

(A) As petrolíferas por fazer parte de todos os processos do SPS em todas as fases da E&P mantém no seu radar os principais desafios tecnológicos. Por isso, nas entrevistas foram feitas perguntas sobre os desafios e tecnologias emergentes importantes para o

avanço da fronteira tecnológica do SPS brasileiro, o desenvolvimento de competências para o “*subsea factory*” e quais tecnologias disruptivas estão sendo utilizadas e tem potencial.

Na visão geral dos entrevistados os principais desafios emergentes são: a redução de custos; a especificidade do SPS brasileiro com corrosivos (CO₂ e H₂S), alta profundidade e pressão; o avanço na digitalização; e a redução do *topside* via maior participação do processamento submarino.

O entrevistado 5 aponta os desafios com potencial de redução de custos. São exemplo a produção e desenvolvimento de produtos com materiais menos pesados e custosos e mais resistentes e o avanço do processamento submarino no intuito de buscar economias levando processos complexos e custosos do *topside* para o leito marinho. Isso paralelamente à necessidade da análise de extensão de vida útil em um volume alto nos próximos anos devido à quantidade de campos maduros e a possível reutilização de partes do SPS. (entrevistado 4)

Como o entrevistado 3 pontuou: “No Brasil existe um projeto de FPSO já consolidado, então se coloca uma planta de processo padrão; porém quando começa a operar um campo às vezes se ocupa entre 10% a 30% da planta de processos, o que deixa alta a capacidade ociosa.” É muito mais interessante investir na medida do necessário na FPSO e usar equipamentos submarinos mais autônomos; dependendo inclusive de menos pessoas nesta unidade de produção.

No momento existem investimentos em algoritmos, inteligência artificial (IA) e redes neurais focados no gerenciamento da integridade dos ativos e análises preditivas, porém os resultados ainda estão aquém do esperado para as petrolíferas. “Hoje todo mundo fala em digitalização e quando vemos os projetos, estão voltados grosso modo à tratamento e aquisição de dados e isso de certo modo a indústria já vem fazendo a algum tempo.” (entrevistado 3)

Em um horizonte de médio prazo, a visão está voltada para a automação e robótica no ambiente submarino com embarcações e veículos autônomos. Já no longo prazo, o processamento submarino e os novos materiais associados a este processo será importante.

Deste modo, o processamento submarino está ligado ao avanço do “*subsea factory*”. E como exposto pelo entrevistado 5: “esse caminho você pode dizer que é muito inseguro, mas as empresas estão perseguindo tecnologicamente. Isso não vai acontecer agora, mas há trabalho, esforço tecnológico e investimento.” Este avanço seria capaz de causar mudanças drásticas e superar o paradigma tecnológico (DOSI, 1982; DOSI, 1988; DOSI E NELSON, 2016) do SPS brasileiro.

A expectativa é de que se repliquem desenvolvimentos ocorridos na Noruega⁹⁹ em áreas de desinvestimento da Petrobras de águas rasas e a na região da Bacia de Campos. Isso pode se concretizar devido ao aumento do número de operadoras e de empresas acostumadas a operar em campos maduros e a Petrobras já teve projetos com esse foco. (entrevistado 1 e 4)

Talvez seja possível em campos do nordeste mais próximos da terra, entretanto a perspectiva de operadoras de menor porte atuando nestes campos e a sua carteira pouco diversificada coloca um alto risco no negócio. Somente seria interessante caso fosse uma operadora capaz de assumir alto risco tecnológico e financeiro. (entrevistado 6)

Há quem entenda que passar tudo do *topside* para o submarino é algo distante, porém é cada vez mais necessário devido ao tamanho dos campos que se aproximam ao tamanho de grandes cidades. (entrevistado 2, 3 e 6) Para o especialista 6, a referência de custos ainda é muito elevada para o desenvolvimento e aplicação do *layout* e de projetos. Somente ao passo do avanço de tecnologias de processamento submarino é possível surgir alternativas intermediárias de “*subsea factory*”.

Como dito pelo entrevistado 2: “o *subsea factory* permite um bombeamento em diversas regiões do campo com uma FPSO dando o aporte necessário. O espaço físico de um campo é enorme; é preciso otimizar todo esse design e logística de *topside* de forma eficiente, até porque demanda muita energia.” O melhor estágio disso, conforme o

⁹⁹ O país já dedica esforços à décadas para o desenvolvimento tecnológico do processamento submarino no SPS, o qual é essencial para alcançar o *subsea factory*. Com a promoção recente de tecnologias de inteligência artificial, gêmeos digitais, computação em nuvem, automação e outras também discutidas no caso brasileiro; o potencial de aplicabilidade cresce e em campos próximos à terra isso já é possível. Para maiores detalhes ver Thune et al (2018).

entrevistado 3, era ter “tudo operado pelos robôs como uma cidade submarino, com a supervisão humana em terra em um centro de controle onde você quiser dessa cidade.”

Em resumo, sobre o *subsea factory*, parece haver um entendimento de que falta compreender e interpretar a capacidade atual para desenvolver tecnologias futuras com a base de conhecimento existente. Do mesmo modo como Dosi (1982, 1988) analisou sobre a escolha de uma solução e tecnologia. Os esforços tecnológicos já produzidos na PD&I tem relação com a capacidade ainda não interpretada e, por sua vez afeta os desenvolvimentos futuros. Por isso, as percepções dos entrevistados acabam convergindo em um ponto intermediário entre o desenvolvimento atual e o *subsea factory*.

Finalizando com as estratégias das petrolíferas nas tecnologias disruptivas, estas foram perguntadas sobre a importância e potencial destes para o desenvolvimento tecnológico da empresa. Os entrevistados apontaram o que as petrolíferas têm em seu radar em todos os oito *clusters* do Projeto Indústria 2027 do Instituto Euvaldo Lodi (IEL) da Confederação Nacional das Indústrias (CNI) (IEL, 2017).

As empresas geralmente agrupam seus projetos de PD&I por nível de maturidade e alguns *clusters* estão mais avançados em relação a outros. Segundo o entrevistado 3, uma petrolífera coloca entre 20% a 30% dos projetos em tecnologias disruptivas com grau de maturidade mais baixo e risco maior.

De forma geral, os *clusters* mais citados como importantes atualmente são os quatro referentes à digitalização e o de materiais avançados. O *cluster* de geração de energia submarina apresenta um desafio muito grande ainda, pois a potência do gerador é incipiente e as fontes disponíveis são muito caras e é necessário o fornecimento contínuo.

Vale recordar que, Perez e Soete (1988), entendem como importante a entrada e adaptação de produtos maduros e consolidados no mercado para se alcançar o dinamismo e reduzir o hiato tecnológico. A digitalização tem um papel na adaptação dos produtos do SPS, ainda existe a dificuldade de definir o que engloba a digitalização. Em um primeiro momento, o entendimento dos entrevistados é que a digitalização reúne quatro clusters tecnológicos: inteligência artificial (IA), Big Data e computação em nuvem; redes de comunicação; internet das coisas; e produção inteligente e conectada.

Como pontuado pelo entrevistado 3, a digitalização “não é apenas ter uma imagem 3D do equipamento; acreditamos que deve ser tudo digital, da operação até o processamento dos dados usando essas ferramentas para te dar as informações e auxiliar nas escolhas.” Ou seja, é necessário digitalizar toda cadeia do SPS, pois os equipamentos antigos não foram desenvolvidos para atuar de maneira remota por exemplo.

A digitalização está auxiliando no processo de gestão da integridade e a tendência tem sido a contratação de empresas para coletar, combinar e conectar as informações de vários atores e fornecedores. (entrevista 2) Como exposto na entrevista 4: “big data tem que ser prioridade porque tem muito dado e pouca informação. Os gêmeos digitais são fundamentais para otimizar e conectar os sistemas, ainda mais com a passagem da operação para outros operadores.”

Na área de projetos, a digitalização também apresenta grandes benefícios. Isso porque na área submarina estes são muito complexos e integrados com outras áreas como reservatórios, *topside*, elevação e naval. A melhor seleção do layout do campo submarino é extremamente complexa e demorada, então ter ferramentas tecnológicas capazes de auxiliar nisso conseguiria agilizar a fase de projeto e agilizar o início da produção. (entrevista 6)

O SPS deve usar as experiências de adequação destas tecnologias em outras indústrias para entender como pode se aproveitar. Por exemplo, a internet das coisas pode maximizar a comunicação entre os componentes do SPS em um campo grande, sendo que esta tecnologia está mais avançada no chão de fábrica das indústrias e no *topside* da indústria petrolífera *offshore*.

Então, existem desenvolvimentos recentes em digitalização e materiais avançados com um grande potencial tecnológico ainda a se explorar. Já a nanotecnologia, biotecnologia (ex.: projeto de mapeamento genético do coral sol na costa brasileira), armazenamento de energia, robótica avançada e imageamento estão em fase prospectiva, apesar de serem vistos como potenciais tecnologias no futuro.

(B) Sobre os fornecedores, o foco foi saber das impressões do *subsea factory* e compreender a importância do uso e potencial das tecnologias disruptivas no SPS e as impressões do *subsea factory*. Inicialmente, como pontuado pelo entrevistado 16, “a

implementação depende do que o cliente quer, porque as coisas custam muito. A demanda é muito pormenorizada e específica.”

O *subsea factory* é uma questão vista com importante potencial futuro, mas as expectativas acerca variam. Conforme os entrevistados 11 e 16 ainda parece estar mais no discurso e falta horizonte. Por outro lado, algumas empresas tem investido por meio de esforços em processamento e separação submarina (entrevistado 10 e 12). O entrevistado 12 assinalou que a “empresa está buscando se envolver no processamento e separação e tem feito parcerias com empresas estrangeiras. Estamos trazendo para o Brasil tecnologias conceitualmente disponibilizadas fora; para detalhar, aprimorar e demonstrar.”

O entrevistado 10 foi claro em dizer que o Brasil deveria aproveitar a oportunidade de ser destaque no assunto. Os desafios estão ligados ao processamento submarino: “como fazer funcionar no *subsea* uma bomba, um compressor, um separador; ou seja, os equipamentos de processamento que vão auxiliar nesse objetivo e como levar energia para lá. Porque a parte de válvulas, estruturas e digitalização são o menor problema.”

Acerca das tecnologias disruptivas, as empresas fornecedoras sinalizam a importância de alguns *clusters* tecnológicos nos desenvolvimentos atuais e potenciais como: inteligência artificial, big data e computação em nuvem; internet das coisas; produção inteligente e conectada e materiais avançados.

A digitalização é levada em consideração por todas as fornecedoras visitadas e é parte das linhas de trabalho e pesquisa de centros de PD&I no Brasil. Como reportou o entrevistado 7: “estão havendo contatos para cooperar com empresas de fora da área e quando necessário vem sendo feito no exterior para discussões e trocas.” Isso vai depender do que foi tratado por Perez e Soete (1988) como redesenho e novos designs de produtos devido a um período de transição tecnológica para um novo paradigma tecnoeconômico.

O entrevistado 16 pontuou algumas potencialidades para a empresa com a utilização da digitalização. Primeiro, houveram mudanças organizacionais com a criação de uma vice-presidência global de digitalização e uma equipe especializada na área e não no mercado de O&G. Já começaram a implantar sensores nas próprias embarcações para fazer

manutenções mais assertivas e gerar valor. A tecnologia de gêmeos digitais já tem sido associada às atividades e serviços de monitoramento, inspeção e reparo.

O entendimento deste entrevistado, inclusive, é que a inovação e digitalização no Brasil parece estar um pouquinho à frente do resto do mundo com ferramentas processuais de automação digital e oportunidades de geração de automação de processos. Isso vai de encontro com Klevatorick et al (1995) no sentido de haverem oportunidades tecnológicas em outras indústrias, e principalmente, na cadeia de produção vertical.

O armazenamento e geração de energia parece ser um problema deixado a cargo das petrolíferas, pois as grandes fornecedoras integradas não têm estudado isso no Brasil e se preocupam mais na ligação e transferência de energia com os equipamentos submarinos. Porém, das dez fornecedoras entrevistadas, quatro empresas tem isso no radar; como foi possível captar na entrevista 8, 9, 11 e 12.

Segundo o entrevistado 12, existe cooperação com uma petrolífera para gerar energia eólica nas operações devido às distâncias dos poços das unidades de produção. Na entrevista 8 ficou claro o desafio da energia para o desenvolvimento de robótica (espaço, dimensão, quantidade e recarregamento), já que o avanço tecnológico depende disso.

Vale apontar o caso específico dos ROV/AUV e os seus serviços, pois muitas tecnologias disruptivas podem ser desenvolvidas (em geral no exterior) e utilizadas nas operações. Como IA, materiais avançados, nanotecnologia (tem grande potencial) e armazenamento de energia (embrionário e um grande desafio). (entrevistas 11 e 12)

(C) Sobre o último ator da seção, podemos concluir que em diversas instituições de pesquisa espalhadas pelo país os oito *clusters* tecnológicos são contemplados. As quatro entrevistas feitas com os representantes das instituições mostraram a percepção sobre a aplicação e expectativa de aplicação dos *clusters* no SPS.

Foram citados os *clusters* relativos à digitalização e materiais avançados (projetos com material cladeado e análise de falhas). Todos vistos com potencial futuro juntamente com o armazenamento de energia. Neste último *cluster*, segundo o entrevistado 18 e 20, já existem esforços para a inclusão de renováveis (eólica, ondas e diferencial de temperatura) na geração de energia elétrica com o intuito de fornecimento ao SPS.

A inserção dos clusters no SPS é algo dependente das demandas das fornecedoras e as instituições são capazes de auxiliar nesse processo de PD&I. A crítica está na falta de projetos com cronograma mais solto e com duas etapas básicas de protótipo e aplicação. Além disso, é importante a formação de grupos interdisciplinares de pesquisadores e de redes de recursos e infraestrutura. Isso é capaz de melhorar a efetividade das tecnologias e da inserção dos *clusters* nos desenvolvimentos.

4.3.8. Relevância das políticas públicas

Nesta seção a preocupação recaiu na percepção dos atores acerca das políticas públicas¹⁰⁰ que os afetam e se elas servem de estímulo para novos negócios e tecnologias relativos ao SPS. No caso das políticas de conteúdo local, do Repetro Sped, da política de compras das estatais e da cláusula de PD&I foi perguntado as principais vantagens e desvantagens. A atenção aqui é sobre como as políticas públicas tem desenvolvido vantagens nas firmas do país e um ambiente institucional de inovação (MALERBA, 2013; VÉRTESY, 2017).

4.3.8.1. Calendário de licitações

(A) Por meio das entrevistas nas petrolíferas foi possível notar a importância do calendário de licitações, já que “traz uma previsibilidade e segurança como um todo.” (entrevistado 3). Para o entrevistado 4, ajuda a reduzir o risco das petrolíferas.

O entrevistado 2 atenta especialmente para o ganho de competitividade da cadeia de O&G no Brasil com esta política: “o ganho de escala é uma vantagem da Petrobras e as outras empresas acabam tendo um custo bem maior. Com a programação do *bid* a

¹⁰⁰ Nesta seção são discutidas as políticas públicas e as suas mudanças recentes; as quais já salientadas e explicitadas na seção 3.3.

petrolífera pode contratar por mais tempo e mais barato tendo em conta o seu calendário de exploração, desenvolvimento e produção de seus diferentes campos.”

(B) Quanto aos fornecedores, pelas entrevistas foi possível notar a percepção de ser benéfico para todos mesmo que indiretamente, pois vão gerar contratos de fornecimento depois. O entrevistado 7 assinala como essencial a previsibilidade e planejamento na indústria.

4.3.8.2. Política de Conteúdo Local

(A) A opinião geral das petrolíferas acerca da política de conteúdo local (PCL) é a dificuldade de cumprimento da exigência. O entrevistado 4 entende que isso é devido a maioria dos fornecedores serem multinacionais e dependendo de sua estratégia de negócio nem sempre existem instalações no país capazes de fornecer todas as possibilidades de produtos ofertadas. Mas, concorda com a necessidade de desenvolver empresas e profissionais brasileiros e a PCL deve ser usada estrategicamente.

Como o entrevistado 2 aponta: “acho que tem que ser algo mais inteligente porque o Brasil não tem competências e vocações pra tudo.” A questão é a impossibilidade de competir com outras regiões produtivas do mundo em todos os produtos necessários para a E&P. Deveriam haver para cada área valores de conteúdo local, tendo em conta a vocação produtiva e os objetivos de desenvolvimento de mercado local.

(B) Em relação às fornecedoras, são beneficiadas as empresas instaladas no Brasil; porém a política é alvo de críticas devido aos seus efeitos dúbios. O atendimento do percentual depende das capacitações instaladas no Brasil e o benefício está na demanda assegurada, manutenção de participação de mercado e incentivo às infraestruturas. Talvez se não fosse por essa política não estariam trabalhando em empresas fornecedoras. (entrevistas 14, 15 e 16)

Por outro lado, como assinalado pelo entrevistado 10, “a certificação é algo muito burocrático, as multas ocorridas acabam sendo repassadas automaticamente nos contratos e

o fornecedor nem sempre percebe a existência de uma linha de trajetória tecnológica por estar preso aos benefícios assegurados.”

Neste sentido, o entrevistado 9 acha importante “enxergar o competidor como um desafio e não solicitar as cotas que nos protejam. A PCL talvez faça com que a gente se acomode na realização ao invés de ser uma empresa que busque algo diferente.” Isso pode se tornar uma âncora para o país se as empresas olharem como o fim e não o meio.

Como explicitado pelo entrevistado 16, apesar da PCL fomentar a força de trabalho local e a abertura de escritórios de engenharia; acaba por limitar a circulação de pessoal das organizações no mundo e nem sempre se obtém a força de trabalho necessária e o menor custo e preço. Falta um direcionamento estratégico para poder captar o conhecimento externo e atrair competências, já que o que tem sido feito “é colocar toda parte manufaturada no Brasil e toda parte com mais valor agregado é importada.” (entrevista 11)

4.3.8.3. Política de Compras das Estatais

(A) A política de compras das estatais, para o entrevistado 4 é alvo de críticas por pessoas da Petrobras, pois torna o processo burocrático e complexo para quem oferta e demanda. Pode acontecer da petrolífera exigir especificações técnicas exageradas para avançar em alguma área técnica, mas não ter proponente e ter que realizar todo o trâmite novamente. Como já abordado na seção 4.3.3.

(B) Todos os fornecedores entrevistados enxergam de forma negativa. O critério único do preço, conforme os entrevistados 7, 10, 13 e 16, gera um efeito ruim e de alta intensidade pela preponderância da Petrobras no mercado. Pelo ponto de vista das iniciativas de inovação é como um recado aos fornecedores para não inovar, pois se um desenvolvimento tecnológico teve um esforço e pode ser comercializado; a empresa pode vir a ser “punida” pela falta de demanda.

Além disso, o entrevistado 10, entende que a habilitação de licitantes segue uma norma interna da Petrobras ao invés de seguir normas internacionais. Isso traz muitas especificidades ao produto nacional ao invés de ajudar a padronizar e facilitar a exportação.

O entrevistado 13 conclui: “a Petrobras de forma geral é muito engessada e se engaja com o mercado muito tarde. Admite pouca variação técnica, qualquer pequena alteração já exclui a empresa da concorrência.”

Em produtos menos padronizáveis, foi possível constatar um problema nas pequenas empresas: “as especificações são muito abertas e a compra não é feita comparando laranja com laranja, porque os concorrentes nunca oferecem exatamente coisas semelhantes.” (entrevista 9) Nesse caso, as grandes fornecedoras se beneficiam, para o entrevistado, oferecendo um produto mais barato e inexequível.

A qualidade dos fornecedores e a garantia de entrega dos serviços é um objetivo da petrolífera, e por isso, a necessidade de sabatina técnica. (entrevista 9) O entrevistado 7 olha o edital como o principal problema. “Se colocar que é pelo menor preço de diária, pode ser que se pague mais porque a fornecedora vai retardar ao máximo possível e ficar no campo muito tempo.”

A empresa tem esforços para compreender o mercado e reduzir esses impactos. Exemplo disso é o esforço e intenção de agregar especificidades por meio de questionários aos fornecedores e de prospecção (feiras, workshops, reuniões e etc) do que está disponível no mercado (entrevistado 15).

4.3.8.4. Regulações de Integridade dos ativos

As regulações de integridade dos ativos são importantes e servem de estímulo para os entrevistados 2 e 4, pois o negócio é beneficiado. O ambiente de E&P cada vez mais engloba grandes desafios e as petrolíferas devem se unir e atentar para a necessidade de se estabelecer as melhores práticas. Inclusive de modo a exigir das fornecedoras uma movimentação nessa direção.

Como exposto pelo entrevistado 4, o regulamento com base nos regulamentos do Mar do Norte e Noruega, é não prescritivo e baseado na gestão dos ativos. Isso não impõe barreiras e a exigência é sobre a responsabilidade da operadora de gerir minimamente a integridade.

Para o entrevistado 2 a importância decorre da circunstância atual de vendas de campos maduros da Petrobras e do custo de reputação em campos com mais propensão a acidentes. “Uma petrolífera menor tem menor preocupação com isso porque tem escala menor e uma marca menor. É fundamental para o país ter uma política de integridade porque senão vamos ter um monte de acidentes devido à falta de cuidado necessário.”

4.3.8.5. Repetro Sped

O Repetro-Sped é considerado benéfico a todos que fazem uso, possibilitando a vinda de tecnologias e equipamentos não fornecidos internamente. Em algumas empresas não é tão relevante porque produzem e desenvolvem no Brasil os produtos do SPS. Mas em outras fornecedoras, possibilita menores preços nos produtos.

A lista de produtos abrangidos vem melhorando e por ter sido estendido até 2040, acaba por passar estabilidade às empresas. (entrevista 10) O entrevistado 7 foi enfático em dizer “sem repetro não rola, nós importamos a embarcação, os equipamentos e os outros componentes associados. Se colocar imposto em cima disso, estamos ferrados.” O processo é criticado pela demora e burocracia e pelas equipes na aduana que nem sempre tem o conhecimento da regulamentação.

4.3.8.6. Cláusula de PD&I

A cláusula de PD&I é uma política que gera muita discussão, apesar de ser vista como positiva por atores como petrolíferas e instituições de pesquisa. Conforme o entrevistado 1, a Petrobras, antes da instituição da cláusula em 1998, destinava um percentual no seu planejamento estratégico para PD&I próximo de 1%.

Entretanto, se não fosse possível alcançar a meta determinada pela diretoria, esses recursos eram direcionados para outras áreas. A partir desse contexto, surgiu a ideia de gerar a obrigatoriedade e a petrolífera brasileira começou a experimentar a possibilidade

dessa exigência por meio do CT Petro até a efetiva instituição da cláusula. Isso, à época, auxiliou no desenvolvimento de grandes equipamentos e laboratórios com tanque.

Já em um contexto de evolução dos recursos de PD&I, o entrevistado 1 afirma que quando os valores começaram a ultrapassar os níveis esperados; a política da Petrobras foi manter o nível de investimentos para pesquisas (faltava capacitação) e o restante seria destinado para a infraestrutura. Porém, com os constantes aumentos de valores, grande parte foi direcionado para infraestrutura em todo o Brasil.

Em resumo, para o entrevistado 1 e 6 gerou-se uma grande rede de desenvolvimento tecnológico com capacitações e infraestruturas premiadas, porém; muito capilarizada apesar de concentrada, de difícil gerenciamento e com alguns investimentos mal aplicados. O entrevistado 1 afirma que grande parte dos recursos foram direcionados para as tecnologias necessárias na E&P *offshore* tendo enfoque naquilo onde havia menos conhecimento no país como o SPS e os reservatórios em novos ambientes produtivos.

O entrevistado 6 observa a mudança na forma de trabalhar da Petrobras, em especial na área submarina, devido à obrigação de investimentos em PD&I. Os projetos de PD&I eram maioria nas empresas e não nas instituições de pesquisa, forçando a Petrobras a fazer um ajuste para direcionar recursos para as instituições. Isso foi importante pois foram criados conhecimentos e grupos competentes e de excelência.

(A) Visto esse histórico e a expectativa de aumento dos recursos, para as petrolíferas parece então haver enorme potencialidade nas interações desenvolvidas a partir da cláusula de PD&I, visto a possibilidade de agregar diversos atores em prol de metas técnicas comuns capitaneadas pelas petrolíferas que são as demandantes finais.

A compreensão é de que cada vez mais a parte de PD&I vem sendo trazida para o país, muito devido ao potencial de recursos da cláusula. Existem dúvidas, por exemplo, se ocorreriam muitas parcerias com instituições de pesquisa se não fosse algo obrigatório e por isso a obrigação é boa nesse sentido. (entrevista 2 e 3)

Segundo o entrevistado 3, “isso pode fazer com que o país passe de um cenário de pegar tecnologia de fora e comece a desenvolver tecnologia pra ser aplicada lá fora. O

movimento das empresas de tecnologia de fora fazendo parte do desenvolvimento no Brasil que é muito interessante.”

É cada vez mais necessária a cooperação entre todos os atores envolvidos e a ANP permitiu investimentos em diversos atores. “Esse ambiente que a ANP está incentivando não tem erro, está criando um cenário em pesquisa sem precedentes.” (entrevistado 3) Conforme o entrevistado 6, os projetos de PD&I passam por ciclos e revisão relativa a estratégias e a curva de aprendizado estando sempre sujeitos a ajustes e adaptações.

A ANP tem tido um papel importante na segurança jurídica do processo, pois o parecer final de um projeto de PD&I e seu enquadramento constituía uma dúvida para a petrolífera. Isso tem melhorado com a abertura da agência para consultas anteriores ao início do projeto. “Ficou claro que a agência não está ali com perfil punitivo e sim com a ideia de alavancar e guiar, dentro das regras que precisam ser cumpridas” (entrevista 3)

Por outro lado, vale lembrar a questão do aumento desses recursos no futuro (exposto na seção 4.3.5) como algo que pode atrapalhar mais do que ajudar, pela possibilidade de se tornar algo como um imposto e não um estímulo. (entrevista 2 e 6) Quando os recursos vão além da demanda tecnológica e estratégica da empresa, pode haver uso ineficiente dos recursos excedentes. Esta situação pode ocorrer em outras operadoras à medida que a participação produtiva aumente.

(B) A cláusula até o momento não atinge sobremaneira as fornecedoras. As empresas podiam participar nos projetos de PD&I das petrolíferas, mas não havia obrigação de destinação de recursos nas empresas. Porém, o perfil dos projetos das petrolíferas está mudando: “elas estão procurando as empresas para desenvolver projetos que não só objetivam cumprir uma obrigação de investimento, mas com interesse de ter o resultado e tornar a inovação comercial” (entrevista 7)

Segundo o entrevistado 12, a empresa em que atua, procura aproveitar essa mudança e os recursos. Inclusive, as empresas estão mais à vontade para fazer dispêndios e se estruturarem para fazer parte da engrenagem. Atentando ao histórico da cláusula de PD&I, o erro para este especialista, foi imaginar que as instituições de pesquisa teriam o papel de indutor quando deveriam participar como agente de apoio. E acrescenta: “Falta

estrutura e pessoas que pudessem induzir isso no sentido do que o mercado precisa. Perdemos alguns anos nesse processo.”

Neste sentido, o entrevistado 10 está de acordo com o percentual exigido de 1%, mas as instituições de pesquisa têm uma participação alta nos recursos. Apesar de ser um recurso crucial, as operadoras em determinadas situações parecem ver a cláusula apenas como uma obrigação e nem sempre se preocupam nos resultados e retorno do projeto. (entrevista 10 e 11)

Um outro problema relatado é a burocracia e controle exagerados, demandando muito tempo e exigindo um orçamento de algo difícil de mensurar ainda mais na fase inicial do projeto. (entrevista 7 e 13) O esforço exigido é grande de tempo e recursos; e as pequenas empresas tem maior dificuldade de mobilizar isso.

(C) Por fim, as instituições de pesquisa são diretamente afetadas pela obrigação da cláusula e todas as entrevistadas reportaram que são beneficiadas. Mais ainda, sem esses recursos, as instituições não existiriam e muita coisa viria pronta do exterior segundo o entrevistado 18. E este questiona: “Porque a gente tem esse subsídio todo? Uma grande empresa privada multinacional mesmo que ela tenha recurso não vai investir no brasileiro.”

O entrevistado 17 salienta que, apesar dos volumes serem considerados altos, em outras indústrias costumam ser percentuais ainda maiores. “E 1% talvez não seja tanto quando pensamos que precisamos desenvolver no país mais empresas, novas tecnologias no pré-sal, possibilidade de explorar a 300km da costa, um polo nacional de SPS. Tenho impressão que não é muito.”

Os entrevistados das instituições visitadas relataram alguns pontos onde seria importante repensar a política. O entrevistado 17 entende que os institutos ficam à mercê das petrolíferas tanto em relação à recursos financeiros, assim como em problemas de pesquisa. Além disso, “a burocracia absurda. Gastamos muito do tempo em questões menores administrativas onde a instituição deveria focar esforços na parte técnica e científica.” (entrevista 17)

O entrevistado 19 pensa que a cláusula deveria ser repensada por três motivos: abrangência dos recursos nos custos de PD&I; aprimoramento e estímulo a *start ups* e

empreendimentos; e necessidade de auxiliar na realidade financeira dos pesquisadores (não há alinhamento com o mercado). O entrevistado 20 adiciona a importância de se destinar recursos de PD&I para áreas transversais à indústria de O&G de interesse público. Como por exemplo os assuntos ambientais, pouco atentados pelas empresas.

4.3.8.7. Breves conclusões das políticas

Encerrando a seção 4.3.8, podemos concluir e analisar a ideia geral dos atores sobre determinada política. Assim como Ghiorzi (2017) pontuou na sua análise de políticas públicas da indústria parapetrolífera, existe em comum a indução da mobilização de recursos e geração de conhecimento. Porém, alguns constrangimentos nas ações de empreendedorismo, de difusão de conhecimento e de direcionamento. O único ponto de discordância em relação ao SPS é na formação de mercados, o qual demonstrou potencial especialmente em nichos de mercado de serviços.

A política de calendário de licitação e o Repetro Sped apresentam opiniões similares de que são benéficas e importantes para petrolíferas e fornecedoras do SPS. Já a política de compras das estatais é vista como negativa. A seguir um desfecho crítico em políticas de maior impacto e de variados desdobramentos como a PCL e a cláusula de PD&I.

Sobre a Política de Conteúdo Local (PCL), podemos observar, para além das críticas comuns quanto à certificação e validação do percentual, a falta de uma estratégia e direcionamento a favor do desenvolvimento de segmentos com maiores potenciais e vocações estratégicos em que seja importante haver estímulos. A segurança da demanda interna serviu para promover uma diversidade de competências e de infraestruturas nacionais, mas nem sempre isso é o fomento necessário para o subfornecimento nacional de produtos de maior valor agregado.

A cláusula de investimento em PD&I é a única política que envolve petrolíferas, fornecedoras do SPS e instituições de pesquisa. Ao longo dos anos os recursos auxiliaram em diversos desenvolvimentos tecnológicos com reconhecimento internacional, mas o

padrão de cooperação no SPS foi alterado a partir da obrigação de parcerias com instituições de pesquisa.

Por outro lado, a obrigação de aportes em empresas brasileiras e o interesse das petrolíferas em projetos colaborativos entre os variados atores abre uma oportunidade virtuosa de interações capazes de reunir esforços tecnológicos, técnicas e conhecimentos espalhados na cadeia produtiva nacional e global do SPS. As diferentes petrolíferas e importantes fornecedoras já formam equipes de trabalho para gerenciar os investimentos futuros que mostram forte tendência de aumento e as instituições de pesquisa são capacitadas a ponto de sugerir pesquisas e inovações para as petrolíferas.

4.4. PRINCIPAIS DESDOBRAMENTOS E POTENCIALIDADES DO SPS

A partir do apresentado nas seções anteriores, é possível avaliar sobre o potencial inovativo do Sistema Produtivo Submarino (SPS) em constituir um núcleo dinamizador de atividades industriais e competências tecnológicas. Desta forma, a seguir pontuamos os principais desdobramentos e potencialidades no mercado do SPS para arguir sobre a constituição deste núcleo e as mudanças de direcionamento das políticas.

Seguiremos os temas trabalhados nas seções 4.2 e 4.3, divididos em quatro partes: (1) redes de cooperação e comércio; (2) mercado e ambiente produtivo do SPS brasileiro; (3) processo de inovação e as tecnologias disruptivas; e (4) políticas públicas.

(1) Redes de cooperação e comércio

- As petrolíferas estão cada vez mais convictas da importância e dos resultados potenciais que um projeto de PD&I bem gerido e com a colaboração variada de instituições de pesquisa, grandes fornecedores, pequenas empresas e *start ups* podem proporcionar. A reunião de capacidades e de objetivos (pesquisa/comercialização) de cada ator seria a somatória ideal para efetivamente colher os resultados comerciais dos projetos. Como analisado por Vonortas (2009), a estratégia de colaboração proporciona acesso rápido e eficiente a capacidades tecnológicas.

Desta forma, as redes de cooperação e comércio do SPS tendem a ser ainda mais abrangentes e variadas. Basicamente, essas interações possibilitam muitos benefícios como exposto por Lundvall e Borrás (1997) e Britto (2004): eficiência transacional, partilha dos riscos e racionalização dos gastos, troca de sinergias e controle sobre mercados promissores.

- As redes comerciais estão mudando seus arranjos contratuais e abrindo espaço para novas empresas e de menor porte nos projetos. Isso é mais recorrente nos serviços de engenharia, nos quais o Brasil reúne um contingente importante de mão de obra qualificada e de escritórios de engenharia. Assim, as trocas comerciais e de informação tendem a aumentar entre os fornecedores e seus departamentos.

- A cooperação entre as empresas do SPS grosso modo é pautada pela obrigação da cláusula de PD&I e pelas demandas das petrolíferas. Então, as fornecedoras são demandadas para projetos específicos de melhorias e desenvolvimento de produtos; e como a obrigação exigia grande parte do investimento nas instituições de pesquisa, as fornecedoras passaram a ser menos demandadas relativamente. Esse padrão das duas últimas décadas tende a se equalizar entre as partes com a mudança da obrigação.

O fato é que tendo em consideração o porte e localização (proximidade com universidades de renome e parques tecnológicos) das grandes fornecedoras do SPS e a capacitação desenvolvida nas instituições de pesquisa, as fornecedoras buscam muito pouco estas instituições.

Retomando o estudo dos pacotes tecnológicos da seção 4.2, no pacote 1 (processos de controle de fluxos) esse padrão de fraca cooperação fornecedor-instituições de pesquisa fica bem marcado, no pacote 2 (processos de transporte de fluxos) o padrão se mantém em menor medida e no pacote 3 (processos de integridade) menos ainda.

No pacote 2, ocorre em menor medida, pois há uma maior quantidade e variedade de pesquisas e demandas capitaneadas pelas petrolíferas nas instituições de pesquisa e fornecedoras. No último pacote, ocorre como no pacote 2, mas as empresas estão em uma posição de maior necessidade de colaboração por existir demandas recentes e que elas ainda buscam aprimorar, ofertar ou desenvolver no mercado.

- As redes apresentadas denotam que o SPS brasileiro está inserido na cadeia global de valor deste mercado. Entretanto, segundo Teece (2014), é importante notar o controle estratégico das capacidades, o qual advém da propriedade. Mesmo estando presente no país, as multinacionais e suas subsidiárias respondem aos objetivos e metas de performance advindas das decisões da diretoria.

As principais fornecedoras do SPS estão presentes no Brasil com fábricas e escritórios de engenharia. O país faz parte da estratégia global delas seja através da troca de conhecimento; do atendimento das demandas ao mercado brasileiro; e por vezes, das trocas de componentes, peças, equipamentos e serviços.

No pacote 1, muitos desenvolvimentos tecnológicos ocorrem por meio de projetos multicliente e atualmente as principais fornecedoras multinacionais (TechnipFMC, Aker Solutions, OneSubsea e BHGE) estão estruturadas e capacitadas para produzir e desenvolver tecnologias no país.

No pacote 2, existe uma variedade grande de empresas, fábricas e desenvolvimentos fornecendo os produtos e as tecnologias; e de instituições de pesquisa provendo pesquisas sobre os temas do pacote. Os materiais avançados pesquisados pelas instituições de pesquisa, como termoplásticos e revestimentos, estão tendo aplicabilidade pelos fornecedores mesmo com as interações do pacote sendo guiadas pelas petrolíferas.

O pacote 3 apresenta maior interação entre os atores até porque é o pacote onde ainda estão aparecendo novos produtos necessitando de um arranjo de conhecimentos e ideias. Os atores de variados tamanhos e nacionalidades estão se ajustando às necessidades e à inserção de tecnologias disruptivas. As demandas se acomodam à medida que as tecnologias e atores desenhem as respostas aos desafios recentes.

-A cadeia de subfornecedoras ainda é uma lacuna especialmente em insumos de maior valor agregado como a parte de eletrônica e de tecnologias disruptivas. Os desenvolvimentos tecnológicos no SPS brasileiro foram mais voltados à parte mecânica e foi possível inserir as subfornecedoras no processo de comercialização, mesmo que com pouca variedade.

Como o entrevistado 5 observa e a seção 4.2 demonstrou: “o SPS de todos os segmentos industriais é onde o Brasil tem mais possibilidade de ser um fornecedor global e que as grandes empresas façam daqui seu centro principal de exportação. Mas para isso tem que desenvolver a cadeia do subfornecedor, se queremos entrar no jogo internacional precisamos ter preço, qualidade e prazo.”

- As principais oportunidades para novas empresas nacionais participarem da cadeia global de valor do SPS está no subfornecimento (ferramentas de operação e serviços, partes de equipamentos submarinos e insumos como termoplásticos); nos serviços auxiliares (gestão, meio ambiente, engenharia de processos); e no pacote 3 (gerenciamento da integridade dos ativos).

A criação de tecnologias que mudem o paradigma nem sempre será efetivo e rentável para uma pequena prestadora de serviços. A questão essencial é propor soluções de menor custo e aplicabilidade, ao invés de ficar apenas na fase de desenvolvimento do produto. Entretanto, as tecnologias disruptivas abrem oportunidades para introdução de pequenas empresas em nichos de mercado, podendo alterar a perspectiva acima.

- As instituições de pesquisa são e ainda serão por um bom tempo as principais receptoras dos recursos de PD&I. Para os projetos no SPS apresentarem os melhores resultados, não é somente necessário prover a infraestrutura necessária, mas também valorizar mais os pesquisadores envolvidos de modo a atrair boas equipes de trabalho.

Para além dos problemas vividos na ciência brasileira (falta de recursos, de reajuste de bolsas e de plano de carreira), os entrevistados nas instituições mostraram a dificuldade de montar as equipes devido à sazonalidade dos projetos e a baixa valorização dos profissionais. Somado a isso, como o entrevistado 8 comentou, a captação de talentos para a área de O&G enfrenta uma visão da sociedade por ser acusada de ser prejudicial ao meio ambiente e fruto de problemas geopolíticos.

- As instituições de pesquisa fazem a parte da pesquisa do PD&I (pesquisa, desenvolvimento e inovação) e acabam assumindo riscos tecnológicos os quais as empresas não estariam dispostas a assumir. Por vezes, especialmente nos pacotes 2 e 3 onde existe

maior presença destas, as instituições acabam por ofertar serviços específicos como testes, análises e reparos com o uso de inovações no processo.

É importante deixar claro, segundo o entrevistado 10, que a lógica da ANP do processo de inovação era de que as instituições de pesquisa por si só eram capazes de levar às inovações. Entretanto, a falta de fornecedores no processo dificulta a aplicabilidade das inovações no mercado. Com esse diagnóstico a ANP possibilitou a introdução de empresas e *start ups* nos recursos de PD&I.

Apesar disso não ser uma responsabilidade das instituições, o entrevistado 5 salientou o seguinte: “Estamos vivendo um momento em que as empresas de petróleo estão empurrando mais a exigência delas até a inovação e as principais instituições de pesquisa que tem um volume substancial de recursos da cláusula estão se preocupando um pouco mais relativamente.”

(2) Mercado e ambiente produtivo do SPS brasileiro

- Cada campo de E&P é um projeto e design diferente, desta forma são sempre geradas especificidades para os desenvolvedores dependendo do ambiente produtivo e marinho do SPS. As petrolíferas se qualificam na compreensão deste ambiente de modo a entender as limitações e os possíveis parceiros. Assim, é natural que a Petrobras apresente uma capacidade inovativa notável e características de empreendedorismo e pioneirismo.

Isso ocorre desde o início da E&P no Brasil e promove uma trajetória tecnológica mais complexa. Assim como Dosi e Nelson (2016) caracterizaram as trajetórias tecnológicas; estas não eliminam a persistente geração de variedade e especialização, extrapolam para o futuro a melhoria da base de conhecimento e atendem regularmente às curvas de aprendizado.

- Com a crise vivida na indústria petrolífera, no Brasil e na Petrobras a relevância para as fornecedoras do mercado de SPS brasileiro faz mais sentido pela posição e magnitude deste mercado no contexto mundial. Seja em termos de reservas, produção e desenvolvimento tecnológico. Pelos resultados das entrevistas é possível perceber a confiança no aumento relativo da importância do SPS brasileiro devido ao potencial de E&P, aos ajustes nas políticas públicas e à maior presença de outras petrolíferas.

Sem dúvida, essa expectativa, mesmo que ponderada, atrai iniciativas e possibilidades como: a promoção de exportações e de ampliação da linha de produtos; entrada de fornecedoras com tecnologias desconhecidas do ambiente operacional brasileiro; e novas instalações, reformas e ampliação de centros de pesquisa, de fábricas, de bases de apoio e de infraestrutura laboratorial. Isso pode representar um novo salto nas capacitações existentes no SPS brasileiro.

(3) Processo de inovação e as tecnologias disruptivas

- Processo, desenvolvimento e comercialização da inovação é muito dependente das estratégias da Petrobras, corroborando com as conclusões de Ghiorzi (2017) para a indústria parapatrolífera brasileira. Isso começa a se reduzir devido a maior participação de outras operadoras, de modo a diversificar demandas comerciais e inovativas.

Esta análise de dependência é derivada muito em parte das políticas de compras e de PD&I, podendo deixar os fornecedores do SPS restritos na aplicação de seus desenvolvimentos tecnológicos e com baixa presença nos projetos de PD&I. Além disso, A morosidade na aprovação de contratos é um forte constrangedor deste processo, pois atrasa os projetos de fornecimento e de PD&I aumentando a incerteza dos resultados.

- As empresas do SPS têm implementado ações para organizar e promover um ambiente de inovação e de colaboração interna e externa. As petrolíferas visam usar os recursos de PD&I junto a diferentes atores, criando um núcleo de pesquisa para gerir os investimentos. As fornecedoras estão olhando para inovações nos processos e operações de rotina por meio da mudança cultural interna para reduzir seus custos.

- As patentes das inovações é uma questão envolta de grande especificidade e polêmica. É comum a verificação da efetiva necessidade de patentes nas pequenas fornecedoras e subfornecedoras do SPS brasileiro, pois a disputa do direito do uso e a dificuldade de obtenção são dependem de grandes esforços. Por isso, outras estratégias são importantes como o segredo industrial, contratos de licenciamento compartilhado e fornecimento exclusivo, termos de confidencialidade e a pesquisa contínua para estar sempre à frente na maturação da tecnologia.

- Os *clusters* tecnológicos relativos à digitalização e materiais avançados são os mais maduros nas empresas e instituições de pesquisa, apesar de ainda existir dificuldades do SPS em adaptá-los a seus produtos. Os demais *clusters* apresentam potencial de uso na próxima década, e em menor medida a biotecnologia.

Os efeitos da maturação da digitalização e materiais avançados serão grandes no SPS para os próximos anos. O primeiro auxiliando pela automação, análises preditivas e melhoria da eficiência de equipamentos e serviços; e o segundo melhorando a resistência, durabilidade e peso dos produtos.

-As tecnologias disruptivas e seus conhecimentos e desenvolvimentos que podem ser aplicadas no SPS brasileiro estão nas instituições de pesquisa brasileiras e nos centros de pesquisa das grandes empresas fornecedoras. As pequenas empresas derivadas de universidades que estão se utilizando destas tecnologias estão tendo sucesso e inserção na cadeia do SPS, mesmo aquelas com trabalhos em diferentes atividades econômicas.

As principais petrolíferas e fornecedoras já se utilizam de algumas, mas trazem as tecnologias de centros de PD&I próprios. O processo inovativo em curso no SPS estava pautado nas tecnologias mecânicas, as quais são relativas à própria história dos desenvolvimentos. É necessário construir uma cultura de interlocução entre quem conhece as tecnologias de digitalização e os colaboradores que vivenciam os desafios do SPS.

A realidade é que, conforme o entrevistado 5, grande parte dessas tecnologias estão sendo desenvolvidas fora da indústria petrolífera e isso é algo novo. As tecnologias disruptivas, especialmente, o que agrupa a digitalização, estão em profissionais (seja em empresas ou instituições de pesquisa) sem experiência e conhecimento da indústria petrolífera. Por isso, o caminho deverá mais diversificado com o aporte de grandes empresas de tecnologia, das instituições de pesquisa e de *start ups*.

- O *subsea factory* depende de muito esforço para se realizar no horizonte futuro, porém sua realização depende mais do desenvolvimento de tecnologias de processamento submarino. As tecnologias digitais são paralelas a esse desenvolvimento e pode potencializá-las. Ou seja, são tecnologias mecânicas, as quais o mercado de SPS está acostumado a lidar, mas que apresenta pouca interação de desenvolvimento tecnológico.

Com o aporte das tecnologias disruptivas e a necessidade de redução de custos no *topside*, esse processo de implementação e avanço na fronteira tecnológica pode ser acelerado. Mesmo sendo algo muito exposto em discurso, as empresas tem iniciativas, projetos e investimentos para alcançar esse objetivo.

(4) Políticas públicas

- As políticas públicas e os órgãos de fomento precisam ser mais abrangentes e captar empresas nacionais e/ou pequenas que enfrentam dificuldades para entrar nos nichos de mercado do SPS brasileiro. Algo fundamental é facilitar e flexibilizar as exigências e burocracias nos processos de beneficiamento, devido ao alto esforço administrativo e financeiro demandado em um contexto de imprevisibilidade dos resultados.

- A ANP está aberta a questionamentos e dúvidas acerca dos processos exigidos, mas as petrolíferas utilizam mais essa troca. Os demais atores não apresentam muitas trocas com a agência. O entrevistado 10 entende que a ANP não atenta para o referencial de sistemas de inovação que, como demonstrado neste trabalho, preza pelas interações entre os diferentes atores e o desenvolvimento de capacidades (CASSIOLATO E LASTRES, 2005; SOETE, VERSPAGEN E WEEL, 2010).

Isso denota para o especialista que é preciso haver uma mudança filosófica e entender que a inovação é a introdução de novidades no mercado. Inclusive, essa definição está de acordo com a definição utilizada neste trabalho. A ANP com a alteração do percentual destinado às empresas na cláusula de PD&I procura compensar essa questão.

- O aumento da exigência da cláusula de PD&I expõe e pode estender a outras petrolíferas um problema enfrentado pela Petrobras: necessidade de PD&I versus obrigação de investimento em PD&I. O problema é o desperdício e uso indevido de recursos.

- As recentes mudanças de políticas públicas como a criação do calendário de rodadas de licitação; a atualização e prorrogação do Repetro; a simplificação e redução de percentuais na PCL; e abertura dos recursos da cláusula de PD&I às empresas representam para as empresas um ambiente de maior liberdade criativa e de estabilidade. Contudo, a política de compras das estatais, segue representando, para as fornecedoras e novas habilitadas, um forte constrangimento ao desenvolvimento tecnológico.

Quadro 15: Implicações potenciais para o SPS brasileiro

	Padrões, tendências e efeitos verificados	Implicação potencial para o SPS
Produção	- Tendência de aumento produtivo com o pré-sal e recuperação de campos maduros.	Positiva – Expectativa de novas demandas
Mercado	- Tendência de aumento da relevância do SPS brasileiro pelo potencial de E&P e desenvolvimento tecnológico.	Positiva – Expectativa de altos investimentos em um mercado cada vez mais competitivo
Cooperação	- As petrolíferas procuram projetos que agrupem instituições de pesquisa e fornecedores. - Os fornecedores se utilizam pouco das instituições de pesquisa brasileiras, mas acreditam e enxergam potencial para o aumento de parcerias. - As instituições de pesquisa têm a cultura de propor pesquisas e entender problemas técnicos enfrentados pelas petrolíferas.	Positiva – Expectativa de maior interação e solução da aplicabilidade dos projetos de PD&I
Tecnologias disruptivas	- Apesar de algumas já estarem sendo utilizadas, há a dificuldade de inserção e adaptabilidade para as necessidades do SPS. -As instituições de pesquisa e empresas relativas são parceiras para pesquisas e desenvolvimentos; e grandes fornecedoras se organizam para ofertar produtos com estas tecnologias.	? – Existem limitações e desafios a se resolver na cooperação entre o detentor do conhecimento e os operadores

<i>Subsea factory</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Precisa de esforço em tecnologias de processamento submarino. Existem competências, mas ainda enfrenta limitações de ordem técnica e de avanço da fronteira tecnológica. 	? – Depende do avanço tecnológico em processamento submarino e adaptação de tecnologias
Petrolíferas	<ul style="list-style-type: none"> - Criação de núcleos de pesquisa para gerenciar os projetos de PD&I. - Expectativa de redução da dependência da Petrobras no direcionamento de demandas de produtos e de PD&I. 	Positiva – Mais petrolíferas investindo e organizando PD&I
Grandes fornecedoras integradas	<ul style="list-style-type: none"> - Mudanças organizacionais para atender às futuras demandas dos projetos de PD&I e para inserir as tecnologias disruptivas. - Tentativa de criação de uma cultura inovativa. - Baixa cooperação com instituições de pesquisa. 	Positiva/Negativa – Conta com capacidades e competências desenvolvidas no país, mas há baixa interação com instituições de pesquisa
Fornecedoras brasileiras	<ul style="list-style-type: none"> - Tem maior entrada em nichos de mercado (especialmente em serviços de engenharia, gerenciamento da integridade de ativos e tecnologias disruptivas) até porque as grandes fornecedoras são cada vez mais integradas. - Enfrenta forte barreira à entrada e de acesso aos benefícios das políticas públicas. 	? – Algumas empresas brasileiras tem sido criadas nestes nichos, mas atuam em parceria com universidades e sem grande apoio financeiro

Instituições de Pesquisa	<ul style="list-style-type: none"> - Tendência de aumento dos recursos. - Desenvolvimento de centros de pesquisa e recursos humanos de excelência. - Falta de valorização dos pesquisadores. - Dificuldade com a sazonalidade de projetos e formação de equipes. - Cobrança pela aplicabilidade das inovações à estas instituições. 	Positivo/Negativo – Importantes capacidades e competências desenvolvidas em infraestrutura e capital social, mas sofrem para angariar talentos e são cobradas para além do seu papel de pesquisa e desenvolvimento
Cláusula de PD&I	<ul style="list-style-type: none"> - Permissão de 30% a 40% dos recursos para fornecedoras. A mesma faixa é destinada para instituições de pesquisa. - Grande esforço para cumprimento das exigências. 	Positiva – estímulo à cooperação e à PD&I no país
Política de compras das estatais	<ul style="list-style-type: none"> - O preço, as especificações técnicas e a habilitação das empresas restringem o processo inovativo. 	Negativa – constrange o desenvolvimento tecnológico a partir do momento que dificulta a inserção de novas tecnologias
Política de conteúdo local	<ul style="list-style-type: none"> - Houve a simplificação e redução de percentuais exigidos. - A demanda assegurada fez com que empresas instalassem fábricas e escritórios de engenharia no país. - Falta de estratégia para desenvolver pontos com verdadeira vocação no Brasil e em componentes de maior valor agregado. 	Positivo/Negativo – tem efeito dúbio por trazer investimentos, infraestrutura e tecnologias, mas parte do design e componentes de maior valor agregado são importados

Fonte: Elaboração própria

De modo a resumir e subsidiar a análise de conclusão, no quadro 15 acima é disponibilizado um conjunto de padrões, tendências e efeitos verificados no SPS brasileiro e as implicações potenciais destes em diferentes temáticas. Por meio do que foi pontuado neste capítulo, podemos avaliar sobre o problema da pesquisa e verificar as hipóteses de pesquisa e sugerir ações e políticas para potencializar os efeitos indutores do SPS para a indústria brasileira.

A primeira hipótese do estudo testa a possibilidade de geração de efeitos indutores e avanços tecnológicos devido à constituição de um polo dinâmico no SPS brasileiro. A hipótese é parcialmente satisfeita, apesar da conformação de infraestruturas e capacidades nas principais atividades, da especialização e segmentação em curso e de uma rede de aprendizado e inovação importante.

O país detém de um parque fornecimento local qualificado, inclusive levando em conta o contexto internacional. As fornecedoras e instituições de pesquisa demonstram capacidade de desenvolver tecnologias e fornecer satisfatoriamente às especificidades e estratégias das petrolíferas, tendo no radar opções variadas de busca de informações.

Porém, o principal limitador da geração de efeitos indutores e transbordamentos é a existência de lacunas consideráveis na cadeia produtiva do SPS brasileiro, especialmente no subfornecimento. Isso fica mais claro quando analisamos alguns serviços e insumos de alto valor agregado onde existem poucas opções de fornecimento e/ou desenvolvimento no país.

A segunda hipótese é sobre os desafios de uma política capaz de estimular o desenvolvimento do sistema de inovação do SPS, visto a configuração de estratégias das principais fornecedoras multinacionais. A compreensão foi que as multinacionais se adequam bem às exigências das políticas públicas e participam de forma efetiva para o desenvolvimento tecnológico do SPS brasileiro devido ao acúmulo de conhecimento e capacidades existente nestas empresas no território brasileiro e exterior.

As fornecedoras multinacionais são fundamentais nas interações com as petrolíferas e nos investimentos no parque fornecedor do SPS brasileiro. Entretanto, estas fornecedoras ainda estão desenvolvendo uma cultura colaborativa e não demonstram grande disposição para interagir com instituições de pesquisa e empresas brasileiras.

A necessidade da mudança cultural no SPS se dá pela busca de tecnologias e conhecimento em diferentes fontes capacitadas no país, já que as grandes fornecedoras nem sempre conseguem capturar inovações de outras áreas do negócio. Um exemplo, é a adaptação da digitalização nos processos produtivos e operações a partir do conhecimento em empresas de tecnologias digitais e institutos de pesquisa especializados. Algumas empresas já inserem funcionários com esse tipo de conhecimento com este fim.

A partir do conceitual de mudança tecnológica, sistema de inovação e regime tecnológico a pesquisa procurou compreender a configuração; a organização das redes de comércio, de inovação, de aprendizado e de inovação; e as estratégias dos principais *players*. O entendimento dessas questões permitiu apontar que o SPS brasileiro não se constitui como um núcleo dinâmico apesar do potencial da referência tecnológica da Petrobras, da diversidade de atores qualificados, de investimentos e da capacidade de avanço na fronteira tecnológica.

Existe uma clara dificuldade na promoção de um sistema produtivo dinâmico; ou seja, que apresente sinergias interindustriais na cadeia produtiva. Essas ligações até ocorrem, mas em um volume pequeno e de maneira incipiente. O SPS já apresenta maturação, especialmente nos pacotes 1 e 2, mas ainda são possíveis inovações incrementais de grande importância.

4.5. PROMOVEDO O SPS BRASILEIRO: SUGESTÕES DE POLÍTICAS PÚBLICAS

Para finalizar este capítulo, são sugeridas políticas e ideias potenciais para ultrapassar alguns constrangimentos e promover o potencial do SPS brasileiro para além das ações já efetuadas e próximas de serem efetivadas. As análises realizadas ao longo do trabalho permitem o pesquisador realizar um esforço de formulação de dez sugestões:

1 - Traçar estratégias na PCL. Apesar da PCL ter direcionado metas de conteúdo local para três macrogrupos, poderia trabalhar para uma estratégia pensada nas vocações do mercado brasileiro e no entendimento das fragilidades do mercado de subfornecimento. A

partir disso, a atuação da PCL potencializaria a base do mercado do SPS brasileiro. Seria importante dar mais atenção às áreas mais nobres da cadeia produtiva e para isso é necessária a conjugação de esforços de políticas, empresas e órgãos de fomento para o desenvolvimento tecnológico em bom nível dessas competências.

O que é consenso está na importância de promover incentivos para a cooperação e articulação entre os elos da cadeia produtiva petrolífera por meio da interseção dos programas de expansão da oferta dos fornecedores locais e da programação da demanda das operadoras como forma de mitigar os riscos. A atração de conhecimento externo e de competências gera efeitos na demanda e qualificação da mão de obra.

Em resumo, poderia se pensar em uma forma de pontuar e bonificar ações estratégicas dentro dos objetivos e metas de desenvolvimento do mercado do SPS local. Por exemplo, a pontuação da inserção de mão de obra brasileira em empresas fornecedoras do mercado brasileiro que operam ou produzem algo no exterior.

2 - Alteração da política de compras das estatais. A política de compras das estatais é uma discussão muito sensível, pois envolve questões relativas à seleção de fornecedores e ao devido uso de recursos financeiros. Além do atendimento à qualidade e eficiência das operações com o menor custo para a sociedade. Outro ponto é o crivo do legislativo federal. Porém, mesmo sabendo destas dificuldades, poderiam ser abertos requisitos de eficiência e de tempo de operação na concorrência das licitações.

Uma forma da Petrobras contornar essa situação é por meio da possibilidade aberta pela modificação da Lei da Inovação (Lei nº 10.973/2004) para a contratação de empresas dispostas a cooperar em inovações e tecnologias. Após realizado o desenvolvimento e constatada aplicabilidade da tecnologia, seria possível abrir o processo licitatório mesmo com uma única proponente. Esta ação vem sendo estudada (entrevista 6), porém seria capaz de minorar as implicações da política de compras das estatais.

Uma outra sugestão seria a instituição de uma Sociedade de Propósito Específico (SPE) ou *Joint Venture* em projetos da cláusula de PD&I como um piloto de inovação para desenvolvimentos tecnológicos. Isso resguarda as empresas envolvidas das amarras jurídicas da política de compras, mas abre uma discussão quanto à propriedade intelectual que exige um alinhamento jurídico entre as partes. As instituições de pesquisa poderiam ser

incluídas como parceiras da SPE e a Petrobras poderia, com o devido conhecimento e domínio técnico; abrir licitações para contratos futuros.

3 - Instituição do Pedefor. O Pedefor que atuaria paralelamente à PCL foi revogado em novembro de 2019, mas seria importante por mudar a lógica das principais políticas que envolvem o SPS. Além de promover incentivos e bonificações, ao invés de penalidade, a política traçou estratégias para a valoração e bonificação reconhecendo a origem local, os investimentos, as exportações e o desenvolvimento de soluções tecnológicas.

Um comitê diretivo definiria tais segmentos, os quais como foi definido em texto do Decreto Nº 8.637/2016 atentavam para a engenharia desenvolvida localmente, investimento direto nos fornecedores nacionais, promoção de exportações, dentre outras ações com pontuação de benefícios. Esta política seria um estímulo para as empresas direcionarem esforços e recursos financeiros, não provenientes da cláusula de PD&I, em áreas consideradas estratégicas da cadeia produtiva da indústria petrolífera.

4 - Organização de fóruns e comitês. Para as fornecedoras, as operadoras devem sinalizar a trajetória tecnológica a qual se pretende seguir, com o intuito de mitigar os riscos em investimentos na expansão da capacidade de oferta. A relevância disso é o apropriado direcionamento dos esforços de PD&I por parte do parque fornecedor. Os projetos de PD&I em cooperação com fornecedoras e instituições de pesquisa, à medida que forem ocorrendo, tendem a facilitar tal sinalização da trajetória tecnológica.

Neste sentido, a sugestão é a realização de fóruns e comitês onde se juntem operadoras e prestadoras de serviços para discutir temas relevantes e prioritários. A ideia não é apenas mostrar o que tem dado certo, mas compartilhar problemas e experiências. Os noruegueses já notaram a importância de ações deste tipo e procuram inclusive se inserir no mercado brasileiro com seminários e rodadas de discussões, os quais contam com a participação das principais empresas norueguesas e outras com potencial de entrada.

O banco estatal de desenvolvimento de empresas e indústrias para inovação, o “*Innovation Norway*”, junto à embaixada do país e o apoio da ANP realizam este tipo de evento. Existe esse costume no país e existem eventos com premiação e apresentação de equipamentos ou melhorias em processamento submarino. (entrevista 1)

5 - Combinação de interesses de negócios no SPS. Nesta tese, demonstramos algumas oportunidades no SPS, que também envolvem os serviços relacionados. Falta

articular os potenciais fornecedores nacionais e multinacionais, já estabelecidos e em expansão no país, de modo a adentrar nesses nichos. A reativação do Prominp seria essencial na institucionalização desses processos, especialmente pelo conhecimento e esforços técnicos adquiridos para identificar as ligações mais fortes e fracas da cadeia.

A Petrobras detém de uma série de patentes não exclusivas sem uso e que poderiam ser inseridas no mercado. (entrevista 1) Segundo Klevorick et al (1995) a fraca apropriação dos retornos econômicos reduz o custo da pesquisa e a aumenta a oportunidade para mais atores. Isso poderia ser facilitado pela petrolífera em conjunto com ações de parcerias.

Em um cenário de baixa participação de empresas brasileiras no SPS, sugere-se o incentivo de combinação de interesses e o auxílio de órgãos públicos e privados na criação, no financiamento e no acompanhamento técnico de fornecedores. Quando pesquisamos sobre os fornecedores brasileiros existentes, verificamos a importância da parceria com a universidade para criar um *spin off* de grupos de pesquisa.

Nestas relações de apoio à capacitação e financiamento das empresas nacionais, vale acampar a sugestão de Mendes, Romeiro e Costa (2012) e da ABDI e CGEE (2016). Os trabalhos defendem a entrada de empresas nacionais na cadeia de subfornecimento e a adaptação de empresas de outras indústrias na cadeia produtiva de equipamentos submarinos. Isso geraria uma dinâmica da base local com maior valor agregado.

6 – Financiamento em estágios avançados de desenvolvimento. Seria importante remodelar os objetivos inovativos dos projetos de órgãos de financiamento (especialmente Embrapii, FINEP, BNDES). Os órgãos auxiliam no desenvolvimento e prototipagem, mas quando a ideia é buscar a aplicabilidade e escala de mercado faltam apoio financeiro.

Ou seja, é dispendido um esforço de recursos humanos e de tempo para ao final não ter a possibilidade de qualificar um produto e/ou prestar um serviço. Os órgãos poderiam se organizar para atuar em conjunto em diferentes estágios do PD&I e facilitar esse processo especialmente em empresas entrantes. A Embrapii demanda esforços nessa atuação mesmo com poucos recursos financeiros e o InovaPetro apoiou alguns desenvolvimentos e infraestruturas de instalações submarinas até 2017.

7 - Permitir recursos da cláusula de PD&I para áreas transversais. Existe a possibilidade de petrolíferas terem dificuldades na alocação volumosa de recursos. Como sugestão, os recursos podem atender outras demandas da sociedade que sejam transversais

à área de O&G com a devida justificativa. Além disso, um campo piloto poderia ser financiado por parte desses recursos, apoiando a fase de testagem de tecnologias.

A relevância dos projetos de PD&I podem servir de atração de atores com competências comprovadas e capacidade de contribuir aos desenvolvimentos tecnológicos promovidos no país. Isso reduziria os problemas de sazonalidade de projetos nas instituições de pesquisa, ao possibilitar estudos mais abrangentes e de maior duração. Alguns *clusters* tecnológicos precisam ser maturados na indústria nacional e o SPS teria uma dinâmica tecnológica e econômica maior com as interações inter-industriais.

A ideia é não depender tanto da importação de tecnologias relevantes para o SPS, evitando a demora do acesso no mercado brasileiro e um grande hiato tecnológico. De acordo com Lee (2013), a possibilidade de acesso às bases de conhecimento determina a possibilidades de redução do hiato.

Com o apoio técnico e esforços tecnológicos já desenvolvidos na trajetória tecnológica do SPS brasileiro, em especial pela Petrobras e seus centros e atividades de excelência de dimensão nacional, é possível que uma série de inovações e tecnologias possam ter aplicabilidade em outros setores industriais.

8 - Grupos de tomada de decisão na cláusula de PD&I. A utilização dos recursos da cláusula de PD&I exigem um grande esforço de recursos para sanar as exigências das petrolíferas e da ANP; sendo que esse processo até a assinatura de contratos é muito lento principalmente na Petrobras.

Uma sugestão é a institucionalização de grupos liderados pelas petrolíferas, revestidos de autonomia e poder de decisão para trabalhar com essas demandas e desenvolver e qualificar tecnologias de modo mais rápido e menos burocrático. Isso só seria possível com um arranjo de divisão de responsabilidades e metas associadas à uma avaliação *ex ante* e *ex post* de resultados.

Neste tipo de iniciativa, além do papel preponderante da Petrobras como a principal demandante do *subsea*, a ANP pode ser parceira estratégica na validação de projetos *ex ante* de modo a articular uma rede para buscar soluções em um modelo interativo com menor custo burocrático e “risco regulatório”. Este arranjo institucional estaria direcionado para problemas e/ou missões específicas e mais urgentes e estratégicas.

9 - Políticas de metas e incentivos para o *subsea factory* e uso de tecnologias disruptivas. O país poderia criar por meio de uma política de Estado, alguns mecanismos e objetivos para estimular os atores envolvidos a perseguirem tais proposições para as próximas décadas. O *subsea factory* e as tecnologias disruptivas de maior maturidade deveriam ser alguns dos focos desta política de Estado pois trariam ganhos não apenas ao SPS, mas a diversas indústrias.

Tendo em conta estas temáticas, sugerimos por exemplo, a criação de metas a projetos da cláusula de PD&I. Poderiam ser estimuladas experiências piloto em campos maduros e de baixo risco, em parceria e acompanhamento da ANP e atores com grande experiência no SPS brasileiro. A sugestão seria utilizar campos maduros da Bacia de Campos e/ou campos da Bacia de Sergipe e Alagoas, onde já existe conhecimento e houveram aplicações de inovações em águas profundas.

Essa coordenação de atividades aliada a um espaço produtivo piloto supervisionado poderia acelerar as experiências e testes de novas tecnologias. Atrelada à cooperação isso auxiliaria no desenvolvimento de tecnologias de processamento primário e, potencialmente, ser possível ofertar os desenvolvimentos ao mundo por meio de novas empresas.

10 – Programa de direcionamento de esforços para o desenvolvimento do SPS brasileiro. De forma estruturada e coordenada as políticas de fomento (ex.: cláusula de PD&I) e os órgãos de Estado deveriam apresentar maior convergência por meio de objetivos estabelecidos. Ou seja, os recursos de orçamento, de infraestruturas e de mão de obra estão indiscriminados e sem um caminho objetivo.

Onde existem e faltam vocações e maturações produtivas? Onde as empresas estão dispostas a aplicar recursos? Onde o governo poderia apoiar a viabilização do negócio? Onde as empresas e instituições de pesquisa já reúnem capacitações e infraestruturas? Respondendo a estas questões de forma conjunta e clara haveriam efeitos importantes nas atividades do SPS brasileiro.

CONCLUSÃO

Desde 2014, a indústria petrolífera brasileira sofre os impactos da instabilidade e crise derivada de questões geopolíticas e econômicas no contexto internacional; e acrescenta-se a isso os constrangimentos nacionais de ordem política e econômica. É essencial lembrar essas questões, pois permeiam as estratégias de negócios, investimentos e decisões dos atores do Sistema Produtivo Submarino (SPS) brasileiro.

As disputas entre os ambientes produtivos se tornaram mais competitivas devido à variedade de países produtores e do menor ritmo do crescimento da demanda. Isso exige que um sistema produtivo de petróleo e gás de um determinado ambiente produtivo, seja capaz de competir com outros *breakeven* ao redor do globo e tenha boa viabilidade econômica para o desenvolvimento dos campos.

Mesmo sendo um recurso natural e uma *commodity*, em alguns ambientes produtivos, a complexidade tecnológica inserida nos processos e operações é alta. A produção *offshore* está sujeita às condições do meio ambiente, da geologia, do fluido e do ambiente marinho. Assim, a indústria petrolífera rendeu mais atenção a questões sobre cultura de inovação e de colaboração.

A motivação do estudo, além de contribuir para o debate acerca da mudança tecnológica, do sistema de inovação e da produção petrolífera *offshore*, é discutir o potencial de uma janela de oportunidade na indústria brasileira. O domínio atual e a necessidade de avanços na fronteira tecnológica do SPS exigem maior complexidade tecnológica e a articulação de diversos atores, inclusive com elos interindustriais.

A primeira hipótese da pesquisa é acerca da expectativa de que as redes do SPS brasileiro possibilitam efeitos indutores e avanços tecnológicos na economia brasileira. Foi possível concluir que esta hipótese é satisfeita parcialmente e o potencial é baixo se mantidas as condições atuais.

Como verificado na seção 4.2, os pacotes tecnológicos se mostram capazes de oferecer produtos que respondem às demandas das petrolíferas e possibilitam o desenvolvimento e produção do campo de forma adequados à realidade do ambiente.

Mesmo em nichos as empresas demonstram capacidade para o desenvolvimento e tem acesso a opções variadas de busca de informação (nacional e internacional). A segmentação oferece uma oportunidade de entrada no mercado (PEREZ, 2010a) e o acúmulo de habilidades guarda relação com o acesso e difusão de informações (DOSI, 1988).

As redes de atores e de produtos tem a participação de importantes empresas do cenário mundial do SPS e de algumas empresas brasileiras nos principais equipamentos e serviços do mercado. Temos diversas fábricas, centros de pesquisa e escritórios de pesquisa que capacitam tais operações; e isso é mais proeminente no pacote tecnológico 2. Essa capacitação habilita o país a estar presente em diversos segmentos do SPS mundial.

Entretanto, partes da cadeia produtiva com valor agregado maior ainda está no exterior e são poucas iniciativas, basicamente por parte das petrolíferas, para cooperação com outras indústrias no Brasil. Isso dificulta a interação entre o SPS brasileiro e o restante da atividade industrial mais virtuosa existente no país, sendo este o principal motivo da primeira hipótese não ser totalmente satisfeita

Não foi possível verificar muitos efeitos das tecnologias desenvolvidas no SPS brasileiro em outras indústrias e as empresas que trabalham em nichos de mercado geralmente tem dificuldade de atender outros sistemas produtivos.¹⁰¹ Com base nas entrevistas, as principais exceções estão no mercado de serviços de engenharia, de análises do ambiente marinho e produtivo e de análises de integridade. Neste caso, os setores mais beneficiados são: geração de energia eólica *offshore*, serviços de meio ambiente e inspeção de dutos terrestres.

Além disso, também existem lacunas consideráveis dentro da cadeia produtiva do SPS. Alguns serviços do SPS e insumos de alto valor agregado apresentam nenhuma ou poucas opções de fornecedores no Brasil. O desenvolvimento tecnológico e as trocas de inovação e comércio são escassas e dependentes em lacunas como a parte eletrônica de equipamentos, os ROV/AUV, os termoplásticos e os serviços de logística, ROV/AUV e geotecnia. Alguns insumos específicos fornecidos no país, por exemplo aços nobres, por

¹⁰¹ É importante notar que esta análise apresenta uma limitação metodológica do trabalho. A análise é relativa apenas aos principais atores (petrolíferas, fornecedoras e instituições de pesquisa) e não foram entrevistados muitos subfornecedores para identificar como que seus esforços podem transbordar para outras áreas.

vezes não tem capacidade produtiva para atender à demanda em momentos de alta conforme explicado pelo entrevistado 6.

Acrescenta-se que a identificação de baixo potencial de transbordamento também está relacionada à baixa presença de *players* capacitados em tecnologias dos diferentes *clusters* tecnológicos¹⁰². Em suma, estes *players* presentes no Brasil, são constituídos por grandes empresas multinacionais de tecnologias de ponta, as pequenas empresas nacionais altamente especializadas e as instituições de pesquisa.

Esse forte constrangimento limita o potencial imediato de transbordamentos nas atividades industriais. Os principais *clusters* com possibilidades de interações e trocas de conhecimento e inovação com o SPS brasileiro são: inteligência artificial, big data, computação em nuvem, redes conectadas, gêmeos digitais e materiais avançados.

A segunda hipótese é acerca dos desafios para uma política que estimule o desenvolvimento do sistema de inovação no SPS, tendo em conta as estratégias dos *players* majoritariamente multinacionais. A conclusão é de que as multinacionais se adequam às exigências de políticas e tem participação fundamental no desenvolvimento tecnológico do SPS brasileiro, já que aportam com investimentos em infraestruturas, competências e inovação tendo transbordamentos também na cadeia de subfornecimento.

As multinacionais estão presentes no país há muitos anos participando efetivamente em toda trajetória tecnológica do SPS brasileiro. É importante criar mecanismos para que estas empresas agreguem as partes de maior valor agregado da cadeia produtiva com fornecedores e subfornecedores nacionais, capazes de competir no cenário do SPS internacional.

Foi identificada a falta de estímulos para desenvolver e atrair empresas fornecedoras nos *clusters* tecnológicos, empresas brasileiras como ponte para aplicabilidade de desenvolvimentos tecnológicos no mercado e a maior disposição de multinacionais à adaptação e colaboração produtiva.

¹⁰² Como observado na seção 1.4: Inteligência Artificial, Big Data, Computação em Nuvem; Redes de Comunicação; Internet das Coisas; Produção Inteligente e Conectada; Materiais Avançados; Nanotecnologia; Biotecnologia; Armazenamento e Geração de Energia para Empreendimento Submarino.

Por essa razão, a retomada do Prominp em paralelo com maiores esforços de financiamento e apoio técnico do BNDES, Embrapii e FINEP proporcionariam condições para a articulação de parcerias estratégicas entre empresas brasileiras de tecnologias e empresas multinacionais.

Por outro lado, as multinacionais precisam perceber os benefícios da promoção da cultura colaborativa e da maior utilização e construção de competências tecnológicas no país. Assim, todo o SPS pode ganhar e aproveitar melhor do acúmulo de aprendizado e conhecimento por meio de interações mais fortes. A autossuficiência no desenvolvimento de tecnologias e o nível de maturidade dos produtos faz com que tenham menor predisposição em interações que não sejam com petrolíferas. A cláusula de PD&I tende a reduzir esse problema devido a obrigação de investimentos em diferentes atores.

Então, respondendo à questão central da pesquisa sobre a constituição de um núcleo dinamizador de atividades industriais e competências tecnológicas no Brasil; podemos auferir que apesar das capacitações, recursos humanos qualificados e infraestruturas existentes não encontramos um núcleo dinamizador. Essa conclusão é derivada da falta de dinâmica com as janelas de oportunidade e as relações interindustriais na cadeia do SPS brasileiro, as quais apresentam um enorme potencial interativo, mas ainda apresentam ligações muito incipientes.

O SPS configura-se em um núcleo importante e pujante da indústria brasileira, mas para se tornar um núcleo dinâmico ainda é necessário pensar o SPS para além da indústria petrolífera. Não se observam trocas significativas com fornecedores relativos aos *clusters* tecnológicos e existe dificuldade de aplicabilidade das tecnologias desenvolvidas em outras indústrias da economia brasileira.

É necessária a criação de mais elos e mercados com estas para constituir assim um núcleo dinâmico em toda a economia brasileira. Essa conclusão, não exclui a possibilidade do SPS brasileiro se consolidar como um núcleo dinâmico nas próximas décadas. A questão é que no estado atual isso tende a não ocorrer.

Em resumo, os estímulos de mercado estão pautados na crescente demanda por petróleo e gás, e conseqüentemente, por maior fornecimento de bens e serviços do SPS. As

políticas públicas tem um forte poder na constituição do núcleo, mas depende de um programa de Estado estratégico que valorize as principais competências. Além disso, o potencial do SPS brasileiro depende de questões técnicas onde ainda existem diversas dúvidas. A incerteza reside nas implicações do uso de tecnologias disruptivas, de uma cadeia produtiva mais eficiente e menos custosa e do *subsea factory*.

Apesar de ser um sistema produtivo estratégico, as políticas públicas de inovação e de indústria não convergem; gerando uma diversidade de implicações positivas e negativas. Como notado por Perez (2010b), a percepção de espaços lucrativos de oportunidade para o direcionamento de esforços e recursos apresenta uma relação importante com a devida propagação e multiplicidade de novas tecnologias.

Quanto às políticas de desenvolvimento operacional, a política de conteúdo local (PCL) é um mecanismo importante de atração de capacidades e competências a partir do desenvolvimento do parque fornecedor local, porém deveria ser mais estratégica no sentido de atrair e captar as partes da cadeia capazes de se relacionar e adaptar aos *clusters* tecnológicos.

A reativação do Prominp teria papel importante neste direcionamento e articulação estratégica. O Pedefor seria importante mecanismo de absorção e atração de inovações e de avanços na engenharia nacional. A política de compras não pode ser tão constrangedora às inovações que chegam ao mercado e buscar meios de aplicabilidade dos desenvolvimentos anteriormente ao processo licitatório.

Quanto às políticas de fomento e apoio financeiro, a cláusula de PD&I é um instrumento que pode efetivar na cadeia produtiva a cultura da colaboração entre os diversos atores. Os órgãos financiadores, além de disponibilizar e possibilitar a interação para apoio técnico, poderiam facilitar os termos de financiamento e focalizar em projetos com possível aplicabilidade em diferentes sistemas produtivos de modo a reduzir o risco tecnológico e de não haver inserção no mercado do SPS.

É importante adicionar o papel da Petrobras nessas políticas, como membro fundamental da indústria e do Estado, na liderança de processos virtuosos e dinâmicos do SPS brasileiro. Para além, da competência tecnológica do CENPES, a empresa será

responsável por investimentos vultuosos em PD&I e no desenvolvimento de campos *offshore*. Então, existirão fortes demandas no que tange os projetos de PD&I e o fornecimento, e conseqüentemente, o subfornecimento.

No primeiro aspecto, é importante manter a característica de ser uma pioneira em tecnologias submarinas e direcionar de forma estratégica os recursos de PD&I que poderão resultar em benefícios para toda a cadeia produtiva. Tanto com a colaboração, assim como, com o desenvolvimento e introdução de tecnologias disruptivas nas operações. A empresa é responsável pelas poucas interações com outros setores industriais como o aeroespacial e o automotivo e precisa agregar aplicações de diferentes *clusters* tecnológicos e de outras indústrias nas atividades de O&G e do SPS.

Além disso, a Petrobras deveria atuar em congruência com as políticas públicas para desenvolver e viabilizar o auxílio técnico e de garantia de demanda para novas empresas, em especial as nacionais. Essa iniciativa reduziriam as lacunas do fornecimento e subfornecimento brasileiro e abririam janelas de oportunidades para empresas que tenham interação e conhecimento em tecnologias disruptivas estratégicas.

As empresas brasileiras tem algumas oportunidades de entrada no SPS através da especialização em nichos de mercado. A maior probabilidade de sucesso é a partir da possibilidade de diversificar seu mercado para outros segmentos industriais, transbordando as tecnologias desenvolvidas no SPS. O modelo de parceria junto à universidade, já existente, pode facilitar a combinação entre o detentor do conhecimento e o interessado em aplicá-lo. As instituições de pesquisa brasileiras constituem-se em atores com acesso ao conhecimento desenvolvido em tecnologias disruptivas.

O *subsea factory* é uma janela tecnológica capaz de agrupar e adensar as interações em todos atores existentes e apresenta nichos de mercado da atração de novos investimentos e negócios. Seus desenvolvimentos dependem muito mais de tecnologias mecânicas para se realizar, onde o país apresenta forte competências na área submarina, mas vai depender das tecnologias disruptivas como meio de redução de custos e aumento da produtividade.

Finalizando este ponto sobre as hipóteses e problema da tese, é preciso alertar o leitor que este estudo foi entregue em meio à pandemia do vírus COVID-19. O isolamento social e a manutenção apenas de atividades consideradas essenciais tiveram forte impacto de redução das atividades econômicas. Não se sabe a extensão da pandemia, e consequentemente, os impactos causados a longo prazo.

Porém, visto as políticas econômicas de resposta e recuperação à crise e por se tratar de uma indústria pautada em um planejamento produtivo de décadas, os diagnósticos e análises do SPS realizados se mantêm válidos. O cenário em meio à pandemia, que se pese a proporção dos impactos, é próximo ao discutido aqui acerca da queda dos preços de 2014. Ou seja, maior competição entre projetos de campos de E&P, reestruturação de negócios e enfoque em inovações de impacto rápido em custos e eficiência.

No Brasil, a Petrobras mantém seus esforços na produção do pré-sal como já era anunciado no Plano de Negócios e Gestão 2019-2023. Isso por si só é suficiente para continuar a trajetória de aumento produtivo do país, mesmo que em uma aceleração menor daquela esperada.

Sobre a disposição dos capítulos e ideias, o capítulo 1 mostrou os principais equipamentos e serviços relacionados ao SPS e as tecnologias desenvolvidas recentemente. Muitos dos equipamentos e serviços são resultado dos trabalhos ocorridos no ambiente produtivo brasileiro, que se viu obrigado a criar uma trajetória de superação das especificidades e da fronteira tecnológica

O capítulo 2 trouxe os elementos conceituais e o arcabouço teórico para embasar e discutir sobre os objetivos fundamentais os quais propusemos estudar sobre o SPS. A partir da literatura de mudanças tecnológicas, de trajetórias tecnológicas, de regimes tecnológicos, de janelas de oportunidades e de paradigmas tecnoeconômicos temos a base do entendimento para verificar as potencialidades e as oportunidades de redução do hiato tecnológico e os fatores de performance e estratégia.

A literatura de sistema de inovação aportou para o estudo da organização e interação das redes de atores no desenvolvimento tecnológico e no processo inovativo e de aprendizado. Além disso, a ferramenta de análise em subsistemas serviu como guia para o

capítulo 3 direcionando temáticas fundamentais para o entendimento do contexto da formação das redes.

No terceiro capítulo, o panorama do SPS mostrou na sua primeira seção uma breve contextualização da indústria petrolífera a partir dos principais indicadores, demonstrando a importância da E&P *offshore*. Isso serviu para mostrar ao leitor o que se espera da demanda de óleo e gás e dos projetos concorrentes ao Brasil no mundo, em especial no *shale* dos EUA.

Também foi possível notar que o mercado do SPS no mundo apresenta boas perspectivas de demanda, pois é esperado um grande aumento de projetos *offshore* entre 2019 e 2023. Isso levando em conta um número alto de projetos “*greenfield*”. Além disso, as grandes empresas fornecedoras, mostraram grande capacidade de reestruturação das finanças e das operações e apresentam participam de forma integrada no SPS.

No Brasil, o SPS ao longo das décadas foi fortemente influenciado pela preponderância da Petrobras nas demandas de fornecimento e de inovação. A superação de desafios só foi possível com uma trajetória tecnológica que visava a capacitação da petrolífera e dos fornecedores instalados no Brasil. Isso foi desenvolvido por meio do PROCAP e da preocupação constante com o nivelamento de conhecimentos.

Na terceira seção do capítulo 3, o foco recaiu na descrição das políticas de promoção e financiamento que afetam o SPS brasileiro para posterior compreensão da estratégia dos atores frente a estas. Aqui foram descritos e discutidos os principais efeitos de políticas como o conteúdo local, o Repetro Sped, a política de compras de estatais e a cláusula de investimento em PD&I.

Na última seção deste capítulo, percebe-se o quanto o país angariou na construção de recursos humanos. Existem cursos de engenharia de petróleo em nível técnico, profissionalizante e de bacharelado espalhados pelo território nacional e isso tem relação com o ganho de importância da indústria petrolífera ao longo das décadas e dos recursos em projetos de PD&I via cláusula de investimentos.

A rede de projetos da cláusula de PD&I no SPS, apesar de ter a limitação de ser uma aproximação, demonstrou o quanto a Petrobras investe em seu próprio aparato de

capacitação tecnológica. Além disso, foi possível observar uma grande capilaridade de interações pelo território, apesar da concentração de projetos na região sudeste. A capilaridade é interessante pela distribuição do conhecimento, mas dificulta a captação de instituições e a escolha das petrolíferas dependendo da temática pesquisada.

No último capítulo, há um esforço inicial para estudar a participação das principais empresas fornecedoras do SPS no Brasil. A análise dos contratos com a Petrobras não surpreendeu por demonstrar a proeminência das grandes empresas integradas na liderança do número e dos valores de contratos; com presença em uma variedade de equipamentos e serviços. Infelizmente, uma limitação dessa análise é que pela diversidade de fornecedoras e o estágio da pesquisa à época não foram abrangidas todas as fornecedoras citadas nas redes dos pacotes tecnológicos e apenas as principais de cada pacote.

A segunda seção do capítulo 4, procurou observar as principais capacitações desenvolvidas e as trocas comerciais e inovativas no país. Por meio da análise de redes e suas interações, foram estudados três grupos de pacotes tecnológicos (controle de fluxos/ transporte de fluxos/ gerenciamento da integridade) e verificados padrões de ligações e interações interindustriais e intra-industriais. Vale observar, que mesmo com um trabalho extenso de pesquisa, é impossível captar todas as interações e empresas dos pacotes.

Foi possível notar que assim como no início da construção de capacitações técnicas e da trajetória tecnológica do SPS brasileiro, é mantida a lógica dos projetos multicliente em diversos desenvolvimentos tecnológicos recentes. Porém, é fundamental ressaltar as iniciativas dos últimos anos, que apontam para um modelo de cooperação com diversos atores, até mesmo internacionais.

Existem fábricas, centros de pesquisa, escritórios de engenharia e instituições de pesquisa no país para atender a demanda e a exigência da política de conteúdo local (PCL). Desta forma, o SPS brasileiro se insere na cadeia global do SPS, participando nas interações de inovação e de comércio em alguns componentes e equipamentos.

O pacote tecnológico 1 acerca dos processos de controle de fluxos é marcado pela forte presença das grandes fornecedoras que são mais que fornecedoras de produtos no SPS, mas também de tecnologias. Por reunir as capacidades necessárias tanto no país como

no exterior, estas acabam tendo menor interação com instituições de pesquisa mesmo quando instaladas em um parque tecnológico universitário.

No pacote 2, a presença das instituições de pesquisa é maior, mas a competitividade entre as fornecedoras também. As instituições são procuradas devido ao alto risco dos processos de transporte de fluxos em ambientes cada vez mais específicos e desafiadores. O padrão de baixa cooperação entre fornecedores e instituições de pesquisa se mantém com potencial de melhora no futuro.

O último pacote de gerenciamento da integridade da produção demonstra diferenças em relação aos outros dois. Por ser uma área do SPS mais recente, com enorme potencial de inserção tecnológica, de novos produtos e de redução de custos de operações; é observada a entrada de empresas multinacionais e algumas brasileiras que contam com a parceria das universidades. Estas empresas estão mais abertas à cooperação devido à necessidade de trocas de informações que as capacitem e atendam aos clientes com a disposição de novas atividades e produtos. É onde se apresentam a maior parte dos nichos de mercado.

A seção 4.3 e 4.4, se preocupa em analisar os principais desdobramentos e potencialidades do SPS a partir da configuração das estratégias dos atores. Isso foi possível por meio de percepções de especialistas em entrevistas. As estratégias debatidas foram: relevância do mercado brasileiro do SPS; relevância da inovação; formas e critérios de contratação; fontes de financiamento para o processo de inovação; dificuldades para inovar; as estratégias de apropriação e proteção; perspectivas sobre os desafios emergentes, o *subsea factory* e as tecnologias disruptivas; e relevância das políticas públicas.

A última seção do capítulo 4 sugeriu dez ações de políticas públicas acreditando na contribuição de proposições capazes de promover o SPS brasileiro e o seu potencial de se tornar um polo dinâmico de efeitos indutores interindustriais. São sugestões visando, essencialmente, o melhor direcionamento de esforços, a articulação e reunião de oportunidades, a retomada de políticas de incentivo financeiro e a constituição de um programa de Estado com objetivos e metas claras.

Encerrando o trabalho ficam algumas questões importantes como agenda de pesquisa relativa ao SPS. Por exemplo, o descomissionamento ainda é um assunto que

enfrenta diversos desafios de ordem social, ambiental e produtiva no Brasil, até porque é uma demanda recente. Entender as especificidades desse serviço e as principais implicações desta atividade é importante para o futuro do SPS.

Um objeto de estudo fundamental sobre este assunto é o aprofundamento das análises no nível da cadeia fornecedora de insumos. Seria interessante identificar os principais atores e ligações demonstrando os principais clientes destes fornecedores na indústria brasileira, a cooperação com os fornecedores do SPS e as implicações de preço e de produção no SPS brasileiro.

Além disso, procurar meios de auferir sobre a participação de mercado das empresas fornecedoras de equipamentos e serviços no Brasil. Os estudos existentes são derivados de consultorias como Quest Offshore e Rystad Energy e a maioria é relativo a períodos anteriores à crise do preço do petróleo de 2014/2015.

Uma outra lacuna de pesquisa sobre o SPS é a questão dos impactos ambientais dos processos e operações no ambiente marinho. São gerados água e resíduos e utilizados lubrificantes que representam um dano ao meio ambiente mesmo com o atendimento de todas as exigências regulatórias e melhores práticas da indústria.

Pelo lado de um estudo comparativo e regional/nacional, vale estudar os processos de desenvolvimento tecnológico e o sistema de inovação do SPS com exemplos de países como Brasil e Noruega; e realizar uma reflexão crítica acerca das políticas públicas da indústria de O&G, eólica, elétrica e outras.

Além disso, discutir a distribuição regional da cadeia produtiva do SPS produtivo em diferentes territórios é relevante, apesar de não ter sido parte dos objetivos da tese. O modo como se organiza no território e ocorre a distribuição espacial em diferentes espaços produtivos pode revelar as capacidades e políticas desenvolvidas no espaço.

Já no sentido de uma análise macro, este estudo apesar de se ater ao caso específico de um sistema produtivo, possibilitou uma reflexão acerca da indústria extrativa e duas questões são essenciais.

O primeiro ponto é acerca da necessidade de o país enxergar nas *commodities* um meio de geração de valor e de tecnologias para, por um lado, inserir maior complexidade e especificidade nas atividades. Por outro lado, estimular o desenvolvimento de competências produtivas e tecnológicas com amplo potencial de transbordamento. Quais recursos naturais apresentam esse potencial no país? Como Perez (2010) salienta, a estratégia do desenvolvimento produtivo pode ser baseada em recursos naturais, aproveitando-se das oportunidades do contexto e das vantagens que a região oferece.

O outro ponto está na preocupação e interesse cada vez mais intenso da sociedade com o *modus operante* e processos de fabricação de equipamentos e de serviços ofertados. Ou seja, o processamento importa e o “como se faz” também ganha importância na aquisição de um produto. Os anseios sociais exigem que as indústrias efetivamente se capacitem para reduzirem impactos e apresentar maior eficiência e segurança.

BIBLIOGRAFIA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL; CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. **Agenda Tecnológica Setorial: Petróleo e Gás – Tecnologia Subsea**. ABDI e CGEE, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL; CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. **Agenda Tecnológica Setorial: Petróleo e Gás – Tecnologia Subsea: Panorama Econômico**. ABDI e CGEE, 2016b.

ABESPETRO. **Caderno ABESPetro**. ABESPetro, 2017.

AHRWEILER, P; KEANE, M. T. Innovation Networks. **Mind & Society**, 12, pp. 73-90, 2013.

AHUJA, G. Collaboration Networks, Structural Holes, and Innovation. **Administrative Science Quarterly**, vol. 45, nº 3, pp. 425- 455, 2000.

ALBUQUERQUE, F. A.; RIBEIRO, O. J. S.; MORAIS, M. G. G.; ORLOWSKI, R. T. C.; VIANNA, F. L. V.; KUCHPIL, C.; MORAES, C. A. C.; ALVES, R. P. Subsea processing systems: future vision. **Offshore Technology Conference**, 6-9 may, 2013.

ALMEIDA, E; LOSEKANN, L. O ajuste forçado da indústria de petróleo. **Infopetro**. 2016a. Disponível em: <https://infopetro.wordpress.com/2016/03/22/o-ajuste-forcado-da-industria-de-petroleo/#more-6548>

ALMEIDA, E; LOSEKANN, L. O balanço e o futuro da política de conteúdo local no setor de petróleo nacional. **Infopetro**. 2016b. Disponível em: <https://infopetro.wordpress.com/2016/10/12/o-balanco-e-o-futuro-da-politica-de-conteudo-local-no-setor-de-petroleo-nacional/#more-6882>

ALMEIDA, E; LOSEKANN, L.; CLAVIJO, W. A.; NUNES, L.; BOTELHO, F.; COSTA, F.; WAEGER, L. Custos e benefícios da atual política de conteúdo local. **Ciclo de debates sobre Petróleo e Economia: Texto para discussão IBP/UFRJ**. 2016. Disponível em: https://www.ibp.org.br/personalizado/uploads/2016/09/2016_TD_Custos-e-Benef%C3%ADcios-da-Pol%C3%ADtica-Conte%C3%BADo-Local.pdf

ANP. **RESOLUÇÃO ANP N° 19, DE 14.06.2013.** 2013. Disponível em: <<http://legislacao.anp.gov.br/?path=legislacao-anp/resol-anp/2013/junho&item=ranp-19--2013>> consulta em: 01/06/2019.

ANP. **Regulamento Técnico N° 3/2015.** 2015. Disponível em: http://www.anp.gov.br/images/Pesquisa_Developmento/Investimentos_PDI/Regulamentacao_tecnica/RT_ANP_03_2015_alterado.pdf

ANP. **Boletim Anual de Preços.** 2016. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/images/Boletim-Anual/Boletim-2016.pdf>

ANP. **RESOLUÇÃO ANP N° 726, DE 16.04.2018.** 2018. Disponível em: <<http://legislacao.anp.gov.br/?path=legislacao-anp/resol-anp/2018/abril&item=res-726-2019>> consulta em: 01/06/2019.

ANP. **Anuário Estatístico ANP 2018.** 2018.

ANP. **Anuário Estatístico ANP 2019.** 2019.

ANP. **Página Institucional.** 2019. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/>. Acesso em 05/05/2019

ASSIS, J. S. S. Seguindo um robô submarino por águas profundas e agitadas. **Scientiarum Historia XI**, 07-09 de novembro, 2018. Disponível em: https://www.2018.sh.eventos.dype.com.br/resources/anais/8/1539738591_ARQUIVO_Artigo-Scientiarum-Seguindo-Robo-Submarino.pdf

BAI, Y; BAI, Q. **Sistemas marítimos de produção de petróleo: Processos, tecnologias e equipamentos offshore.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.

BANCO MUNDIAL. **Página Institucional.** 2019. Disponível em: www.worldbank.org/pt/country/brazil. Acesso 03/04/2019

BNDES. **Página Institucional**. 2019. Disponível em: https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/imprensa/noticias/conteudo/20110803_bndes_peg. Acesso em 06/06/2019.

BOEHE, D. M. Os papéis de subsidiárias brasileiras na estratégia de inovação de empresas multinacionais estrangeiras. **Revista de Administração - RAUSP**, vol. 42, no. 1, 2007, pp.5-18. Redalyc, <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223417433001>

BOSCO, F. Tecnologia a fundo. **Petro&Química**, Edição 358, 2014. Disponível em: http://www.petroquimica.com.br/edicoes/ed_358/petroleo_gas.html

BP. **Statistical Review of World Energy**. Junho, 2017. Acesso a <http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/energyeconomics/statisticalreview2016/bp-statistical-review-of-world-energy-2016-full-report.pdf>. Disponível em 10/05/2018.

BP. **Statistical Review of World Energy**. Junho, 2018. Acesso a <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2018-full-report.pdf>. Disponível em 10/04/2019.

BP. **Statistical Review of World Energy**. Junho, 2019. Acesso a <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2019-full-report.pdf>. Disponível em 10/01/2020.

BRASIL. **Decreto N° 8.637/2016**. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2016/Decreto/D8637.htm

BRINKMANN, S. Unstructured and Semi-Structured Interviewing. In: LEAVY, P. (Org.) **The Oxford Handbook of Qualitative Research**. New York: Oxford University, 2014.

BRITTO, J. Cooperação e aprendizado em arranjos produtivos locais: em busca de um referencial analítico. Projeto de Pesquisa. **Aprendizado, capacitação e cooperação em arranjos produtivos e inovativos locais de MPEs: implicações para políticas**. Nota técnica 4, 2004.

BRITTO, J. **Cooperação Interindustrial e Redes de Empresas**. In: Kupfer, D.; Hasenclever, L. Economia Industrial. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

BRITTO, J. **Nota Técnica sobre as características econômicas e tendências competitivas do Setor de Petróleo e Gás com foco em tecnologias submarinas (subsea)**. Relatório final contrato N°132, 2013.

CAMPAGNAC, L. A. P.; PARENTE, H. E.; TAVARES, J. M.; KRISTIANSEN, K. B. Subsea digitalization: the next generation of a control system for subsea processing and power distribution. **Rio Oil&Gas 2018**, 24-27 de setembro, 2018.

CASSIOLATO, J. E; LASTRES, H. M. M. **Sistemas de inovação e desenvolvimento: as implicações de política**. São Paulo em perspectiva, v. 19, n. 1, p. 34-45, jan./mar. 2005.

CASSIOLATO, J. E; LASTRES, H. M. M. Discussing innovation and development: Converging points between the Latin American school and the Innovation Systems perspective? **Globelics Working Paper Series**. N°2, 2008.

CASSIOLATO, J. E.; MATOS, M. P.; LASTRES, H. M. M. Innovation systems and development. In: CURRIE-ALDER, B.; KANBUR, R.; MALONE, D. M.; MEDHORA, R. (Ed.). **International development ideas, experience, and prospects**. Oxford: Oxford University Press. p. 566-581, 2014.

CASSIOLATO, J. E; LASTRES, H. M. M.; SZAPIRO, M.; MATOS, M. Local production and innovation systems in Brazil: balance of 20 years. **Texto para Discussão - Redesist**, n. 4, 2017.

CASTELLO, G. V. Gestão da interação universidade-indústria: um estudo de caso do sistema de inovação do setor de óleo e gás no Brasil. **Dissertação. Mestrado profissional em Sistemas de Gestão**. Universidade Federal Fluminense. Niterói, 2017.

CEPAL. **Mudança estrutural para a igualdade: Uma visão integrada do desenvolvimento**. Nações Unidas, Santiago, Chile. 2014.

CEPAL. **The economics of climate change in Latin America and the Caribbean: paradoxes and challenges of sustainable development.** Nações Unidas, Santiago, Chile. 2015.

CHRISTENSEN, C. M. **The innovator's dilemma: when new technologies cause great firm to fail.** Massachusetts:Harvard Business School Press; 1997.

CLAVIJO W. A Política de Conteúdo Local para a Indústria do Petróleo e Gás Natural no Brasil durante o período 2003-2014: uma Análise Aualitativa da sua Evolução. **Dissertação de mestrado.** Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). 2016

COLOMER, M. A transição energética e o papel dos Estados nacionais. **Infopetro.** 2018. Disponível em: <https://infopetro.wordpress.com/2018/04/11/a-transicao-energetica-e-o-papel-dos-estados-nacionais/>

CORDES, L. A. H.; FARIA, G. V.; BRAGA, A. M. B. Underwater optical wireless communication – a review. **Rio Oil&Gas 2018**, 24-27 de setembro, 2018.

CRESWELL, J. W. **Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches** (3rd ed.). Thousand Oaks, CA: Sage Publications, 2009

DANTAS, E.; BELL, M. Latecomer firms and the emergence and development of knowledge networks: The case of Petrobras in Brazil. **Research policy**, Ed.38. 2009.

DEBRESSON, C.; AMESSE, F. Networks of Innovators. A review and introduction to the issue. **Research Policy**, 20, pp. 363-379, 1991.

DELGADO, F; FEBRARO, J. Política energética norte-americana: um ano de governo Trump. **Caderno Opinião FGV**, dezembro 2017.

DICKEN, P. **Global shift: mapping the changing contours of the world economy.** 6ª Ed. New York: The Guilford Press, 2011.

DOSI, G. Technological paradigms and technological trajectories: as suggested interpretation of the determinants and directions of technical change, **Research Policy**, 11(3), 147–162, 1982.

DOSI, G. Sources, procedures and microeconomic effects of innovation, **Journal of Economic Literature**, 26, pp. 1120–1171, 1988.

DOSI, G; NELSON, R. Technological paradigms and technological trajectories. In: AUGIER, M.; TEECE, D. J. (eds.). **The Palgrave Encyclopedia of Strategic Management**. Londres: Palgrave Macmillan. 2016.

EDQUIST, C. **Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations**. Pinter, London. 1997

EDQUIST, C. Systems of Innovation: Perspectives and challenges. In: FAGERBERG, J.; MOWERY, C. D.; NELSON, R. R. (org.) **The Oxford Handbook of Innovation**. New York: Oxford University Press, 2004.

EDQUIST, C.; JOHNSON, B. Institutions and Organizations in Systems of Innovation. In: EDQUIST, C. (Org.) **Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations**. London: Routledge. 2005.

EIA. **Offshore oil production in deepwater and ultra-deepwater is increasing**. U.S. Energy Information Administration. US Department of Energy. Outubro 2016. Disponível em: <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=28552>

FACHETTI, A. Sistema Tecnológico da Petrobras: uma visão de P&D. **Apresentação Seminário APIMEC**, Rio de Janeiro: PETROBRAS, 2016.

FINEP. **Página Institucional**. 2019. Disponível em: <http://www.finep.gov.br/a-finep-externo/fndct/estrutura-orcamentaria/quais-sao-os-fundos-setoriais/ct-petro>. Acesso em [06/06/2019](http://www.finep.gov.br/a-finep-externo/fndct/estrutura-orcamentaria/quais-sao-os-fundos-setoriais/ct-petro).

FIRJAN. **Firjan Petróleo**. Firjan: Ano 1, N°3. 2018.

FREEMAN, C. Networks of Innovators: A Synthesis of Research Issues. **Research Policy**, 20, pp. 499-514, 1991.

FREEMAN, C. The national system of innovation in historical perspective. **Cambridge Journal of Economics**, v. 19, 1995.

FREEMAN, C.; PEREZ, C. Structural crises of adjustment: business cycles and investment behavior. In: DOSI, G.; FREEMAN, C.; NELSON, R.; SILVERBERG, G.; SOETE, L. (eds.). **Technical change and economic theory**. Londres: Pinter. 1988.

FREEMAN, C.; SOETE, L. **A economia da inovação industrial**. 3ª Ed. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2008. [1974] (Capítulo 10)

FURTADO, A.T. Pré-sal, desenvolvimento industrial e inovação. **Revista Paranaense de Desenvolvimento**, Curitiba, vol. 34, n.125, p.79-100, jul./dez. 2013.

GHIORZI, T. M. Análise funcional de políticas públicas: o caso da indústria parapetrolífera brasileira. 2017. **Tese (Doutorado em Políticas Públicas, Estratégias e Desenvolvimento)** – Pós-graduação em Políticas Públicas, Estratégias e Desenvolvimento, Instituto de Economia, UFRJ, Rio de Janeiro.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Editora Atlas, 6ª ed, 2008.

GLOBALDATA. Brazil drives global capex for upcoming oil and gas projects. **Offshore Technology**. 2018. Disponível em: <https://www.offshore-technology.com/comment/brazil-drives-global-capex-upcoming-oil-gas-projects/>

GRANOVETTER, M. The strength of weak ties. **American Journal of Sociology**, v. 78, 1973.

HANSEN, B. V.; HAGLAND, A. S. New Technologies for enhanced production in deepwater and long subsea tiebacks. **Offshore Technology Conference**, 24-26 october, 2017.

IEA. **Resources to reserves**. International Agency of Energy. Paris, 2013.

INSTITUTO EUVALDO LODI. **Mapa de clusters tecnológicos e tecnologias relevantes para competitividade de sistemas produtivos**. 2017.

INSTITUTO EUVALDO LODI; PINTO JR., H. Q. Estudo de sistema produtivo petróleo e gás. **Nota técnica: Indústria 2027: riscos e oportunidades para o Brasil diante de inovações disruptivas**. 2018.

JOHNSON, B.; LUNDVALL, B. A. Promovendo sistemas de inovação como resposta à economia do aprendizado crescentemente globalizada. In: LASTRES, H. M. M.;

CASSIOLATO, J. E.; ARROIO, A. (Orgs.). Conhecimento, Sistemas de Inovação e Desenvolvimento. Rio de Janeiro: Editora UFRJ/Contraponto. 2005

KASTELLE, T; POTTS, J.; DOGSON, M. The Evolution of innovation systems. **International Schumpeter Society Conference**, 2012.

KATZ, J; STUMPO, G. Regímenes sectoriales, productividad y competitividade internacional. **Revista de la CEPAL**, 2001.

KLEVORICK, A. K.; LEVIN, R. C.; NELSON, R.; WINTER, S. On the sources and significance of interindustry differences in technological opportunities. **Research Policy**, p. 185-205, 1995.

KOGUT, B. The network as knowledge: generative rules and the emergence of structure. **Strategic Management Journal**, 21, 2000.

LANDINI, F.; LEE, K.; MALERBA, F. A history friendly model of the successive changes in industrial leadership and catch-up by the latecomers. **Research Policy**, 2016.

LEE, K. Knowledge regimes and technological catch up. In: DUTRÉNIT, G.; LEE, K.; NELSON, R.; VERA-CRUZ, A.; SOETE, L. (Orgs.). **Learning, Capability Building and Innovation for Development**. Nova York: Palgrave Macmillan. 2013.

LEE, K.; MALERBA, F. Changes in industry leadership and catch-up by the latecomers: toward a theory of catch up cycles. **Seoul National University and CRIO Bocconi University**, 2014.

LEE, K.; MALERBA, F. Catch-up cycles and changes in industrial leadership: Windows of opportunity and responses of firms and countries in the evolution of sectoral systems. **Research Policy**, 46 (2), P. 338-351, 2016.

LLOYDS REGISTER. Innovation in a new environment. Oil and Gas **Technology Radar**. 2015.

LUNDVALL, B. A. **National Systems of Innovation**. London: Pinter Publishers, 1992

LUNDVALL, B. A. Innovation System Rsearch: where it came from and where it might go. **Globelics working paper series**, nº, 2007.

LUNDVALL, B. A. **The learning economy and the economics of hope**. New York: Anthem Press. 2016.

LUNDVALL, B. A.; BORRÁS, S. **The globalising learning economy: implications for innovation policy**. Commission of the European Union: TSER Programme, 1997.

LUNDVALL, B. A.; JOHNSON, B. The learning economy. In: LUNDVALL, B. A. (Org.) **The learning economy and the economics of hope**. New York: Anthem Press. 2016.

MALERBA, F. Learning firms and incremental technical change. **The Economic Journal**, Vol. 102, Nº. 413, pp. 845-859, 1992.

MALERBA, F. Sectoral systems of innovation and production, **Research Policy**, 31, 247–267, 2002.

MALERBA, F. Sectoral systems and innovation and technology policy. **Revista Brasileira de Inovação**, Vol. 2, nº 2, Julho/Dezembro, 2003.

MALERBA, F. Sectoral Systems: How and why innovation differs across sectors. In: FAGERBERG, J.; MOWERY, C. D.; NELSON, R. R. (org.) **The Oxford Handbook of Innovation**. New York: Oxford University Press, 2004.

MALERBA, F.; NELSON, R. R. Learning and catching up in diferente sectoral systems: evidence from six industries. **Industrial e Corporate Change**, 2011.

MALERBA, F.; ORSENIGO, L. Technological regimes and firms behaviour. **Industrial and Corporate Change**, n. 1, v. 2, p. 45-71, 1993.

MALERBA, F.; ORSENIGO, L. Technological regimes and sectoral patterns of innovative activities. **Industrial e Corporate Change**, n. 6, v. 1, p. 83-117, 1997.

MASSOL, O; BANAL-ESTANOL, A. Capturing industrial CO2 emissions in Spain: Infrastructures, costs and break-even prices. **Energy Policy**, n 115, 2018.

MATOS, M.V.M. A produção de commodities energéticas e a estrutura produtiva na América Latina entre 1990 e 2010. Nova Iguaçu, 2012. **Monografia (Graduação em Ciências econômicas)**. Instituto Multidisciplinar, UFRRJ.

MATOS, M. V. M. Petróleo, Heterogeneidade Estrutural e Desenvolvimento Regional: os casos brasileiro e venezuelano. **Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Territorial em Políticas Públicas, Desenvolvimento e Políticas Públicas)**. Instituto Multidisciplinar, Instituto de Ciências Humanas e Sociais, Instituto de Tecnologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Nova Iguaçu, RJ, 2015.

- MAZZUCATO, M. **The entrepreneurial state**. Londres: Demos, 2011.
- MENDES, A. P. A.; ROMEIRO, R. A. P.; COSTA, R. C. Mercado e aspectos técnicos dos sistemas submarinos de produção de petróleo e gás natural. In: **BNDES Setorial 35**. Rio de Janeiro: BNDES, p. 155-188, 2012.
- MENDES, A. P. A.; TEIXEIRA, C. A. N.; ROCIO, M. A. R.; OLIVEIRA, L. A. S. Panoramas Setoriais 2030: Petróleo e Gás. In: **Panoramas setoriais 2030: desafios e oportunidades para o Brasil**. Rio de Janeiro: BNDES, 2017.
- MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO. **Manual Operativo do Fundo Setorial de Petróleo e Gás Natural**. Reunião do Comitê de 11 de abril de 2013. 2013.
- MORAIS, J. M. **Petróleo em águas profundas: uma história tecnológica da Petrobras na exploração e produção offshore**. Brasília: Ipea: Petrobras, 2013.
- MORAIS, J. M.; TURCHI, L. M. Infraestrutura científica e tecnológica do setor de petróleo e gás natural no Brasil. In: DE NEGRI, F.; SQUEFF, F. H. S. (Orgs.). **Sistemas setoriais de inovação e infraestrutura de pesquisa no Brasil**. (pp. 315-365). Brasília: Ipea: Finep: CNPq. 2016.
- NELSON, R. R. **National Innovation Systems: A Comparative Analysis**. New York: Oxford University Press, 3ª ed 1993.
- NELSON, R; WINTER, S.G. **An evolutionary theory of economic change**. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1982.
- NELSON, R; WINTER, S.G. Evolutionary theorizing in economics. **Journal of Economic Perspectives**, volume 16, Number 2, Pages 23–46, 2002.
- NOSHI, C. I.; ASSEM, A. I.; SCHUBERT, J. J. The Role of Big Data Analytics in Exploration and Production: A Review of Benefits and Applications. **SPE International Heavy Oil Conference and Exhibition**, 2018.
- OLIVEIRA, A. Conteúdo Local na Indústria do Petróleo: Obstáculo ou oportunidade para o desenvolvimento econômico? **Texto Apresentado ao Seminário de Pesquisa IE/PPGE/UFRJ**. Maio de 2019.

OLIVEIRA, R. C.; GASPARETTO, V.; OAZEN, E. V.; SENRA, S. F.; AGUIAR, L. L.; VALENÇA, C. J.; LIMA, D. L.; CARRARA, W.; LEMOS, C. A. D. Developments and optimizations in the pre-salt risers systems: from initial technical challenges up to future expectations. **Offshore Technology Conference**, 24-26 october, 2017.

PATTON, M. Q. **Qualitative Research and Evaluation Methods**. California: SAGE Publications, 3^a ed, 2002.

PÉREZ, C. Structural changes and assimilation of new Technologies in the economic and social system. **Futures**, vol. 15, nº 5, 1983.

PÉREZ, C. Cambio técnico, restructuración competitiva y reforma institucional en los países en desarrollo. **El Trimestre Económico**, vol. LIX(1), issue 233, 23-64, 1992.

PÉREZ, C. Re-specialisation and the deployment of the ICT paradigma: an essay on the present challenges of globalisation. In: COMPAÑÓ, R.; PASCU, C; BIANCHI, A.; BURGELMAN, J-C.; BARRIOS, S.; ULBRICH, M.; MAGHIROS, I. (Orgs.). **The Future of the Information Society in Europe: Contributions to the Debate**. Technical Report EUR 22353 EM. European Comission: Institute for Prospective Technological Studies. 2006.

PÉREZ, C. Dinamismo tecnológico e inclusão social em América Latina: uma estratégia de desarrollo productivo basada em los recursos naturales. **Revista de la CEPAL**, 2010a.

PÉREZ, C. Technological revolutions and techno-economic paradigms. **Cambridge Journal of Economics**, Vol. 34, No.1, 2010b.

PEREZ, C., SOETE, L. Catching-up in technology: entry barriers and windows of opportunity. In: DOSI, G., FREEMAN, C., NELSON, R., SILVERBERG, G., SOETE, L. (Eds.), *Technical Change and Economic Theory*. Pinter Publishers, London, pp. 458-479, 1988.

PETROBRAS. Conheça curiosidades sobre equipamentos de nossos sistemas submarinos. **Fatos e Dados**. Maio de 2015. Disponível em: <http://www.petrobras.com.br/fatos-e-dados/conheca-curiosidades-sobre-equipamentos-de-nossos-sistemas-submarinos.htm>. Acesso em 02/02/2019.

PETROBRAS. 2019. <http://www.petrobras.com.br/pt/>

PINTO JR, H. Q. Mercado internacional do petróleo e os desafios do pré-sal. In: PIQUET, R. (Org.) **Mar de riquezas, terras de contrastes**. Rio de Janeiro: Mauad X, 2011.

PINTO JR, H. Q. Preços internacionais do petróleo: principais impactos da recente queda de preços. **Infopetro**. 2016. Disponível em: <https://infopetro.wordpress.com/2016/02/15/precos-internacionais-do-petroleo-principais-impactos-da-recente-queda-de-precos/>

PINTO JR, H. Q. A reestruturação da indústria brasileira do petróleo: a questão da segurança do abastecimento. **Infopetro**. 2016b. Disponível em: <https://infopetro.wordpress.com/2016/09/05/a-reestruturacao-da-industria-brasileira-do-petroleo-a-questao-da-seguranca-do-abastecimento/>

PODCAMENI, M. G. V. B. Sistemas de Inovação e Energia Eólica: A experiência brasileira. Rio de Janeiro: Pós-graduação em Ciências Econômicas, Instituto de Economia, UFRJ. **Tese de Doutorado**. 2014.

POWELL, W. W.; GRODAL, S. Networks of Innovators. In: FAGERBERG, J.; MOWERY, C. D.; NELSON, R. R. (org.) **The Oxford Handbook of Innovation**. New York: Oxford University Press, 2004.

QUEIROZ, R. O forte ajuste da indústria de petróleo e gás. **Infopetro**. 2016. Disponível em: <https://infopetro.wordpress.com/2016/05/30/o-forte-ajuste-da-industria-de-petroleo-e-gas/#more-6707>

RAJASHEKARA, KRISHNAMOORTHY E NAIK. Electrification of Subsea Systems: Requiriments na challengs in Power Distribution and Conversion. **CPSS Transactions on Power Electronics and Applications**, Vol 2, N°4, dezembro 2017.

RASSENFOSS, S. Making Money in Brazilian Oil Demands Patience, Persistence, and Problem Solving. **Journal of Petroleum Technology**. 2018. Disponível em: <https://www.spe.org/en/jpt/jpt-article-detail/?art=4159>

RECEITA FEDERAL. Página Institucional. 2019. Disponível em: <http://receita.economia.gov.br/orientacao/aduaneira/manuais/repetro/manual-do-repetro>. Acesso em 05/06/2019.

ROCHA, L. D. B. Avaliação de impacto das pesquisas no setor de óleo e gás: um estudo das práticas das pesquisas financiadas pela cláusula dos contratos de concessão junto às entidades de ensino e pesquisa. 2019. **Dissertação (Mestrado executivo em administração de empresas)** – Escola Brasileira de Administração Pública e Empresas, Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro.

RUAS, J. A. G. Dinâmica de concorrência na indústria parapetrolífera offshore: evolução mundial do setor de equipamentos subsea e o caso brasileiro. 2017. **Tese (Doutorado em Economia)** – Pós-graduação em Economia. Instituto de Economia, Unicamp, Campinas.

RYSTAD. Subsea Market set to surge in the next five years. **Free Report Subsea**. 2019.

SALDAÑA, S. Coding and Analysis Strategies. In: LEAVY, P. (Org.) **The Oxford Handbook of Qualitative Research**. New York: Oxford University, 2014.

SARTI, F.; QUEIROZ, H.; CASSIOLATO, J. L. Perspectivas do Investimento no Brasil: síntese final. KUPFER, D.; LAPLANE, M. F. **Projeto Perspectivas do Investimento no Brasil**. 2010.

SAVIOTTI, P. P. Crescimento da variedade: implicações de política para os países em desenvolvimento. In: LASTRES, M. M. H.; CASSIOLATO, J. E.; ARROIO, A. (Org.) **Conhecimento, sistemas de inovação e desenvolvimento**. Rio de Janeiro: Editora UFRJ, 2005.

SEIDMAN, I. **Interviewing as qualitative research: a guide for researchers in education and the social sciences**. New York: Columbia University, 3^a ed, 2006.

SILVA, A. H. M.; SEWALD, B. F.; LIMA, U. A.; LIMA, V.; RIBEIRO, F. R.; PEREIRA, P. A.; MATOS, R. M.; GOMES, C. N. Subsea tree on wire installation on brazilian pre-salt. **Offshore Technology Conference**, 24-26 october, 2017.

SILVER, C.; LEWINS, A. F. Computer-Assisted Analysis of Qualitative Research. In: LEAVY, P. (Org.) **The Oxford Handbook of Qualitative Research**. New York: Oxford University, 2014.

SIMONS, H. Case Study Research: In-Depth Understanding in Context. In: LEAVY, P. (Org.) **The Oxford Handbook of Qualitative Research**. New York: Oxford University, 2014.

SIQUEIRA, J. R. Gerenciamento de Integridade de Sistemas Submarinos de Produção de Petróleo & Gás. Apresentação SPetro. 2018.

SMEDSTAD, E.; NILSEN, G. W.; BRESSAND, JY. Condition monitoring comes of age for subsea production. **Offshore Technology Conference**, 1-4 may, 2017.

SOETE, L.; VERSPAGEN, B.; WEEL, B. T. Systems of Innovation. In: HALL, H. B.; ROSENBERG, N. (Org.) **Handbook of Economics of innovation**. New York: Elsevier, vol 2, 2010.

SUBSEA WORLD BRAZIL MAGAZINE. **O futuro é profundo, mas é possível**. Ano 1. Edição 1, Rio de Janeiro. Maio/Junho 2016.

SUBSEA WORLD BRAZIL MAGAZINE. **P&D em foco: estratégias tecnologias da cadeia produtiva**. Ano 3. Edição 13, Rio de Janeiro. Maio/Junho 2018.

SUBSEA WORLD BRAZIL MAGAZINE. **Mobilizem as sondas: é hora de perfurar**. Ano 3. Edição 15, Rio de Janeiro. Julho/Agosto 2018b.

TEECE, D. J. A dynamic capabilities-based entrepreneurial theory of the multinational enterprise. **Journal of International Business Studies**, vol.45, 8-37, 2014.

TEECE, D. J.; PISANO, G.; SHUEN, A. Dynamic capabilities and strategic management. **Strategic Management Journal**. Vol.18, N°7, 1997.

TECPETRO. **Dutos submarinos**. <https://tecpetro.com/2015/12/14/dutos-submarinos/> Disponível em 15/01/2019

TETHER, B. S.; METCALFE, J. S. Services and Systems of Innovation. **CRIC Discussion Paper**, N° 58, 2003.

THUNE, T.; ENGEN, O. A.; WICKEN, O. **Petroleum industry transformations: lessons from Norway and beyond**. New York: Routledge, 2019.

TN PETRÓLEO. **Reserva 20% do pré-sal para ciência e tecnologia é aprovada por comissão do Senado**. <https://tnpetroleo.com.br/noticia/reserva-20-do-pre-sal-para-ciencia-e-tecnologia-e-aprovada-por-comissao-do-senado/> Disponível em 15/01/2020

TRENT, A.; CHO, J. Interpretation Strategies: Appropriate Concepts. In: LEAVY, P. (Org.) **The Oxford Handbook of Qualitative Research**. New York: Oxford University, 2014.

TUNCEL, C. O.; POLAT, A. Sectoral system of innovation and sources of technological change in machinery industry: an investigation on Turkish machinery industry. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, nº 229, 214 – 225, 2016.

VÉRTESY, D. Preconditions, windows of opportunity and innovation strategies: Successive leadership changes in the regional jet industry. **Research Policy**, Volume 46, Issue 2, March Pages 388-403, 2017.

VONORTAS, N S. Innovation network in industries and sectoral systems: na introduction. In: VONORTAS, N.S.; MALERBA, F. (eds.) **Innovation Networks in Industries**. Cheltenham, UK: Edward Elgar, Introdução e capítulo 1, 2009.

VONORTAS, N. S.; MALERBA, F. (eds.) **Innovation Networks in Industries**. Cheltenham, UK: Edward Elgar, Introdução e capítulo 1, 2009.

WORLD ECONOMIC FORUM. Digital Transformation Initiative: Oil and Gas Industry. **White Paper**, january 2017.

YERGIN, D. **O petróleo: uma história mundial de conquistas, poder e dinheiro**. São Paulo: Paz e Terra, 2012.

ZAGATTI, R.; JULIANO, D. R.; DOAK, R.; SOUZA, G. M.; NARDY, L. P.; LEPKSON H. A.; GAUDIG, C.; KIRCHNER, F. FlatFish resident AUV: Leading the autonomy era for subsea oil and gas operations. **Offshore Technology Conference**, 30 april- 3 may, 2018.

APÊNDICE A – ROTEIRO DO QUESTIONÁRIO: ÓTICA DAS PETROLÍFERAS

QUESTIONÁRIO MISTO DA TESE –O PLANEJAMENTO ATUAL E O POTENCIAL DAS COMPETÊNCIAS DO SISTEMA PRODUTIVO SUBSEA

ÓTICA DAS PETROLÍFERAS

IDENTIFICAÇÃO DO ENTREVISTADO

1. Nome do entrevistado:

2. Cargo/Função:

3. Empresa petrolífera em que atua:

PARTE A – EMPRESA, INFRAESTRUTURA E RELAÇÕES COMERCIAIS

I – A INFRAESTRUTURA DA PETROLÍFERA

1. Em que **instalações a empresa planeja e desenvolve** as operações do Sistema Submarino de Produção Petrolífera (SSPP) brasileiro? Onde estão localizadas?

Instalações	Onde
() Sede	
() Centro de Pesquisa	
() Base de apoio	
() Outras (especifique)	

2. Caso a empresa possua centro de pesquisa no Brasil, quais os principais motivos para a instalação desta?

II – AS CONTRATAÇÕES DA PETROLÍFERA

1. No período 2015-2019, quais são as **principais fornecedoras** em que a petrolífera firmou contratos de fornecimento de bens e prestação de serviços no SSPP brasileiro? Quais são os **principais bens e serviços contratados**?

Principais fornecedoras	Principais bens e serviços
	<ul style="list-style-type: none">() ANM() Manifold() Bombas() Risers() Linhas() Umbilical() AUV/ROV() Serviços de instalação dos equipamentos submarinos() Serviços de gerenciamento de integridade da produção() Outros (ex.: separador submarino) Quais?

2. Quais **critérios** são importantes para a empresa firmar **contratos de fornecimento de bens e prestação de serviços** no SSPP brasileiro?

PARTE B – INOVAÇÃO

I – INVESTIMENTOS E ATIVIDADES INOVATIVAS

1. Tendo em vista o planejamento geral estratégico da empresa no período de 2015-2019, qual a relevância do **uso/desenvolvimento de inovações** no SSPP brasileiro para os **objetivos da empresa petrolífera**?

2. Marque os tipos de **atividade inovativa** que a empresa petrolífera tem desenvolvido no período 2015-2019? Quais são consideradas mais importantes?

Descrição	Atividades desenvolvidas	Mais importantes
Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) na sua empresa	()	()
Parceria com outras empresas em P&D	()	()
Pesquisa em parceria com ICTs	()	()
Aquisição de máquinas e equipamentos que implicaram em significativas melhorias tecnológicas de produtos/processos ou que estão associados aos novos produtos/processos	()	()
Aquisição de outras tecnologias (softwares, licenças ou acordos de transferência de tecnologias tais como patentes, marcas, segredos industriais)	()	()
Projeto industrial ou desenho industrial associados à produtos/processos tecnologicamente novos ou significativamente melhorados	()	()
Programa de treinamento orientado à introdução de produtos/processos tecnologicamente novos ou significativamente melhorados	()	()
Programas de gestão da qualidade ou de modernização organizacional, tais como: qualidade total, reengenharia de processos administrativos, desverticalização do processo produtivo, métodos de “just in time”, etc	()	()
Novas formas de comercialização e distribuição para o mercado de produtos novos ou significativamente melhorados	()	()

3. Qual a **fonte de financiamento** para gastos de desenvolvimento de **atividades inovativas** realizadas no Brasil? Existe a expectativa de aumento dos gastos em atividades de inovação no horizonte de 10 anos?

Fonte		Sim	Expectativa de aumento dos gastos em 10 anos?
Próprias		()	()
De terceiros	Privado	()	()
	Público (FINEP, BNDES, BB, etc.)	()	()

II –A INTRODUÇÃO DE INOVAÇÕES

1. No período 2015-2019, sua empresa **introduziu produtos** (bens e serviços) ou **processos** (novos ou aperfeiçoados) no SSPP brasileiro? Caso positivo indique quais são as de maior impacto para os negócios da empresa:

() Inovações de produto (bens e serviços)

() Inovações de processos (bens e serviços)

() Inovações de matéria prima ou infraestrutura

() Inovações organizacionais

2. Quais as **principais dificuldades** encontradas para **innovar** no SSPP brasileiro 2015-2019?

3. Quais as principais **estratégias de apropriação e proteção** do desenvolvimento tecnológico e inovativo da empresa petrolífera no Brasil no período 2015-2019? Quais motivos levaram a atuar por meio destes artifícios?

III – O PROCESSO DE APRENDIZADO

1. Quais **fontes de informação** têm sido importantes para a empresa petrolífera visando o desenvolvimento inovativo e/ou melhorias de produtos, processos e gestão no período 2015-2019? Onde majoritariamente estão localizadas?

2. Quais **agentes** desempenharam papel importante de **cooperação para o desenvolvimento de inovações** no SSPP brasileiro no período 2015-2019? Existe perspectiva de cooperação com estes e outros agentes no horizonte de 10 anos?

3. Quais foram as principais **formas de cooperação** realizadas no período 2015-2019 com outros agentes? Favor marcar as formas de cooperação consideradas mais importantes.

Descrição	
Compra de equipamentos e prestação de serviços	()
Desenvolvimento de processos	()
Design para o desenvolvimento do campo	()
Capacitação de Recursos Humanos	()
Obtenção de financiamento	()
Participação conjunta em feiras, etc	()
Outras: especificar	()

IV – OS DESAFIOS E O POTENCIAL DAS TECNOLOGIAS DISRUPTIVAS NO SSPP

1. Quais os **desafios e tecnologias emergentes** considerados importantes para o avanço da **fronteira tecnológica** do SSPP brasileiro? Marque caso exista potencial para o desenvolvimento tecnológico no Brasil?

Desafios e tecnologias emergentes					
Importante no momento		Importante até 2025		Importante a partir de 2025	
	()		()		()
	()		()		()
	()		()		()
	()		()		()
	()		()		()

2. A empresa planeja desenvolver competências tecnológicas e inovativas para o desenvolvimento de campos através do “subsea factory” ou “subsea to shore”? Existe potencial no Brasil?

BOX 1 – A IMPORTÂNCIA DAS TECNOLOGIAS DISRUPTIVAS E OS CLUSTERS TECNOLÓGICOS

A ideia de mudanças disruptivas é relacionada às alterações de padrões de concorrência setoriais ou de modelos de negócios atualmente predominantes. Ou seja, as **tecnologias relevantes** para a competitividade de Sistemas Produtivos **podem ter impactos sobre as estruturas econômicas de modo a alterar o ambiente concorrencial**.

Deste modo, a análise do potencial de desenvolvimento tecnológico de um Sistema Produtivo perpassa pela reunião de capacidades inovativas das empresas para a obtenção e aprendizado de tecnologias disruptivas. Isso porque possibilita uma mudança da posição da empresa no mercado e uma abertura para novos produtos, processos e mercados; por meio de ganhos em eficiência, redução de custos, aumento de produtividade e melhorias em qualidade de processos e produtos.

Para avaliar tais impactos, as tecnologias são agrupadas nos chamados “clusters tecnológicos” com o fim de reunir as tecnologias-chave por proximidade tecnológica e de acordo com as bases de conhecimento envolvidas. A seguir é feita uma breve caracterização dos oito clusters:

- **Inteligência Artificial, Big Data, Computação em Nuvem:** reúne um conjunto organizado de conhecimentos e tecnologias (“máquinas computadorizadas”), aplicados a determinados fins: percepção, compreensão, processamento, interpretação, otimização, ação, etc.

- **Redes de Comunicação:** com o intuito da troca de informações, os principais tipos de inovação deste cluster são de produto (redes embarcadas em produtos ou produtos conectados com fibras óticas, redes lógicas e comunicação sem fio); de infraestrutura (redes como plataformas para integração intra e extrafirma); e de mercado (utilização de tecnologias blockchain para desenvolver novos mercados e/ou corrigir falhas de mercado de natureza informacional).

- **Internet das Coisas:** pode ser definida como um sistema de interconexão, através da Internet ou de uma rede específica, de dispositivos informáticos incorporados em objetos cotidianos, permitindo-lhes enviar e receber dados, e atuar sobre estes objetos. Sensores e microeletrônicos são como um “sistema nervoso central” do equipamento.

- **Produção Inteligente e Conectada:** refere-se a sistemas ciberfísicos de interconexão, digitalização, processamento e otimização da cadeia produtiva (incluindo seus processos e desenvolvimento de produtos, quase que personalizados), com crescente utilização de inteligência artificial.

- **Materiais Avançados:** As inovações deste cluster são de fato novos insumos que permitem o desenvolvimento de novos produtos (itens de vestuário com propriedades de alto desempenho; drogas com liberação controlada), mudanças em processos (materiais para impressão 3D) e abertura de novos mercados (produtos de biorrefinaria).

- **Nanotecnologia:** As nanotecnologias são insumos, partes e componentes utilizados em produtos de várias indústrias, o que instrumentaliza, inclusive, o desenvolvimento de novos produtos, implicando o surgimento de novos mercados e demandando novas competências.

- **Biotecnologia:** é o conjunto de técnicas que usam organismos vivos ou suas partes para obter ou modificar os produtos para melhorar plantas ou animais ou para desenvolver microrganismos com fins claramente definidos, ou seja, para a obtenção de produtos e serviços.

- **Armazenamento de Energia:** corresponde à utilização de uma reação química (reação redox) para armazenar energia elétrica. É o campo tecnológico onde se utilizam métodos eletroquímicos para armazenar energia.

3. Quais **tecnologias disruptivas** tem sido importante para o para o desenvolvimento tecnológico da empresa no período 2015-2019? Marque em quais tecnologias disruptivas existe potencial de introdução nas atividades produtivas no horizonte de 10 anos.

Clusters tecnológicos	Tecnologias importantes	Potencial no horizonte de 10 anos
Inteligência Artificial, Big Data e Computação em nuvem	()	()
Redes de comunicação (<i>blockchain</i> , redes móveis de novas gerações)	()	()
Internet das coisas	()	()
Produção Inteligente e Conectada (sistemas ciberfísicos de interconexão e otimização da cadeia produtiva)	()	()
Materiais Avançados	()	()
Nanotecnologia	()	()
Biotecnologia	()	()
Armazenamento de energia	()	()
Outras Tecnologias com grande potencial futuro	()	()

4. Quais são os **principais fornecedores** de tecnologias relativas às **tecnologias disruptivas**? Indique quais são fornecedores locais.

Clusters tecnológicos	Fornecedores
Inteligência Artificial, Big Data e Computação em nuvem	
Redes de comunicação (<i>blockchain</i> , redes móveis de novas gerações)	
Internet das coisas	
Produção Inteligente e Conectada (sistemas ciberfísicos de interconexão e otimização da cadeia produtiva)	
Materiais Avançados	
Nanotecnologia	

Biotecnologia	
Armazenamento de energia	
Outras Tecnologias com grande potencial futuro	

5. Indique em quais **tecnologias disruptivas** as **cooperações firmadas** com outros agentes no período 2015-2019 têm avançado e em quais existe potencial de cooperação no horizonte de 10 anos?

2015-2019	Horizonte 10 anos	Clusters tecnológicos
()	()	Inteligência Artificial, Big Data e Computação em nuvem
()	()	Redes de comunicação (<i>blockchain</i> , redes móveis de novas gerações)
()	()	Internet das coisas
()	()	Produção Inteligente e Conectada (sistemas ciberfísicos de interconexão e otimização da cadeia produtiva)
()	()	Materiais Avançados
()	()	Nanotecnologia
()	()	Biotecnologia
()	()	Armazenamento de energia
()	()	Outras Tecnologias com grande potencial futuro

PARTE C – POLÍTICAS PÚBLICAS

I – A RELEVÂNCIA DAS POLÍTICAS PÚBLICAS NO SSPP

1. Indique se sua empresa é beneficiada pelas **políticas industriais e de inovação**. Quais políticas servem de estímulo para os novos negócios e tecnologias relativos ao SSPP?

Fatores	É beneficiada	Serve de estímulo para os novos negócios e tecnologias
Calendário de rodadas de licitação	()	()
Política de Conteúdo Local	()	()
Programa de Estímulo à Competitividade da Cadeia Produtiva, ao Desenvolvimento e ao Aprimoramento de Fornecedores do Setor de Petróleo e Gás Natural (Pedefor)	()	()
Regime comercial Repetro-Sped	()	()
Política de compras das Estatais	()	()
Regulações de integridade dos ativos	()	()

Cláusula de investimento em Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I)	()	()
Fundo CT Petro	()	()
Programa de Formação de Recursos Humanos da ANP	()	()
Outros. Citar:	()	()

2. Qual a importância das políticas públicas dispostas abaixo para os negócios no SSPP brasileiro? Quais principais vantagens e desvantagens?

	Não sabe opinar	Vantagens e desvantagens
Sobre o PCL:	()	
Sobre o Repetro-Sped:	()	
Sobre a Política de compra das Estatais:	()	
Sobre a Cláusula de Investimento em PD&I:	()	

3. Na sua opinião, qual seria uma sugestão de política de inovação adequada para estimular o desenvolvimento tecnológico e a mobilização de competências no Brasil?

APÊNDICE B – ROTEIRO DO QUESTIONÁRIO: ÓTICA DOS FORNECEDORES

ÓTICAS ACERCA DOS FORNECEDORES

IDENTIFICAÇÃO DO ENTREVISTADO

1. Nome do entrevistado:

2. Cargo/Função:

PARTE A – EMPRESA E PRODUÇÃO

I – ATUAÇÃO DO ENTREVISTADO

1. Onde o entrevistado atua e atuou entre 2015-2019? Caso tenha sido em empresas, qual o país de origem do capital controlador da empresa?

2. Participação no conjunto de processos relacionados ao Sistema Submarino de Produção Petrolífera (SSPP) nos quais o entrevistado atua ou atuou (é possível selecionar mais de uma opção):

<input type="checkbox"/>	Processos de controle de fluxo (Equipamentos Submarinos)
<input type="checkbox"/>	Processos de transporte de fluxos (SURF)
<input type="checkbox"/>	Processos de gerenciamento da integridade da produção

II – A ÓTICA PRODUTIVA DO FORNECEDOR

1. Caso tenha trabalhado ou trabalha em empresas fornecedoras do Sistema Submarino de Produção Petrolífera (SSPP), quais as **instalações** da empresa se encontram no Brasil? Marque a última coluna caso exista a perspectiva de novas instalações no horizonte de 10 anos.

Tipo de instalação	Localização	O que faz?	Motivos que levaram à instalação	Novas instalações no horizonte de 10 anos?
Bases de Apoio		Que atividades de apoio?		()
Fábricas		O que produz? ¹ Qual é a origem do projeto do bem?		()
Centros de pesquisa		Principais áreas de pesquisa?		()

¹ () ANM; () Manifold; () Bombas; () Risers; () Linhas ; () Umbilical; () AUV/ROV; () Outros (ex.: separador submarino) Quais?

2. Caso a empresa produza bens no Brasil responda:

A. Sobre os **principais insumos** utilizados na **produção de bens**, indique aqueles que representam maior custo nominal (com x) e os mais utilizados em volume (com o). Em seguida, aponte os principais fornecedores e sua origem.

Conjunto de processos do SSPP					
Equipamentos Subsea - Origem		SURF - Origem		Gerenciamento da Integridade - Origem	
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Válvulas		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Polímeros		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Sensores	
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Aços		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Aços		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Componentes elétricos e eletrônicos (luzes, câmeras, transponder, altímetro e etc)	
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Bombas		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Fibra ótica		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Compensadores	
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Painel eletrônico		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Material termo-plástico		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Gaiola de veículos submarinos	
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Outros:		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Compósito		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Umbilical	
		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Cabos elétricos e ópticos		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Motor elétrico e bomba hidráulica	
		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Outros:		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Outros:	

B. Caso a empresa **importe insumos** para a **produção de bens** das atividades do SSPP, qual o motivo da empresa adquirir no exterior? Existe planejamento da empresa para **produzir localmente e/ou adquirir com fornecedores locais** os insumos importados? E no horizonte de 10 anos?

Motivos	Planeja aquisição ou produção local?		Existe perspectiva no horizonte de 10 anos?	
	Sim	Não	Sim	Não
<input type="checkbox"/> Falta de fornecedor local qualificado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Falta de fornecedor local com melhor custo-benefício				
<input type="checkbox"/> O fornecedor estrangeiro detém melhor qualificação				
<input type="checkbox"/> O fornecedor estrangeiro detém melhor custo-benefício				
<input type="checkbox"/> Outros: especifique				

III- O MERCADO BRASILEIRO DO SSPP PARA A EMPRESA

1- Considerando o momento atual e o horizonte futuro, qual a **importância estratégica do mercado brasileiro do SSPP** para as empresas fornecedoras?

	Assume papel fundamental	Apresenta importância significativa	Representa importância semelhante a outros mercados	Representa pequena importância em relação a outros mercados
Atualmente	()	()	()	()
Em um horizonte de 10 anos	()	()	()	()

PARTE B – INOVAÇÃO

I – INVESTIMENTOS E ATIVIDADES INOVATIVAS

1. Tendo em vista o planejamento geral estratégico da empresa no período de 2015-2019, qual a relevância do **uso/desenvolvimento de inovações** no SSPP brasileiro para os **objetivos da(s) empresa(s) fornecedora(s)**?

2. Marque os tipos de **atividade inovativa** que a(s) empresa(s) fornecedora(s) do SSPP brasileiro tem desenvolvido no período 2015-2019? Quais são consideradas mais importantes?

Descrição	Atividades desenvolvidas	Mais importantes
Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) na sua empresa	()	()
Parceria com outras empresas em P&D	()	()
Pesquisa em parceria com ICTs	()	()
Aquisição de máquinas e equipamentos que implicaram em significativas melhorias tecnológicas de produtos/processos ou que estão associados aos novos produtos/processos	()	()
Aquisição de outras tecnologias (softwares, licenças ou acordos de transferência de tecnologias tais como patentes, marcas, segredos industriais)	()	()
Projeto industrial ou desenho industrial associados à produtos/processos tecnologicamente novos ou significativamente melhorados	()	()
Programa de treinamento orientado à introdução de produtos/processos tecnologicamente novos ou significativamente melhorados	()	()

Programas de gestão da qualidade ou de modernização organizacional, tais como: qualidade total, reengenharia de processos administrativos, desverticalização do processo produtivo, métodos de “ <i>just in time</i> ”, etc	()	()
Novas formas de comercialização e distribuição para o mercado de produtos novos ou significativamente melhorados	()	()

3. Qual a **fonte de financiamento** para gastos de desenvolvimento de **atividades inovativas** realizadas no Brasil? Existe a expectativa de aumento dos gastos em atividades de inovação no horizonte de 10 anos?

Fonte		Sim	Expectativa de aumento dos gastos em 10 anos?
Próprias		()	()
De terceiros	Privado	()	()
	Público (FINEP, BNDES, BB, etc.)	()	()

II –A INTRODUÇÃO DE INOVAÇÕES

1. Caso atuou ou atue em uma empresa, esta **introduziu produtos** (bens e serviços) ou **processos** (novos ou aperfeiçoados) no período 2015-2019 no Brasil? Caso positivo indique quais são as de maior impacto para os negócios da empresa:

() Inovações de produto (bens e serviços)

() Inovações de processos (bens e serviços)

() Inovações de matéria prima ou infraestrutura

() Inovações organizacionais

2. Quais as **principais dificuldades** encontradas para **innovar** no SSPP brasileiro 2015-2019?

3. Quais as principais **estratégias de apropriação e proteção** do desenvolvimento tecnológico e inovativo da(s) empresa(s) fornecedora(s) no Brasil no período 2015-2019? Quais motivos levaram a atuar por meio destes artifícios?

III – O PROCESSO DE APRENDIZADO

1. Quais **fontes de informação** têm sido importantes para a(s) empresa(s) fornecedora(s) do SSPP, visando o desenvolvimento inovativo e/ou melhorias de produtos, processos e gestão no período 2015-2019? Onde majoritariamente estão localizadas?

2. Quais **agentes** desempenharam papel importante de **cooperação para o desenvolvimento de inovações** no SSPP brasileiro no período 2015-2019? Existe perspectiva de cooperação com estes e outros agentes no horizonte de 10 anos?

3. Quais foram as principais **formas de cooperação** realizadas no período 2015-2019 com outros agentes? Favor marcar as formas de cooperação consideradas mais importantes.

Descrição	
Compra de insumos e equipamentos	()
Desenvolvimento de produtos e processos	()
Design e estilo de produtos	()
Capacitação de Recursos Humanos	()
Obtenção de financiamento	()
Participação conjunta em feiras, etc	()
Outras: especificar	()

IV – O POTENCIAL DAS TECNOLOGIAS DISRUPTIVAS NO SSPP

BOX 1 – A IMPORTÂNCIA DAS TECNOLOGIAS DISRUPTIVAS E OS CLUSTERS TECNOLÓGICOS

A ideia de mudanças disruptivas é relacionada às alterações de padrões de concorrência setoriais ou de modelos de negócios atualmente predominantes. Ou seja, as

tecnologias relevantes para a competitividade de Sistemas Produtivos **podem ter impactos sobre as estruturas econômicas de modo a alterar o ambiente concorrencial.**

Deste modo, a análise do potencial de desenvolvimento tecnológico de um Sistema Produtivo perpassa pela reunião de capacidades inovativas das empresas para a obtenção e aprendizado de tecnologias disruptivas. Isso porque possibilita uma mudança da posição da empresa no mercado e uma abertura para novos produtos, processos e mercados; por meio de ganhos em eficiência, redução de custos, aumento de produtividade e melhorias em qualidade de processos e produtos.

Para avaliar tais impactos, as tecnologias são agrupadas nos chamados “clusters tecnológicos” com o fim de reunir as tecnologias-chave por proximidade tecnológica e de acordo com as bases de conhecimento envolvidas. A seguir é feita uma breve caracterização dos oito clusters:

- **Inteligência Artificial, Big Data, Computação em Nuvem:** reúne um conjunto organizado de conhecimentos e tecnologias (“máquinas computadorizadas”), aplicados a determinados fins: percepção, compreensão, processamento, interpretação, otimização, ação, etc.

- **Redes de Comunicação:** com o intuito da troca de informações, os principais tipos de inovação deste cluster são de produto (redes embarcadas em produtos ou produtos conectados com fibras óticas, redes lógicas e comunicação sem fio); de infraestrutura (redes como plataformas para integração intra e extrafirma); e de mercado (utilização de tecnologias blockchain para desenvolver novos mercados e/ou corrigir falhas de mercado de natureza informacional).

- **Internet das Coisas:** pode ser definida como um sistema de interconexão, através da Internet ou de uma rede específica, de dispositivos informáticos incorporados em objetos cotidianos, permitindo-lhes enviar e receber dados, e atuar sobre estes objetos. Sensores e microeletrônicos são como um “sistema nervoso central” do equipamento.

- **Produção Inteligente e Conectada:** refere-se a sistemas ciberfísicos de interconexão, digitalização, processamento e otimização da cadeia produtiva (incluindo seus processos e desenvolvimento de produtos, quase que personalizados), com crescente utilização de inteligência artificial.

- **Materiais Avançados:** As inovações deste cluster são de fato novos insumos que permitem o desenvolvimento de novos produtos (itens de vestuário com propriedades de alto desempenho; drogas com liberação controlada), mudanças em processos (materiais para impressão 3D) e abertura de novos mercados (produtos de biorrefinaria).

- **Nanotecnologia:** As nanotecnologias são insumos, partes e componentes utilizados em produtos de várias indústrias, o que instrumentaliza, inclusive, o desenvolvimento de novos produtos, implicando o surgimento de novos mercados e demandando novas competências.

- **Biotecnologia:** é o conjunto de técnicas que usam organismos vivos ou suas partes para obter ou modificar os produtos para melhorar plantas ou animais ou para desenvolver microrganismos com fins claramente definidos, ou seja, para a obtenção de produtos e serviços.

- **Armazenamento de Energia:** corresponde à utilização de uma reação química (reação redox) para armazenar energia elétrica. É o campo tecnológico onde se utilizam métodos eletroquímicos para armazenar energia.

1. Quais **tecnologias disruptivas** tem sido importante para o desenvolvimento tecnológico da(s) empresa(s) fornecedora(s) do SSPP brasileiro no período 2015-2019? Marque as tecnologias disruptivas com potencial para serem introduzidas nas atividades petrolíferas no horizonte de 10 anos.

Clusters tecnológicos	Tecnologias importantes	Potencial no horizonte de 10 anos
Inteligência Artificial, Big Data e Computação em nuvem	()	()
Redes de comunicação (<i>blockchain</i> , redes móveis de novas gerações)	()	()
Internet das coisas	()	()
Produção Inteligente e Conectada (sistemas ciberfísicos de interconexão e otimização da cadeia produtiva)	()	()
Materiais Avançados	()	()
Nanotecnologia	()	()
Biotecnologia	()	()
Armazenamento de energia	()	()
Outras Tecnologias com grande potencial futuro	()	()

2. Quais são os **principais fornecedores** de tecnologias relativas às **tecnologias disruptivas**? Indique quais são fornecedores locais.

Clusters tecnológicos	Fornecedores
Inteligência Artificial, Big Data e Computação em nuvem	
Redes de comunicação (<i>blockchain</i> , redes móveis de novas gerações)	
Internet das coisas	
Produção Inteligente e Conectada (sistemas ciberfísicos de interconexão e otimização da cadeia produtiva)	
Materiais Avançados	
Nanotecnologia	
Biotecnologia	
Armazenamento de energia	
Outras Tecnologias com grande potencial futuro	

3. Indique em quais **tecnologias disruptivas as cooperações** firmadas com outros agentes no período 2015-2019 têm avançado e em quais existe potencial de cooperação no horizonte de 10 anos?

2015-2019	Horizonte 10 anos	Clusters tecnológicos
()	()	Inteligência Artificial, Big Data e Computação em nuvem
()	()	Redes de comunicação (<i>blockchain</i> , redes móveis de novas gerações)
()	()	Internet das coisas
()	()	Produção Inteligente e Conectada (sistemas ciberfísicos de interconexão e otimização da cadeia produtiva)
()	()	Materiais Avançados
()	()	Nanotecnologia
()	()	Biotecnologia
()	()	Armazenamento de energia
()	()	Outras Tecnologias com grande potencial futuro

4. No seu entendimento a fronteira tecnológica do “subsea factory” ou “subsea to shore” tem potencial para desenvolvimento no Brasil? Quais clusters tecnológicos são essenciais?

PARTE C – POLÍTICAS PÚBLICAS

I – A RELEVÂNCIA DAS POLÍTICAS PÚBLICAS NO SSPP

1. Indique se sua empresa é beneficiada pelas **políticas industriais e de inovação**. Quais políticas servem de estímulo para os novos negócios e tecnologias relativos ao SSPP?

Fatores	É beneficiada	Serve de estímulo para os novos negócios e tecnologias
Calendário de rodadas de licitação	()	()
Política de Conteúdo Local	()	()
Programa de Estímulo à Competitividade da Cadeia Produtiva, ao Desenvolvimento e ao Aprimoramento de Fornecedores do Setor de Petróleo e Gás Natural (Pedefor)	()	()
Regime comercial Repetro-Sped	()	()
Política de compras das Estatais	()	()

Regulações de integridade dos ativos	()	()
Cláusula de investimento em Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I)	()	()
Fundo CT Petro	()	()
Programa de Formação de Recursos Humanos da ANP	()	()
Outros. Citar:	()	()

2. Qual a importância das políticas públicas dispostas abaixo para os negócios no SSPP brasileiro? Quais principais vantagens e desvantagens?

	Não sabe opinar	Vantagens e desvantagens
Sobre o PCL:	()	
Sobre o Repetro-Sped:	()	
Sobre a Política de compra das Estatais:	()	
Sobre a Cláusula de Investimento em PD&I:	()	

3. Na sua opinião, qual seria uma sugestão de política de inovação adequada para estimular o desenvolvimento tecnológico e a mobilização de competências no Brasil?

APÊNDICE C – ROTEIRO DO QUESTIONÁRIO: ÓTICA DAS INSTITUIÇÕES DE PESQUISA

ÓTICA DA INSTITUIÇÃO DE PESQUISA

IDENTIFICAÇÃO DO ENTREVISTADO

1. Nome do entrevistado:

2. Cargo/Função:

PARTE A – INSTITUIÇÃO E INFRAESTRUTURA

I - IDENTIFICAÇÃO DA INSTITUIÇÃO

1. Nome do laboratório ou grupo de pesquisa:

2. Nome da Instituição de Ensino vinculada:

3. Quais são as **áreas de competência** dentre os processos relacionados ao Sistema Submarino de Produção Petrolífera (SSPP) nos quais a instituição atua (é possível selecionar mais de uma opção):

<input type="checkbox"/>	Processos de controle de fluxo (Equipamentos Submarinos)
<input type="checkbox"/>	Processos de transporte de fluxos (SURF)
<input type="checkbox"/>	Processos de gerenciamento da integridade da produção

4. Quais as principais tecnologias emergentes e desafios do SSPP que são o foco da pesquisa do grupo?

<input type="checkbox"/>	Detecção e controle de parafinas e hidratos
<input type="checkbox"/>	Concepções para isolamento e aquecimento de linhas
<input type="checkbox"/>	Desenvolvimento de sistemas de separação e bombeamento submarino
<input type="checkbox"/>	Desenvolvimento de tecnologia de reinjeção de gás para águas ultraprofundas
<input type="checkbox"/>	Sistemas de risers rígidos em catenária (SCR)
<input type="checkbox"/>	Sistemas de risers flexíveis
<input type="checkbox"/>	Sistemas de risers alternativos
<input type="checkbox"/>	Equipamentos submarinos
<input type="checkbox"/>	Materiais alternativos para operação com fluidos corrosivos
<input type="checkbox"/>	Aquisição e tratamento de dados geológicos, geotécnicos e oceanográficos
<input type="checkbox"/>	Energia elétrica para o desenvolvimento de sistemas submarinos
<input type="checkbox"/>	Tentativa de padronizar, reutilizar e dar multiuso às partes do SSPP
<input type="checkbox"/>	Outros: (especifique)

II – INFRAESTRUTURA DE PESQUISA

1. Possui que tipo de infraestrutura para realização de pesquisas relacionadas ao Sistema Submarino de Produção Petrolífera (SSPP)? Marque a última coluna caso exista a perspectiva de novas instalações ou reformas infra estruturais no horizonte de 10 anos.

Tipo de instalação	Localização	Serve a que áreas de pesquisa e conhecimento no SSPP?	Motivos que levaram à instalação	Novas instalações ou reformas no horizonte de 10 anos?
Laboratórios				<input type="checkbox"/>

Outros				()
--------	--	--	--	-----

2. Quais dos seguintes agentes **financiam** as atividades e a infraestrutura necessária para as pesquisas? Qual é considerado o agente mais importante?

Agentes	Financia o grupo de pesquisa?	Agente Importante
Instituição de Ensino	()	()
Petrolífera(s)	()	()
Empresa(s) fornecedoras do SSPP	()	()
Outras (especifique)	()	()

PARTE B – INOVAÇÃO

I – PESQUISA E ATIVIDADES INOVATIVAS

1. Quais foram as **inovações** desenvolvidas pelo grupo de pesquisa de **maior impacto** para o SSPP brasileiro?

2. Quais os **principais avanços** verificados no laboratório a partir dos **projetos de pesquisa** relativos ao SSPP brasileiro desenvolvidos e em desenvolvimento no período 2015-2019?

3. Qual a expectativa acerca dos novos projetos de pesquisa relativos ao SSPP no horizonte de 10 anos? Quais as áreas do conhecimento seriam mais afetadas?

		Áreas do conhecimento afetadas
()	Aumento do número de projetos em relação ao período 2015-2019	
()	Redução do número de projetos em relação ao período 2015-2019	
()	Manutenção do número de projetos em relação ao período 2015-2019	

4. Qual a importância dos seguintes **perfis** de **projetos de pesquisa desenvolvidos**?

- Projetos de PD&I colaborativos com empresas, sob encomenda, para soluções e desafios específicos

- Projetos de médio prazo de pesquisa aplicada com eventual aplicação para empresas patrocinadoras

- Projetos de pesquisa alinhados à pesquisa básica com pouca preocupação de aplicação imediata nas empresas

II – COOPERAÇÃO PARA INOVAÇÕES

1. O grupo de pesquisa auxiliou **cooperando na introdução de inovações** no SSPP brasileiro no período 2015-2019? Se positivo, favor marcar que tipo de inovações.

2015-2019	Tipo de inovações
()	Inovações de produto (bens e serviços)
()	Inovações de processos (bens e serviços)
()	Inovações de matéria prima
()	Inovações de infraestrutura
()	Inovações organizacionais
()	Outras (especifique)

2. Qual a importância da **cooperação com as empresas** (petrolíferas e fornecedoras) do SSPP para o **grupo de pesquisa**?

3. Sobre a **propriedade intelectual**, quais os **entraves** encontrados na realização de pesquisas? E quanto as **relações de apropriação** dos resultados de projetos colaborativos?

III – O POTENCIAL DAS TECNOLOGIAS DISRUPTIVAS NO SSPP

BOX 1 – A IMPORTÂNCIA DAS TECNOLOGIAS DISRUPTIVAS E OS CLUSTERS TECNOLÓGICOS

*A ideia de mudanças disruptivas é relacionada às alterações de padrões de concorrência setoriais ou de modelos de negócios atualmente predominantes. Ou seja, as **tecnologias relevantes** para a competitividade de Sistemas Produtivos **podem ter***

impactos sobre as estruturas econômicas de modo a alterar o ambiente concorrencial.

Deste modo, a análise do potencial de desenvolvimento tecnológico de um Sistema Produtivo perpassa pela reunião de capacidades inovativas das empresas para a obtenção e aprendizado de tecnologias disruptivas. Isso porque possibilita uma mudança da posição da empresa no mercado e uma abertura para novos produtos, processos e mercados; por meio de ganhos em eficiência, redução de custos, aumento de produtividade e melhorias em qualidade de processos e produtos.

Para avaliar tais impactos, as tecnologias são agrupadas nos chamados “clusters tecnológicos” com o fim de reunir as tecnologias-chave por proximidade tecnológica e de acordo com as bases de conhecimento envolvidas. A seguir é feita uma breve caracterização dos oitos clusters:

- **Inteligência Artificial, Big Data, Computação em Nuvem:** reúne um conjunto organizado de conhecimentos e tecnologias (“máquinas computadorizadas”), aplicados a determinados fins: percepção, compreensão, processamento, interpretação, otimização, ação, etc.

- **Redes de Comunicação:** com o intuito da troca de informações, os principais tipos de inovação deste cluster são de produto (redes embarcadas em produtos ou produtos conectados com fibras óticas, redes lógicas e comunicação sem fio); de infraestrutura (redes como plataformas para integração intra e extrafirma); e de mercado (utilização de tecnologias blockchain para desenvolver novos mercados e/ou corrigir falhas de mercado de natureza informacional).

- **Internet das Coisas:** pode ser definida como um sistema de interconexão, através da Internet ou de uma rede específica, de dispositivos informáticos incorporados em objetos cotidianos, permitindo-lhes enviar e receber dados, e atuar sobre estes objetos. Sensores e microeletrônicos são como um “sistema nervoso central” do equipamento.

- **Produção Inteligente e Conectada:** refere-se a sistemas ciberfísicos de interconexão, digitalização, processamento e otimização da cadeia produtiva (incluindo seus processos e desenvolvimento de produtos, quase que personalizados), com crescente utilização de inteligência artificial.

- **Materiais Avançados:** As inovações deste cluster são de fato novos insumos que permitem o desenvolvimento de novos produtos (itens de vestuário com propriedades de alto desempenho; drogas com liberação controlada), mudanças em processos (materiais para impressão 3D) e abertura de novos mercados (produtos de biorrefinaria).

- **Nanotecnologia:** As nanotecnologias são insumos, partes e componentes utilizados em

produtos de várias indústrias, o que instrumentaliza, inclusive, o desenvolvimento de novos produtos, implicando o surgimento de novos mercados e demandando novas competências.

*- **Biotecnologia:** é o conjunto de técnicas que usam organismos vivos ou suas partes para obter ou modificar os produtos para melhorar plantas ou animais ou para desenvolver microrganismos com fins claramente definidos, ou seja, para a obtenção de produtos e serviços.*

*- **Armazenamento de Energia:** corresponde à utilização de uma reação química (reação redox) para armazenar energia elétrica. É o campo tecnológico onde se utilizam métodos eletroquímicos para armazenar energia.*

1. Quais **tecnologias disruptivas** tem sido importante para o desenvolvimento tecnológico do SSPP brasileiro no período 2015-2019? Marque em quais tecnologias disruptivas existe potencial de introdução nas atividades produtivas no horizonte de 10 anos.

Clusters tecnológicos	Tecnologias importantes	Potencial no horizonte de 10 anos
Inteligência Artificial, Big Data e Computação em nuvem	()	()
Redes de comunicação (<i>blockchain</i> , redes móveis de novas gerações)	()	()
Internet das coisas	()	()
Produção Inteligente e Conectada (sistemas ciberfísicos de interconexão e otimização da cadeia produtiva)	()	()
Materiais Avançados	()	()
Nanotecnologia	()	()
Biotecnologia	()	()
Armazenamento de energia	()	()
Outras Tecnologias com grande potencial futuro	()	()

2. Indique em quais **tecnologias disruptivas** as **cooperações firmadas** com as empresas do SSPP brasileiro no período 2015-2019 têm avançado e em quais existe potencial de cooperação no horizonte de 10 anos?

2015-2019	Horizonte 10 anos	Clusters tecnológicos
()	()	Inteligência Artificial, Big Data e Computação em nuvem
()	()	Redes de comunicação (<i>blockchain</i> , redes móveis de novas gerações)
()	()	Internet das coisas
()	()	Produção Inteligente e Conectada (sistemas ciberfísicos de interconexão e otimização da cadeia produtiva)
()	()	Materiais Avançados
()	()	Nanotecnologia
()	()	Biotecnologia
()	()	Armazenamento de energia
()	()	Outras Tecnologias com grande potencial futuro

PARTE C – POLÍTICAS PÚBLICAS

I – A RELEVÂNCIA DAS POLÍTICAS PÚBLICAS NO SSPP

1. Indique se o grupo de pesquisa é **beneficiado pela cláusula de investimento em Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação** e qual o grau de importância da cláusula para as atividades do grupo? Esta política serve de estímulo para novos projetos de pesquisa relativos ao SSPP?

Fatores	É beneficiada	Serve de estímulo para os novos projetos?
Cláusula de investimento em Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I)	()	()

2. Qual a importância da **cláusula de investimento em Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação** para as pesquisas no SSPP brasileiro? Quais principais vantagens e desvantagens desta política?

3. Na sua opinião, qual seria uma sugestão de política de inovação adequada para estimular o desenvolvimento tecnológico e a mobilização de competências no Brasil?

APÊNDICE D – LISTA DE ENTREVISTADOS

NOME	ATUAÇÃO NO SPS ENTRE 2015-2019	DATA DA ENTREVISTA
ADAN ALVES	Piloto e especialista de ROV - Oceaneering Gerente de ROV – DOF Subsea	19/11/2019
ADRIANO MOTTA	Líder de PD&I de Deepwater – Total Engenheiro de Operações Offshore na área de PD&I– Repsol Sinopec	11/11/2019
ALFREDO RENAULT	Superintendente de PD&I – ANP Professor Universitário – UFRJ e PUC RJ	02/12/2019
CARLOS SOLIGO CAMERINI	Superintendente e Desenvolvedor de Produtos e Fornecedores - ONIP	03/12/2019
CASSIANO NEVES	CEO – CRN Engenharia	14/10/2019
CÁSSIO KUCHPIL	Consultor Técnico Senior – Área de Engenharia Submarina da Petrobras	04/02/2020
CLÁUDIO SOLIGO CAMERINI	Professor e Engenheiro de Pesquisa do Centro de Pesquisa em Tecnologias de Inspeção da PUC RJ	02/10/2019
EDUARDO COSTA	CEO – Ouro Negro	24/10/2019
FÁBIO PEREIRA	Gerente Regional Brasil – Benthic Business Development – Aker Solutions	27/09/2019
IAGO BARBEIRO	Gerente de Engenharia - Kongsberg	22/10/2019
LEANDRO GRANDIN	Pesquisador e Consultor Associado do Research Centre of Gas Innovation da USP	16/10/2019
LEANDRO LIMA	Gerente de Engenharia Sênior – Subsea7	06/09/2019
MARCELO ANDREOTTI	Líder de PD&I Subsea – Repsol Sinopec Pesquisador Senior no Center of Excellence on Offshore and Subsea Systems - General Electric	04/11/2019

MARIANA RODRIGUES FRANÇA (A) VICTOR HUGO GAGNO (B)	(A) Superintendente adjunta de Segurança Operacional e Meio Ambiente - ANP (B) Assistente de Segurança Operacional – ANP e Total	26/09/2019
MURILO AUGUSTO VAZ	Professor de Engenharia Naval e Oceânica da UFRJ. Integrante do Núcleo de Estruturas Oceânicas	07/10/2019
OTÁVIO BORGES SERTÃ	Diretoria de Engenharia – Saipem	11/11/2019
RAFAEL GUIGON ARAÚJO (A) FERNANDA DIAS BRANDÃO (B)	(A) Gerente de Engenharia de Instalação - Ocyan (B) Coordenadora de Inovação - Ocyan	04/11/2019
SEGEN FARID ESTEFEN	Professor Engenharia Naval e Oceânica da UFRJ. Integrante do Laboratório de Tecnologia Submarina	02/12/2019
TELMO MACHADO GHIORZI	Diretor - Associação Brasileira das Empresas de Serviço de Petróleo Diretor Executivo - Aker Solutions	04/09/2019
VIVIAN GULLO	Engenheira de Processamento Subsea – TechnipFMC	05/12/2019