

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

ESCOLA DE QUÍMICA

GABRIELA BITTENCOURT DE ABREU AQUINO

**MOVIMENTOS ESTRATÉGICOS DAS EMPRESAS DE O&G EM
DIREÇÃO À ECONOMIA DE BAIXO CARBONO**

RIO DE JANEIRO

MARÇO DE 2019

GABRIELA BITTENCOURT DE ABREU AQUINO

MOVIMENTOS ESTRATÉGICOS DAS EMPRESAS DE O&G EM
DIREÇÃO À ECONOMIA DE BAIXO CARBONO

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Processos Químicos e Bioquímicos, Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências.

Orientadores:

Professora: Flávia Chaves Alves, D. Sc

Professor: José Vitor Bomtempo Martins, D. Sc

Rio de Janeiro

2019

FOLHA DE APROVAÇÃO

MOVIMENTOS ESTRATÉGICOS DAS EMPRESAS DE O&G EM DIREÇÃO À ECONOMIA DE BAIXO CARBONO

GABRIELA BITTENCOURT DE ABREU AQUINO

PESQUISA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO APRESENTADA AO CORPO DOCENTE DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA DE PROCESSOS QUÍMICOS E BIOQUÍMICOS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS.

Rio de Janeiro, 22 de março de 2019.

Aprovado por:

Prof^a. Flávia Chaves Alves, D.Sc. – Orientadora, Escola de Química/UFRJ

Prof. José Vitor Bomtempo Martins, D.Sc. – Orientador, Escola de Química/UFRJ

Prof. Fábio de Almeida Oroski, D.Sc. –Escola de Química/UFRJ

Prof. Helder Queiroz Pinto Junior, D.Sc. –Instituto de Economia/UFRJ

Rio de Janeiro, RJ – Brasil

2019

FICHA CATALOGRÁFICA

A657m Aquino, Gabriela Bittencourt de Abreu

Movimentos Estratégicos das Empresas de O&G em Direção à Economia de Baixo Carbono/ Gabriela Bittencourt de Abreu Aquino. - Rio de Janeiro, 2019.

166f. :il.

Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, Rio de Janeiro, 2019.

Orientadores: Flávia Alves e José Vitor Bomtempo.

1. Energia Renovável. 2. Empresas de Petróleo. 3. Diversificação. 4. Estratégia. I. Alves, Flávia Chaves. (Orient.). II. Bomtempo Martins, José Vitor. (Orient.). III. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, Escola de Química. IV. Movimentos Estratégicos das Empresas de O&G em Direção à Economia de Baixo Carbono.

Dedico este trabalho ao meu marido, Rafael Aquino, que é o maior companheiro que eu
poderia ter nessa vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente aos meus orientadores, Professora Flávia Alves e Professor José Vitor Bomtempo, pela dedicação, confiança e enorme contribuição para elaboração deste trabalho.

Ao meu marido, Rafael Aquino, por sempre me incentivar e apoiar meus planos, mesmo com os inúmeros momentos que precisei me ausentar. Palavras não são suficientes para expressar toda a minha gratidão por todo amor, companheirismo e compreensão.

Aos meus pais, Isabela e Murilo, pelo amor incondicional, por me oferecem desde sempre toda a estrutura para que eu pudesse alcançar os meus objetivos e pelos lindos conselhos de vida, que estarão sempre guardados na memória.

Aos meus irmãos, João Luiz e Luiz Felipe, pelos momentos de descontração, amizade, carinho e por serem grandes exemplos de seres humanos para mim.

À minha querida ex-chefe, que virou uma de minhas melhores amigas, Juliana Mansur, por ter incentivado tanto a minha inscrição no mestrado e me apoiado mesmo quando estava difícil conciliar a vida acadêmica e profissional.

Às minhas grandes amigas, Laura Minc, Livia Salgueiro, Natália Lyrio, Ana Paula Alves, Fernanda Khede, Mariana Alves, Camila Oliveira, Ana Flávia Aquino, Priscila Conforto, Roberta Abreu e (novamente) Juliana Mansur por tantas trocas maravilhosas ao longo de todos esses anos.

Às minhas madrinhas, Marly (*in memorian*) e Áurea, que preenchem meu coração de amor e gratidão diariamente através das lembranças que temos juntas. Ao meu avô Edson (*in memorian*) e minha avó Eide, por se orgulharem tanto de mim e serem grandes exemplos de vida. Aos meus avós Dora e Moa e tia Claudia, pelos momentos alegres e de descontração.

RESUMO

Aquino, Gabriela Bittencourt de Abreu. **MOVIMENTOS ESTRATÉGICOS DAS EMPRESAS DE O&G EM DIREÇÃO À ECONOMIA DE BAIXO CARBONO.**

Orientadores: Flávia Chaves Alves e José Vitor Bomtempo Martins: Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola de Química, 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos).

A crescente preocupação com o aquecimento global e a segurança energética pressiona governos e empresas para transição para uma matriz energética mais limpa. Neste contexto, as empresas de petróleo podem ter seus negócios diretamente impactados em função da necessidade de redução das suas emissões de carbono e da perda de *market share* para fontes renováveis de energia. De forma a identificar como as petroleiras têm se posicionado frente a esse cenário, buscou-se identificar a dinâmica de posicionamento estratégico de quatro importantes companhias do segmento de óleo & gás (Shell, ExxonMobil, BP e Chevron) em tecnologias de baixa emissão de carbono, desde a assinatura do Protocolo de Kyoto (1997). A metodologia utilizada no trabalho consistiu na busca por movimentos estratégicos relativos a energia solar, eólica, hidrogênio, biocombustíveis e tecnologia CCS nos relatórios anuais e de sustentabilidade, divulgados pelas companhias. O estudo permitiu a compreensão do processo de entrada e evolução das companhias em novos segmentos de baixo carbono. A Shell e a BP apresentaram dinâmicas de posicionamento semelhantes em energia solar, eólica e biocombustíveis, com movimentos estruturados na tentativa de se estabelecerem nesses segmentos. Por outro lado, as empresas ExxonMobil e Chevron atuaram principalmente em projetos embrionários de P&D, sem grande relevância para o portfólio da companhia. Essa diferença de perfil comportamental entre as empresas de origem europeia e norte-americanas evidenciam a influência que o ambiente tem sobre suas estratégias de atuação. O trabalho também identificou que existem três etapas de posicionamento em cada segmento, relacionadas à cadeia de valor, que exigem estratégias de entrada distintas. Além disso, a dinâmica de posicionamento das petroleiras em tecnologias alternativas de baixo carbono não é linear, ou seja, não possui um processo sequencial de entrada e varia de acordo com as oportunidades e adversidades identificadas nesses segmentos.

Palavras-Chave: Energia Renovável, Empresas de Petróleo, Diversificação, Estratégia.

ABSTRACT

Aquino, Gabriela Bittencourt de Abreu. **MOVIMENTOS ESTRATÉGICOS DAS EMPRESAS DE O&G EM DIREÇÃO À ECONOMIA DE BAIXO CARBONO.**

Orientadores: Flávia Chaves Alves e José Vitor Bomtempo Martins: Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola de Química, 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos).

Growing concerns about global warming and energy security are pressing governments and companies to transition to a cleaner energy matrix. In this context, oil companies can have their businesses directly impacted by the need to reduce their carbon emissions and the loss of market share for renewable energy sources. In order to identify how oil companies have positioned themselves against this scenario, this dissertation sought to identify the strategic positioning dynamics of four major O&G companies (Shell, ExxonMobil, BP, and Chevron) in low emission technologies since the signing of the Kyoto Protocol (1997). The methodology used in work consisted of a search for actions related to solar and wind energy, hydrogen, biofuels and CCS technology in the annual and sustainability reports, disclosed by the companies. The study allowed the understanding of the process of entry and evolution of the companies in new low carbon segments. Shell and BP showed similar positioning dynamics in solar, wind and biofuels, with structured moves in an attempt to establish themselves in these segments. On the other hand, the companies ExxonMobil and Chevron acted mainly in embryonic projects of R&D, without great relevance for the portfolio of the company. This difference in behavioral profile between companies from Europe and North America evidences the influence that the environment has on their business strategies. The work also identified that there are three positioning steps in each segment, related to the value chain, which require different strategies. In addition, the positioning dynamics of oil companies in alternative low carbon technologies is not linear, that is, it does not have a sequential process of entry and varies according to the opportunities and adversities identified in these segments.

Keywords: Renewable Energy, Oil Companies, Diversification, Strategy.

ÍNDICE

1.	INTRODUÇÃO	15
2.	REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1.	EMPRESAS ESTABELECIDAS E EMERGENTES.....	20
2.2.	DIVERSIFICAÇÃO.....	21
2.3.	FORMAS DE DIVERSIFICAÇÃO	22
2.4.	A DINÂMICA DE DIVERSIFICAÇÃO DE EMPRESAS ESTABELECIDAS FRENTE À AMEAÇA DA DESCONTINUIDADE TECNOLÓGICA	26
2.4.1.	FRAMEWORK DE HAMILTON (1985, 1990)	27
2.5.	CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA DA INDÚSTRIA DE O&G	31
3.	METODOLOGIA.....	44
3.1.	PERÍODO DE ANÁLISE	44
3.2.	SELEÇÃO DAS EMPRESAS A SEREM ANALISADAS.....	44
3.3.	ESCOLHA DOS SEGMENTOS DE ANÁLISE	47
3.4.	SELEÇÃO DAS FONTES DE INFORMAÇÃO.....	47
3.5.	DIMENSÕES DE ANÁLISE	48
3.5.1.	DIMENSÃO DE ANÁLISE: FORMA DE POSICIONAMENTO.....	50
3.5.2.	DIMENSÃO DE ANÁLISE: SUBTIPO DE POSICIONAMENTO	50
3.5.3.	DIMENSÕES DE ANÁLISE: ÉTAPA DE POSICIONAMENTO E ESTRATÉGIA DE POSICIONAMENTO	53
3.6.	ESTRUTURAÇÃO DO QUADRO ANALÍTICO	56
3.7.	FORMA DE ANÁLISE	57
4.	ANÁLISE DE DADOS	57
4.1.	SHELL.....	58
4.1.1.	SHELL - ENERGIA SOLAR.....	59
4.1.2.	SHELL - ENERGIA EÓLICA.....	62
4.1.3.	SHELL - HIDROGÊNIO	63
4.1.4.	SHELL - BIOCOMBUSTÍVEIS	65
4.1.5.	SHELL - TECNOLOGIA CCS.....	69
4.1.6.	PERFIL DE ATUAÇÃO DA SHELL NOS SEGMENTOS DE ANÁLISE	71
4.2.	EXXONMOBIL.....	72
4.2.1.	EXXONMOBIL - ENERGIA SOLAR E HIDROGÊNIO	73
4.2.2.	EXXONMOBIL - ENERGIA EÓLICA.....	75
4.2.3.	EXXONMOBIL - BIOCOMBUSTÍVEIS AVANÇADOS.....	75
4.2.4.	TECNOLOGIA CCS.....	76
4.2.5.	PERFIL DE ATUAÇÃO DA EXXONMOBIL NOS SEGMENTOS DE ANÁLISE.....	77

4.3.	BP	79
4.3.1.	BP - ENERGIA SOLAR	80
4.3.2.	BP - ENERGIA EÓLICA.....	83
4.3.3.	BP – HIDROGÊNIO.....	85
4.3.4.	BP – BIOCOMBUSTÍVEIS	87
4.3.5.	BP - TECNOLOGIA CCS.....	90
4.3.6.	PERFIL DE ATUAÇÃO DA BP NOS SEGMENTOS DE ANÁLISE	91
4.4.	CHEVRON	92
4.4.1.	CHEVRON - ENERGIA SOLAR	93
4.4.2.	CHEVRON - ENERGIA EÓLICA	95
4.4.3.	CHEVRON – HIDROGÊNIO	96
4.4.4.	CHEVRON – BIOCOMBUSTÍVEIS	97
4.4.5.	CHEVRON - TECNOLOGIA CCS.....	98
4.4.6.	PERFIL DE ATUAÇÃO DA CHEVRON NOS SEGMENTOS DE ANÁLISE	100
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	101
5.1.	ENERGIA SOLAR	101
5.2.	ENERGIA EÓLICA	104
5.3.	HIDROGÊNIO	105
5.4.	BIOCOMBUSTÍVEIS.....	107
5.5.	TECNOLOGIA CCS.....	111
6.	CONCLUSÃO	113
7.	BIBLIOGRAFIA.....	116
	APÊNDICE A1 – HISTÓRICO DE ATUAÇÃO DA SHELL NO SEGMENTO SOLAR	123
	APÊNDICE A2 – HISTÓRICO DE ATUAÇÃO DA SHELL NO SEGMENTO EÓLICO.....	128
	APÊNDICE A3 – HISTÓRICO DE ATUAÇÃO DA SHELL NO SEGMENTO DE HIDROGÊNIO	132
	APÊNDICE A4 – HISTÓRICO DE ATUAÇÃO DA SHELL EM BIOCOMBUSTÍVEIS	136
	APÊNDICE A5 – HISTÓRICO DE ATUAÇÃO DA SHELL EM TECNOLOGIA CCS.....	140
	APÊNDICE B1 – HISTÓRICO DE ATUAÇÃO DA EXXONMOBIL NO SEGMENTO SOLAR.....	145
	APÊNDICE B2 – HISTÓRICO DE ATUAÇÃO DA EXXONMOBIL NO SEGMENTO EÓLICO	146
	APÊNDICE B3 – HISTÓRICO DE ATUAÇÃO DA EXXONMOBIL NO SEGMENTO DE HIDROGÊNIO	147
	APÊNDICE B4 – HISTÓRICO DE ATUAÇÃO DA EXXONMOBIL EM BIOCOMBUSTÍVEIS	149
	APÊNDICE B5 – HISTÓRICO DE ATUAÇÃO DA EXXONMOBILEM TECNOLOGIA CCS	151
	APÊNDICE C1 – HISTÓRICO DE ATUAÇÃO DA BPEM ENERGIA SOLAR	154

APÊNDICE C2 – HISTÓRICO DE ATUAÇÃO DA BPEM ENERGIA EÓLICA	161
APÊNDICE C3 – HISTÓRICO DE ATUAÇÃO DA BPNO SEGMENTO DE HIDROGÊNIO.....	164
APÊNDICE C4 – HISTÓRICO DE ATUAÇÃO DA BPEM BIOCOMBUSTÍVEIS.....	166
APÊNDICE C5 – HISTÓRICO DE ATUAÇÃO DA BPEM TECNOLOGIA CCS	171
APÊNDICE D1 – HISTÓRICO DE ATUAÇÃO DA CHEVRONEM ENERGIA SOLAR	174
APÊNDICE D2 – HISTÓRICO DE ATUAÇÃO DA CHEVRONEM ENERGIA EÓLICA	176
APÊNDICE D3 – HISTÓRICO DE ATUAÇÃO DA CHEVRONNO SEGMENTO DE HIDROGÊNIO.....	177
APÊNDICE D4 – HISTÓRICO DE ATUAÇÃO DA CHEVRONEM BIOCOMBUSTÍVEIS.....	180
APÊNDICE D5 – HISTÓRICO DE ATUAÇÃO DA CHEVRON EM TECNOLOGIA CCS	182
APÊNDICE E – ARTIGO (REVISTA – RENEWABLE SUSTAINABLE ENERGY REVIEW)	184

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Gráfico do aumento dos investimentos e da capacidade instalada no mercado de painéis solares	37
Figura 2 – A evolução da tecnologia da turbina eólica ao longo do tempo	39
Figura 3 – Esquema de operação de uma célula combustível alcalina (AFC)	40
Figura 4- Fluxograma das dimensões de análise: Forma de Posicionamento e Subtipo de Posicionamento.....	49
Figura 5- Fluxograma das dimensões de análise: Etapa de Posicionamento e Estratégia de Posicionamento.....	49
Figura 6 – Linha do tempo dos movimentos estratégicos da Shell no segmento solar ..	60
Figura 7 - Linha do tempo dos movimentos estratégicos da Shell no segmento eólico. 62	62
Figura 8 - Linha do tempo dos movimentos estratégicos da Shell no segmento de hidrogênio.....	64
Figura 9 - Linha do tempo dos movimentos estratégicos da Shell no segmento de biocombustíveis.....	66
Figura 10 - Linha do tempo dos movimentos estratégicos da Shell em tecnologia CCS69	69
Figura 11 - Linha do tempo dos movimentos estratégicos da ExxonMobil no segmento solar	74
Figura 12 - Linha do tempo dos movimentos estratégicos da ExxonMobil no segmento de hidrogênio	74
Figura 13 - Linha do tempo dos movimentos estratégicos da ExxonMobil no segmento de biocombustíveis	75
Figura 14 - Linha do tempo dos movimentos estratégicos da ExxonMobil em tecnologia CCS.....	76
Figura 15 - Linha do tempo dos movimentos estratégicos da BP no segmento solar	81
Figura 16 - Linha do tempo dos movimentos estratégicos da BP no segmento eólico ..	83
Figura 17 - Linha do tempo dos movimentos estratégicos da BP no segmento de hidrogênio.....	85
Figura 18 - Linha do tempo dos movimentos estratégicos da BP no segmento de biocombustíveis.....	87
Figura 19 - Linha do tempo dos movimentos estratégicos da BP em tecnologia CCS ..	90
Figura 20 - Linha do tempo dos movimentos estratégicos da Chevron no segmento solar	94

Figura 21 - Linha do tempo dos movimentos estratégicos da Chevron no segmento de energia eólica.....	95
Figura 22 - Linha do tempo dos movimentos estratégicos da Chevron no segmento de hidrogênio.....	96
Figura 23 - Linha do tempo dos movimentos estratégicos da Chevron no segmento de biocombustíveis.....	97
Figura 24 - Linha do tempo dos movimentos estratégicos da Chevron em tecnologia CCS.....	99

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1 - Benefícios e Riscos das Formas de Diversificação	26
Tabela 2 - Relação das principais parcerias estratégicas utilizadas por empresas estabelecidas associadas às opções estratégicas propostas por Hamilton	28
Tabela 3 - Ranking das dez maiores empresas de óleo & gás desde 1997	46
Tabela 4 - Palavras-chave utilizadas para pesquisa nas fontes de referência.....	47
Tabela 5 - Quadro analítico dos movimentos da Shell em cada etapa de posicionamento	58
Tabela 6 - Principais movimentos da Shell em Biocombustíveis Avançados de 1997 a 2018	67
Tabela 7 - Quadro analítico dos movimentos da ExxonMobil em cada etapa de posicionamento.....	73
Tabela 8 - Quadro analítico dos movimentos da BP em cada etapa de posicionamento	80
Tabela 9 - Principais projetos da BP voltados para biocombustíveis.....	88
Tabela 10 - Quadro analítico dos movimentos da Chevron em cada etapa de posicionamento.....	93
Tabela 11 - Comparação dos posicionamentos das companhias em energia solar	101
Tabela 12 - Comparação dos posicionamentos das companhias em energia eólica.....	104
Tabela 13 - Comparação dos posicionamentos das companhias em hidrogênio.....	105
Tabela 14 - Comparação dos posicionamentos das companhias em Biocombustíveis	107
Tabela 15 - Comparação dos posicionamentos das companhias em Tecnologia CCS	111
Tabela 16 - Parques eólicos mantidos em operação após 2009.....	130

1. Introdução

O caminho para alcançar a sustentabilidade no fornecimento de energia em escala global é um dos principais desafios para o século XXI. Desde a revolução industrial, existe uma dependência mundial da sociedade em relação às fontes de energia fóssil para alcançar o crescimento econômico. No entanto, as preocupações com as mudanças climáticas globais e a segurança energética, particularmente devido à alta dependência do petróleo, pressionam governos a rever a matriz energética e empresas a diversificarem seu portfólio de fornecimento de energia.

As pressões para a transição para uma matriz energética mais limpa ocorrem principalmente em função de acordos entre países em conferências globais em prol da redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE), como Protocolo de Kyoto e Acordo de Paris, ou através do estabelecimento de mecanismos de precificação de carbono¹. Dessa maneira, o desenvolvimento de projetos de cunho sustentável para a redução das emissões de CO₂ é encorajado, seja através de incentivos públicos ou pelas próprias empresas temendo impacto financeiro às suas operações.

O Protocolo de Kyoto tratou do acordo entre países (principalmente os desenvolvidos), que se comprometeram a reduzir suas emissões de gases de efeito estufa em uma média de 5% em relação aos níveis de 1990 no período de 2008 a 2012. O escopo do protocolo foi prorrogado até 2020 com a "Emenda de Doha" em 2012. Os Estados Unidos se negaram a ratificar o Protocolo de Kyoto, alegando que os compromissos acarretados por tal protocolo interfeririam negativamente na economia norte-americana (UNFCCC, 2018).

O Acordo de Paris sucede o Protocolo de Kyoto e tem como objetivo assegurar que o aumento da temperatura média global não ultrapasse 2°C acima dos níveis pré-industriais e prosseguir os esforços para limitar o aumento da temperatura a até 1,5°C acima dos níveis pré-industriais. O referido acordo, negociado durante a COP-21 em

¹ A precificação de carbono consiste na atribuição de um preço, explícito ou não, sobre as emissões de gases de efeito estufa de determinada instalação, organização ou jurisdição. A designação de um valor monetário a cada unidade de emissão de GEE em tCO₂e (toneladas de dióxido de carbono equivalente) corresponde ao envio de um sinal de preços aos tomadores de decisão. Por meio da precificação de carbono, torna-se mais oneroso produzir com tecnologias carbono intensivas e, conseqüentemente, mais vantajoso buscar modelos de produção que levem à redução das emissões dos GEE. Os mecanismos de precificação de carbono são basicamente de dois tipos: Tributação imposta pelos governos ou Mercados de carbono (CEBDS, 2016).

Paris, rege medidas de redução de emissão dióxido de carbono a partir de 2020(UNFCCC, 2015).

As grandes empresas de petróleo são apontadas como fundamentais nesse processo de transformação da indústria de energia, sendo seu papel principal relacionado ao desenvolvimento e comercialização de tecnologias que reduzam as emissões atmosféricas de carbono (Pinkse & van den Buuse, 2012). No entanto, este movimento ainda é considerado arriscado para essas companhias, pois estão inseridas em uma indústria estabelecida ameaçada pelo surgimento de novas tecnologias de energia alternativa, ainda repletas de barreiras para sua implantação e de incertezas quanto à sua participação na matriz energética. Por isso, a construção de um portfólio integrado que inclua ativos de hidrocarbonetos e de baixo carbono é assinalado como uma saída para esse dilema envolvendo as petroleiras (Fattouh, Poudineh, & West, 2018).

Tendo em vista que ainda é prevista uma dependência majoritária da sociedade pelo petróleo nas próximas décadas, a tendência é que as tecnologias de energia renovável sejam desenvolvidas em paralelo à busca por soluções para redução das emissões de carbono das operações de exploração e produção de petróleo. Monzón, *et al* (2018) apontam que, nos últimos 15 anos, as principais companhias de petróleo investiram mais de US\$ 6 bilhões em negócios de energia limpa, incluindo energia solar, eólica, biocombustíveis, tecnologia CCS e bateria, com a energia solar atraindo a maior parte dos investimentos, seguida pela energia eólica. Em termos percentuais, o valor investido em energias limpas ainda é muito baixo com relação ao total de capital investido pelas petroleiras, representando em torno de 1 a 2% do total (Prade & Rodrigues, 2018).

O investimento das companhias direcionado à economia de baixo carbono não é igualmente distribuído ao longo dos anos, mas varia em função de diversos fatores, como, por exemplo: as adversidades encontradas para o desenvolvimento de tecnologias alternativas de energia, das cotações de petróleo no mercado, das visões estratégicas das empresas, da conjuntura político-econômica em que as companhias estão inseridas, das exigências dos organismos ambientais, etc.. Além disso, para atuar em segmentos emergentes, as empresas estabelecidas enfrentam o desafio de incorporar internamente sua nova estratégia de atuação. A velocidade para esta transição ocorrer varia de acordo com o desenvolvimento de capacidades próprias para lidar com a diversificação para os diferentes mercados, assim como uma mudança cultural relacionada ao *mindset* dessas

empresas, que precisa se manter aberto à nova forma de posicionamento estratégico (Prade & Rodrigues, 2018).

Nesse sentido, pode-se dizer que a análise sob um ângulo estático dos movimentos das petroleiras em direção à economia de baixo carbono não permite identificar como ocorre a dinâmica de posicionamento dessas companhias frente à necessidade de transição para uma matriz energética mais limpa. Dessa forma, na presente dissertação, pretende-se responder as seguintes questões:

- Como ocorre a dinâmica de posicionamento das petroleiras frente aos diversos desafios enfrentados tanto na indústria de óleo e gás quanto na de renováveis? Existe um padrão comportamental?
- É possível recorrer à literatura relacionada à forma de atuação de empresas estabelecidas em tecnologias emergentes para entender a dinâmica de posicionamento estratégico das empresas de petróleo em tecnologias emergentes de baixa emissão de carbono?

Tendo em vista o cenário apresentado, buscou-se analisar a dinâmica de posicionamento das empresas de petróleo Shell, ExxonMobil, BP e Chevron frente às tecnologias emergentes para redução das emissões de carbono (energia solar, energia eólica, hidrogênio, biocombustíveis e tecnologia CCS). Para isso, o modelo proposto por Hamilton (1985) foi utilizado como base para discussão das estratégias das companhias. Hamilton (1985) apresenta três estratégias de entrada que as empresas estabelecidas podem utilizar para acessar tecnologias emergentes: “Abertura de Janelas”, “Criação de Opções” e “Estabelecimento de Posições”. Essas opções estão relacionadas ao grau de desenvolvimento da tecnologia emergente e do nível de comprometimento que a empresa estabelecida decide ter em relação à nova tecnologia.

Para identificação dos movimentos nos segmentos de análise, foram utilizados principalmente os relatórios anuais, de sustentabilidade e *press releases* divulgados pelas empresas de petróleo no período de 1997, quando houve a assinatura do Protocolo de Kyoto, a 2017.

Cada um dos movimentos verificados para essas companhias foi classificado em quatro dimensões de análise: Forma de Posicionamento, Subtipo de Posicionamento, Etapa de Posicionamento e Estratégia de Posicionamento. A dimensão Forma de Posicionamento

consiste em uma classificação primária quanto à forma de diversificação; a dimensão Subtipo de Posicionamento está relacionada a uma subdivisão da dimensão anterior; a dimensão Etapa de Posicionamento é subdividida em Desenvolvimento Tecnológico, Produção ou Distribuição/Comercialização; e a dimensão Estratégia de Posicionamento segue o modelo proposto por Hamilton(1985). Por fim, foi elaborado um quadro analítico com um esquema de cores para classificação do posicionamento estratégico das companhias em cada uma das etapas nos segmentos de análise.

Além desta introdução, a presente dissertação está estruturada da seguinte forma: O capítulo 2 consiste em uma revisão bibliográfica com os principais argumentos teóricos que permitem analisar a dinâmica de posicionamento das empresas de petróleo em energia renovável e tecnologias de baixo carbono. O capítulo 3 apresenta a metodologia utilizada para o desenvolvimento do trabalho. Nesse capítulo são apresentadas as dimensões consideradas para a análise, o período de levantamento de dados escolhido, as empresas de petróleo estudadas, os segmentos de baixo carbono e a seleção das fontes de informação. Por fim, apresenta-se a metodologia para elaboração do quadro analítico e para estruturação das informações levantadas. O capítulo 4 apresenta a análise dos movimentos de cada companhia em cada segmento de análise, e o capítulo 5 traz um comparativo final da forma de atuação das empresas, apresentando as similares e diferenças de suas estratégias de posicionamento por segmento. O capítulo 6 apresenta a conclusão do trabalho, limitações e propostas de estudos futuros.

2. Referencial Teórico

O século XXI é caracterizado por um ambiente em que inovações de produtos, processos, serviços, etc., surgem a todo momento por parte de diferentes entidades atuantes na indústria, principalmente por empresas emergentes, em função da identificação de oportunidades de mercado ainda não exploradas. Esse cenário exige que as empresas estabelecidas, que desejam manter suas vantagens competitivas, busquem alternativas para diversificar e evitar a obsolescência de seus negócios.

Na presente dissertação, busca-se o entendimento da forma de entrada das empresas de petróleo e seus subseqüentes posicionamentos em segmentos emergentes de energia renovável e em tecnologias voltadas para a captura e armazenamento de carbono. Por esse motivo, a análise apresentada é feita sob a ótica das empresas estabelecidas, ou seja, quais os meios utilizados por estas para acesso a mercados emergentes e a dinâmica de seu comportamento mediante os desafios encontrados nesses segmentos.

Dessa forma, optou-se por dividir o referencial teórico da seguinte maneira: A seção 3.1 apresenta o conceito de empresas estabelecidas e emergentes, assim como a necessidade dessas companhias emergentes em estabelecer parcerias para acessar recursos complementares; a seção 3.2 apresenta a definição de diversificação e as diferentes direções que este processo pode assumir; a seção 3.3 trata das três formas de diversificação para as empresas acessarem novos segmentos de mercado, além dos benefícios e riscos relativos a cada uma; e a seção 3.4 apresenta uma forma de análise da dinâmica de posicionamento de empresas estabelecidas em segmentos emergentes.

A busca dos artigos utilizados na revisão teórica ocorreu através da identificação de conjuntos de palavras-chave que norteariam a dissertação. O primeiro grupo de palavras se refere às formas de diversificação: Desenvolvimento Interno, Alianças Estratégicas e Aquisição; o segundo grupo está relacionado à atuação das empresas estabelecidas em tecnologias emergentes; e o terceiro grupo trata-se da dinâmica de posicionamento estratégico de empresas estabelecidas em novos segmentos (não necessariamente emergentes). Com as palavras definidas, foram realizadas pesquisas nos bancos de dados Scopus e Science Direct. Os artigos relevantes para a análise e algumas referências apontadas por estes foram selecionados para construção do referencial teórico. Por fim, os conjuntos de palavras-chave foram mesclados e novas buscas

foram realizadas nos bancos de dados na tentativa de identificar artigos que apresentassem questões similares às da presente dissertação.

2.1. Empresas estabelecidas e emergentes

Hamilton (1985, 1990) define **empresas estabelecidas** como aquelas com posições demarcadas em tecnologias e mercados existentes no momento em que uma nova tecnologia surge. Essas empresas sofrem ameaças aos seus negócios, estratégias e estruturas existentes por parte de novas oportunidades apresentadas ao mercado com o avanço tecnológico. Isto ocorre porque, embora as empresas estabelecidas normalmente controlem ativos complementares² significativos, em geral, elas têm habilidades limitadas associadas à nova tecnologia (Hamilton & Singh, 1991). De acordo com Segers (1993), essas empresas possuem recursos financeiros, técnicos e de produção que permitiriam o desenvolvimento de uma inovação radical, mas devido a problemas relacionados à burocracia, inércia interna e aversão ao risco, muitas vezes carecem de dinamismo e flexibilidade que possibilitariam seu desenvolvimento.

Por **empresas emergentes**, Hamilton (1985, 1990) entende serem aquelas criadas para explorar uma nova tecnologia. Normalmente essas novas empresas direcionam seus esforços rigorosamente para uma determinada tecnologia e para nichos de mercado e, por isso, conforme apresentado por Segers (1993), são responsáveis por uma parcela desproporcionalmente grande de inovações radicais em certos segmentos. São empresas que encaram obstáculos financeiros, organizacionais e de mercado na tentativa de comercializar sua tecnologia e estabelecer posições competitivas viáveis.

Os principais recursos técnicos das empresas emergentes consistem no conhecimento técnico explícito e tácito associado à ciência e tecnologia radicalmente novas. Para obter retornos econômicos a partir desse conhecimento técnico, ele deve ser comercializado em um ou mais mercados, o que, geralmente exige que seja combinado de alguma forma com outros recursos ou ativos complementares, geralmente disponibilizados por empresas estabelecidas (Hamilton 1985, 1990).

² Os ativos complementares são aqueles de suporte ao processo de comercialização de uma inovação, incluindo sistemas de distribuição, plantas, equipamentos e tecnologias complementares. O sucesso na comercialização de uma inovação requer que o *know-how* seja utilizado em conjunto com outras capacidades ou ativos (Tece, 1986).

Teece (1992) apresenta que, em indústrias que sofrem um processo de descontinuidade tecnológica, as empresas estabelecidas correm o risco de obsolescência se não conseguirem formar parcerias com empresas emergentes inovadoras. Rothaermel & Boeker (2008) sugerem que as empresas estabelecidas podem se beneficiar de mudanças tecnológicas radicais ao se aliarem a novos entrantes, oferecendo-lhes os ativos complementares necessários para comercialização da nova tecnologia (fornecimento de matéria-prima, produção em escala comercial, acesso às cadeias de distribuição e marketing, etc.). Segers (1993) apresenta que a combinação do *know-how* de uma empresa emergente com os recursos de uma empresa estabelecida abre oportunidades para sinergias que podem contribuir tanto para aumentar a vantagem competitiva das empresas quanto para a criação de um potencial de crescimento.

No início do processo de descontinuidade tecnológica, é comum observar uma maior dependência das empresas emergentes em relação às empresas estabelecidas. Segers (1993) aponta que, se as empresas emergentes não forem capazes de estabelecer parcerias estratégicas com empresas estabelecidas, poderão encontrar atrasos na introdução de seus produtos em determinados mercados. Ao longo do tempo, essas distinções tendem a ficar mais ofuscadas à medida que as firmas começam a desenvolver ou adquirir os ativos que eram inicialmente de propriedade de seus parceiros de aliança (Hamilton, 1990).

2.2. Diversificação

Britto(2013) define o fenômeno de diversificação como a expansão da empresa para mercados distintos de sua área original de atuação, permitindo que a empresa supere as barreiras impostas pelos mercados concorrentes e amplie seu potencial de acumulação. Para tanto, as empresas procuram reinvestir os lucros obtidos nos processos produtivos para alcançar novas oportunidades de mercado.

Os benefícios decorrentes da diversificação podem ser divididos em três grupos distintos de fatores. O primeiro deles está associado à busca de novas áreas de atuação como alternativa para acelerar o ritmo de crescimento da empresa. Dessa forma, as empresas aprimoram a adaptabilidade ao ambiente tecnológico que muda constantemente, além de distribuir seus recursos por diferentes tecnologias, reduzindo o risco associado a determinado investimento (Kim, Lee& Cho, 2016). O segundo grupo

envolve a exploração da economia de escopo, ou seja, de sinergias e melhor utilização dos recursos disponíveis para melhorar a eficiência técnico-produtiva das empresas. Por fim, o terceiro grupo envolve benefícios relacionados à ampliação da rentabilidade da empresa ao longo do tempo.

Britto(2013) destaca que a diversificação é um processo estratégico natural para empresas estabelecidas em indústrias maduras, que necessitam acompanhar a evolução do mercado para tentar manter a rentabilidade de seus negócios em um ambiente de rápidas mudanças. Cooper & Schendel (1976) apresentam que a origem de uma inovação tecnológica geralmente se dá fora do segmento de origem da empresa estabelecida, principalmente desenvolvidas por empresas emergentes.

2.3. Formas de Diversificação

Na literatura, são apontadas três principais formas de diversificação para as empresas entrarem em um novo segmento de mercado: **Desenvolvimento Interno**, **Aquisição** ou **Aliança Estratégica** (Lambe & Spekman, 1997; Sánchez-Peinado & Menguzzato-Boulard, 2009). Diversos trabalhos acadêmicos foram previamente desenvolvidos destacando o desempenho de uma empresa associado ao modo de diversificação selecionado. A escolha do modo de entrada é uma questão de alta importância estratégica, pois cada modo oferece benefícios e riscos específicos(Chang & Rosenzweig, 2001), que estão relacionados ao grau de maturidade do mercado em que a empresa está inserida, à necessidade de proteção da propriedade intelectual, ao volume de recursos que a empresa deseja comprometer, à necessidade de compartilhamento de riscos, etc..

Hamilton (1985) define **aliança** como a associação formal entre empresas que oferece vantagens estratégicas imediatas ou potenciais para ambas. Esses arranjos corporativos podem ter diversas formas, mas todas são baseadas em duas principais características: competências/ativos complementares e benefícios mútuos. Em geral, as empresas optam por cooperar em alianças estratégicas quando o valor de seus recursos e ativos combinados é maior do que o valor de seus recursos e ativos separadamente(Barney, 1996). De acordo com Anand, Oriani, & Vassolo (2010), as alianças podem servir como um estímulo para as inovações e permitem que as empresas alcancem recursos que

poderiam ser de difícil desenvolvimento interno. Além disso, permitem o compartilhamento de riscos e a redução da incerteza relacionada ao novo investimento.

Na literatura, é possível identificar diversas formas de alianças estratégicas que podem ser firmadas entre empresas, desde aquelas em que a associação entre as partes envolvidas é mínima (por exemplo, contratos de pesquisa e desenvolvimento (P&D), bolsas de pesquisa, etc.) até alianças em que há maior comprometimento de recursos de uma ou ambas as partes (*joint ventures*, participação acionária, etc.). Abaixo são descritas as principais formas de relação colaborativa entre empresas apresentadas por Hamilton (1985):

- **Auxílio à Pesquisa:** Inúmeras corporações estabelecidas e algumas emergentes financiam programas de pesquisa em diferentes áreas de interesses em laboratórios universitários e institutos de pesquisa privados, o que pode resultar em licenças exclusiva ou até mesmo em direito a patentes de determinado produto/processo.
- **Contratos de P&D:** Usados para apoiar pesquisas direcionadas para áreas específicas de tecnologia e/ou aplicação. A natureza e os resultados desejados da pesquisa são geralmente bem especificados, assim como os direitos de patente, responsabilidades de desenvolvimento e acordos de comercialização. As empresas financiadoras geralmente obtêm licença exclusiva em qualquer resultado de produto ou processo, enquanto seus parceiros podem reter o direito de patente e royalties em adição às taxas contratuais;
- **Licenças:** Os direitos de produzir e comercializar produtos emergentes são transferidos para empresas estabelecidas através de acordos de licença exclusivos ou não-exclusivos com empresas emergentes em troca de pagamento de royalties;
- **Participação Acionária:** Está relacionada à aquisição de ações de determinada empresa através da compra direta ou outras formas contratuais;
- **Joint ventures:** Formação de um empreendimento conjunto (uma nova empresa) por duas ou mais empresas, com objetivos de comercialização de produto/serviço claramente definidos. As empresas geralmente buscam *joint ventures* por uma das quatro razões: para acessar um novo mercado, particularmente mercados emergentes;

obter eficiência de escala, combinando ativos e operações; compartilhar riscos de grandes investimentos ou projetos; ou para associar ativos complementares.

Diversos acadêmicos apresentaram em trabalhos prévios que empresas estabelecidas que entram em setores de rápido crescimento são mais propensas a optar por alianças estratégicas do que pelo desenvolvimento de suas capacidades internas ou por aquisições. As alianças representam a maneira mais flexível e reversível para se adaptarem e atenderem às rápidas mudanças tecnológicas e de mercado (Lambe & Spekman, 1997; Chang & Rosenzweig, 2001; Hennart, 1997).

O desenvolvimento interno está associado a um longo horizonte de tempo para desenvolvimento das capacidades necessárias para atuarem um novo segmento, que, por sua vez, está relacionado ao custo de oportunidade³ em uma indústria de alta taxa de crescimento (Sánchez-Peinado & Menguzzato-Boulard, 2009). Barney (1996) destaca que as alianças estratégicas tendem a ser selecionadas quando há necessidade de desenvolvimento de recursos e capacidades que dependem da trajetória da empresa (*path dependency*), são incertos ou socialmente complexos.

As aquisições, por sua vez, exigem um maior comprometimento de recursos e podem envolver o acúmulo de ativos indesejados pelas empresas (Anand et al., 2010) devido à dificuldade de separá-los daqueles desejados. Balakrishnan & Koza (1993) apontam que as alianças são mais interessantes do que as aquisições quando os adquirentes não conhecem o valor dos ativos desejados e correm o risco de pagamento excessivo por estes. Além disso, as alianças são veículos eficientes para reduzir as assimetrias de informação e fornecer flexibilidade em casos de maior incerteza, pois permitem reunir informações adicionais sobre o valor dos ativos do parceiro e rescindir o relacionamento a um custo relativamente menor (Hennart & Reddy, 1997).

Sánchez-Peinado & Menguzzato-Boulard (2009) se propuseram a analisar empiricamente o papel das alianças como um veículo de diversificação corporativa para empresas estabelecidas de grande porte. Os resultados empíricos forneceram evidências do importante papel que as alianças estratégicas desempenham como uma maneira de superar as barreiras de mercado e como instrumento de aprendizagem para possibilitar a

³ Custo de oportunidade é definido como o custo econômico de uma alternativa renunciada. Ou seja, o mais alto valor associado à alternativa não escolhida pode ser entendido como um custo da opção escolhida.

atuação em diferentes segmentos. Os autores apresentaram que, quanto maior o grau de diversificação da empresa (ou seja, quanto maior o número de mercados em que está inserida), maior a preferência por alianças estratégicas para acessar novos segmentos.

No entanto, o uso eficaz de alianças pode ser impedido devido à necessidade de proteção à propriedade intelectual (por exemplo, patentes) ou em função da natureza tácita⁴ da informação envolvida e aos riscos de disseminação associados à sua transferência. Por isso, neste caso, as empresas geralmente priorizam o desenvolvimento interno das competências necessárias para seu posicionamento em um novo segmento (King, Covin, & Hegarty, 2003; Sánchez-Peinado & Menguzzato-Boulard, 2009). Dessa forma, evitam comportamentos oportunistas de parceiros que desejam ter acesso ao conteúdo proprietário de seus ativos intangíveis (Chang & Rosenzweig, 2001).

Além disso, Barney(1996) apresenta que a opção pelo desenvolvimento interno ou pela formação de alianças estratégicas também pode estar associada às capacidades cooperativas das empresas. Há companhias com maior habilidade em gerenciar a articulação de recursos intra-organizacionais para explorar possíveis sinergias para facilitar o desenvolvimento interno. Enquanto há outras que têm maior capacidade em desenvolver colaborações inter-organizacionais, optando pela formação de alianças. Nesse caso, as escolhas estão relacionadas à cultura empresarial.

A aquisição costuma ser adotada quando a especificidade do investimento é alta em ativos fixos ou há necessidade de acesso a recursos superiores (por exemplo, competência tecnológica), que poderiam não ser replicáveis por meio de desenvolvimento interno ou não se apresentariam disponíveis através de alianças. Dessa forma, a aquisição é uma opção escolhida por diversas empresas estabelecidas para acessar de forma mais rápida novos domínios tecnológicos e/ou mercados (Sánchez-Peinado & Menguzzato-Boulard, 2009). Por outro lado, é uma maneira de diversificação repleta de riscos relacionados a pagamentos excessivos devido à incapacidade de avaliar totalmente o valor dos ativos adquiridos e aos desafios pós-aquisição, incluindo a integração organizacional (Chang & Rosenzweig, 2001). Além

⁴ O conhecimento tácito refere-se a todo capital intelectual ou capacidades físicas e habilidades que o indivíduo não pode articular, representar ou codificar completamente. Já o conhecimento explícito é o conhecimento aberto na forma de comunicação e pode ser codificado em documentos, livros, bancos de dados e relatórios (Hoarau & Kline, 2014).

disso, Barney(1996)apresenta que as aquisições podem estar sujeitas a restrições legais, como leis antitruste, para impedir a concentração do mercado.

A Tabela 1 apresenta os benefícios e riscos associados às formas de diversificação apresentadas.

Tabela 1 - Benefícios e Riscos das Formas de Diversificação

	Benefícios	Riscos
Desenvolvimento Interno	1) Proteção de propriedade intelectual e da natureza tácita da informação envolvida; 2) Domínio das capacidades desenvolvidas internamente;	1) Longo horizonte de tempo; 2) Custo de Oportunidade; 3) Maior comprometimento de recursos;
Alianças Estratégicas	1) Compartilhamento de riscos; 2) Acesso a recursos complementares ou ao know-how técnico; 3) Instrumento de Aprendizagem; 4) Possibilidade de rescindir a parceria a um custo comparativamente menor; 5) Menor comprometimento de recursos;	1) Possibilidade de comportamento oportunista por parte do parceiro de aliança; 2) Perda da capacidade de controle estratégico sobre o negócio;
Aquisição	1) Alta especificidade do investimento; 2) Acesso a recursos que seriam de difícil desenvolvimento interno ou não estariam disponíveis através de alianças;	1) Risco de pagamento excessivo aos ativos adquiridos; 2) Dificuldade de integração organizacional; 3) Acúmulo de ativos indesejados;

Fonte: Elaboração Própria a partir de Lambe & Spekman(1997); Chang & Rosenzweig (2001); Hennart (1997);Hennart & Reddy (1997); Anand et al. (2010); Balakrishnan & Koza (1993); Barney (1996); Sánchez-Peinado & Menguzzato-Boulard (2009).

2.4. A dinâmica de diversificação de empresas estabelecidas frente à ameaça da descontinuidade tecnológica

Relativamente poucos estudos focaram em analisar os movimentos posteriores à entrada de determinada empresa em um novo segmento. A maior parte dos trabalhos acadêmicos se dedicou a examinar a opção de diversificação escolhida pela companhia como um processo de tomada de decisão estático, no momento em que há o primeiro acesso da empresa ao novo negócio. Tal abordagem não reconhece que a diversificação

é um processo sequencial, consistindo em inúmeros investimentos feitos ao longo do tempo (Chang & Rosenzweig, 2001).

Conforme apresentado por Chang & Rosenzweig (2001), o modo de entrada inicial de uma empresa não explica suas subseqüentes formas de atuação. Ao longo do processo de entrada em um novo segmento, as empresas podem mudar suas formas de posicionamento devido ao acúmulo de experiência. Os modos de entrada que eram mais apropriados em circunstâncias iniciais podem se tornar menos adequados em uma conjuntura posterior.

Hamilton (1985, 1990) propôs um quadro analítico para identificar a dinâmica de posicionamento de empresas estabelecidas em segmentos que enfrentam a ameaça de uma descontinuidade tecnológica, para acessar mercados emergentes, apresentado a seguir.

2.4.1. Framework de Hamilton (1985, 1990)

Hamilton (1985, 1990), com base no comportamento de empresas estabelecidas em relação ao desenvolvimento da biotecnologia a partir dos anos 1970, identificou que, ao enfrentarem ameaças de tecnologias radicalmente novas, essas empresas podem buscar diferentes movimentos estratégicos, que dependem do grau de desenvolvimento da tecnologia emergente e do nível de comprometimento que a empresa estabelecida decide ter em relação à nova tecnologia.

O quadro analítico proposto por Hamilton (1985, 1990) sugere que as empresas possuem três formas de posicionamento estratégico para acessar tecnologias emergentes: “Abertura de Janelas”, “Criação de Opções” e “Estabelecimento de Posições”.

A estratégia de “**Abertura de Janelas**” trata de uma iniciativa de atuação voltada para o monitoramento da nova tecnologia para entender os possíveis impactos aos seus próprios negócios. Para isso, programas internos, como pesquisa exploratória e colaborações externas, como bolsas de pesquisa a laboratórios acadêmicos ou investimentos acionários minoritários em empresas emergentes, são utilizados de forma que a empresa comprometa o mínimo possível de seus recursos. As "estratégias de janela" são mais frequentes nos estágios iniciais do processo de inovação tecnológica.

A estratégia de “**Criação de Opções**” pode ser identificada quando a empresa deseja criar oportunidades para uma possível participação futura em determinada tecnologia emergente. Essa iniciativa de entrada exige maior comprometimento de recursos, já que a empresa necessita absorver o máximo de conhecimento tecnológico e de mercado para deliberar quanto aos seus futuros posicionamentos. Para isso, a empresa passa a focar no estabelecimento de contratos de P&D externos com ênfase nos resultados ou na formação de alianças do tipo *joint venture*, que permitam maior compartilhamento de riscos técnicos e comerciais.

A terceira forma de entrada apresentada por Hamilton (1985, 1990) é a de “**Estabelecimento de Posições**”, quando a possibilidade de comercialização da tecnologia já é mais evidente e a empresa busca formas de participação ativa na tecnologia emergente. Como esta opção estratégica exige um comprometimento de recursos ainda maior por parte da empresa, os movimentos mais perceptíveis são *joint ventures* com empresas detentoras de expertise ou licença tecnológica.

A Tabela 2 apresenta as principais parcerias estratégicas entre empresas estabelecidas e emergentes associadas a cada uma das opções de posicionamento estratégico das empresas estabelecidas.

Tabela 2 - Relação das principais parcerias estratégicas utilizadas por empresas estabelecidas associadas às opções estratégicas propostas por Hamilton

Tipo de Aliança	Estratégia			Comentários
	Janela	Opções	Posicionamento	
Auxílio a Pesquisa	√			Acesso à pesquisa pioneira. Benefícios proprietários limitados. Não é apropriado para P&D com metas.
Contrato de P&D	√	√	√	Complementar à P&D interno; mínimo comprometimento de recursos.
				Controle limitado; difícil transferência de tecnologia.
				Muito flexível: Foco pode variar da exploração à comercialização. Frequentemente associado a arranjos de licença.
Licença		√	√	Acesso antecipado a novos produtos/processos; investimento inicial limitado.
				Dependência de outros; custos a longo prazo podem ser altos.

				O foco muda de desenvolvimento técnico para de mercado.
Participação Acionária	√	√		Comprometimento requerido inicialmente limitado; algumas oportunidades para influenciar o direcionamento de P&D.
				Controle limitado; Dificil acesso à tecnologia
				Frequentemente associado a contratos de P&D/arranjos de licença. Pode levar à aquisição em longo prazo.
<i>Joint venture</i>		√	√	Riscos técnicos e comerciais compartilhados; Aproveita ao máximo as forças (competências) complementares.
				Potencial de conflito entre os parceiros. Pode requerer comprometerimentos financeiros e pessoais significativos.
				O foco muda do desenvolvimento para a comercialização.

Fonte: Hamilton (1985)

É interessante observar que, à medida que a tecnologia avança para a comercialização, tanto a empresa estabelecida quanto a emergente tendem a buscar a internalização dos ativos complementares, que até então eram de exclusividade de seus parceiros de aliança. Com o avanço tecnológico, verifica-se uma maior ruptura das alianças, já que, com a redução da incerteza associada ao sucesso comercial do produto/processo ofertado, o benefício de compartilhamento de riscos não faz mais tanto sentido para as empresas envolvidas (Hamilton, 1990).

Além disso, quanto mais as empresas aprofundam seu foco comercial e aumentam seu comprometimento em mercados selecionados, as alianças frequentemente apresentam problemas de flexibilidade, controle e proteção tecnológica. Assim, com o passar do tempo, há uma tendência à redução dos incentivos para colaboração entre as firmas estabelecidas e emergentes (Hamilton, 1990).

Uma questão crítica para a empresa estabelecida diz respeito à escolha do momento para formar parceria com uma empresa emergente. De acordo com Rothaermel & Boeker (2008), a escolha antecipada de um parceiro permite que a empresa estabelecida forme parceria com novas empresas de tecnologia antes que estas comecem a se associar a outras empresas rivais ou que o valor da nova tecnologia se torne inacessível.

Por outro lado, no início do processo de inovação tecnológica, a associação a parceiros relativamente jovens pode criar uma aliança infundida de incerteza. Com o passar do tempo, a empresa estabelecida tem maior capacidade de avaliar o desempenho do potencial novo parceiro de tecnologia e sua capacidade de contribuir para o valor criado por uma potencial aliança.

Conforme apresentado, além do momento de entrada em um segmento emergente, também cabe à empresa a decisão do quanto deseja se comprometer para explorar a nova tecnologia. O nível de comprometimento está relacionado principalmente ao volume de recursos tangíveis e intangíveis que a empresa está disposta a direcionar para se posicionar no segmento de interesse, que, por sua vez, está associado às opções estratégicas apresentadas por Hamilton (1985). Dessa forma, a dinâmica de entrada em um novo segmento não obedece necessariamente a forma sequencial de evolução das estratégias de posicionamento. Quando a empresa percebe a necessidade de se envolver com o desenvolvimento de determinada tecnologia emergente, pode se posicionar através de estratégias de “Abertura de Janelas”, “Criação de Opções” ou de “Estabelecimento de Posições”. Ou seja, a empresa pode optar por entrar no novo segmento já criando opções ou estabelecendo posições. Além disso, também existe a possibilidade de a companhia optar por uma única estratégia de posicionamento ao longo de seu envolvimento com a nova tecnologia, podendo direcionar seus esforços apenas para o monitoramento do mercado ou até para seu estabelecimento de posição no segmento.

Tendo em vista as diversas opções estratégicas que podem ser adotadas pelas empresas estabelecidas para se posicionarem em um segmento emergente, deseja-se entender como ocorre a dinâmica de posicionamento das petroleiras frente ao desenvolvimento tecnológico de fontes alternativas de energia. Para tanto, os conceitos discutidos no presente referencial teórico são utilizados para desenvolvimento da análise apresentada.

2.5. Contextualização histórica da indústria de O&G

A evolução do preço do petróleo sempre produz desdobramentos importantes de ordem macroeconômica, pautando as estratégias de sustentação das megaempresas operadoras de petróleo e o horizonte de crescimento de todas as outras fontes de energia, convencionais ou alternativas. Nesse sentido, abaixo é apresentada uma breve contextualização histórica da indústria de O&G desde 1860 até os dias hoje, obtida do livro *Economia da Energia* (Junior et al., 2016).

A década de 1860 marcou o início da exploração de petróleo de forma mais estruturada nos EUA por empresas que se dedicavam à produção mais rápida e em maior quantidade possível, levando poços à exaustão prematura. A concorrência anárquica gerou flutuações de preços e de produção, não dando sustentação ao negócio petrolífero. No entanto, é importante ressaltar que essa fase trouxe avanços significativos para a indústria de O&G, como a introdução de técnicas de refino, novos métodos de perfuração, além de o desenvolvimento de uma estrutura de transporte da indústria ao mercado consumidor compatível com a chegada da revolução industrial.

A partir de 1870, inicia-se a fase de monopólio do grupo Standard Oil Company, de John Rockefeller, nos EUA, responsável pela introdução de novos processos que melhoraram a qualidade e produtividade de derivados, reduzindo custos de produção através de economias de escala. Além disso, a companhia se destacou pelo uso da estratégia de verticalização da indústria de O&G, integrando as etapas de exploração, refino, distribuição e comercialização de derivados de petróleo. Esse cenário levou à queda de rentabilidade de outras empresas de menor escala de produção, resultando na compra de muitas destas pelo grupo Standard Oil Company. Com o domínio de preços do *upstream* ao *downstream*, a companhia também foi capaz de erigir enormes barreiras à entrada de novas empresas na indústria.

Em 1911, em decorrência de grandes insatisfações sociais e políticas quanto aos excessos cometidos pelo grupo, a Suprema Corte Federal dos Estados Unidos decidiu pelo desmantelamento do monopólio, ordenando a criação de 33 novas empresas menores, das quais emergiram a Exxon, Chevron, Atlantic, Mobil e a Amoco, mas continuavam no controle das empresas de Rockefeller.

Além de Rockefeller, os irmãos Robert e Ludwig Nobel exploraram petróleo na região do Azerbaijão, fornecendo seus derivados para o mercado europeu no período de 1880 a 1905. A Royal Dutch Shell nasceu nesse mesmo período resultante da aliança entre uma empresa britânica e uma holandesa, que foi responsável pelo controle de 75% da produção petroleira mundial fora do mercado americano.

Entre 1911 e 1928, as grandes corporações americanas e européias iniciaram uma disputa para explorar os campos de petróleo no Oriente Médio. A rivalidade empresarial inaugurou uma fase de alta competição oligopolista na Indústria Mundial de Petróleo, aumentando a procura por novas jazidas na América Latina, no Oriente Médio e na Ásia.

Com o avanço tecnológico e o aumento da demanda de gasolina e óleo Diesel, grandes empresas de petróleo ingressaram nas vendas no varejo através da multiplicação dos postos de abastecimento. Dessa forma, a indústria de petróleo começou a identificar a necessidade de estruturar a política de preços através do controle do suprimento de petróleo cru para evitar a sobreprodução e guerra de preços. Para isso, os sistemas de concessão e *consortia* foram implementados.

O sistema de concessão foi um instrumento jurídico concebido para estabelecer uma forma de governos de países detentores de reservas de petróleo fornecerem o direito a empresas estrangeiras à exploração e venda de petróleo em seu território a preços discriminados pelo Estado, em troca de uma compensação financeira (*royalty*). Já o sistema de *consortia* surgiu para regular as relações entre empresas com interesse em explorar determinada região com potencial de produção de petróleo. O Iraq Petroleum Company, consórcio fundado em 1928, possibilitou o acesso de empresas americanas e européias ao Oriente Médio, além de tornar referência para formação de associações empresariais em outras regiões da indústria.

Essas inovações sistêmicas culminaram em negociações realizadas no Castelo de Achnacarry em 1928 para estabelecer cotas de produção, ajustamentos para equilibrar o comércio de cru e derivados, definição de preços e controle do acesso de novos entrantes na indústria. Essa fase marcou o início do reinado das Sete Irmãs (*majors*) na Indústria de Petróleo. Esse cartel tinha como objetivos principais a maximização de receitas no curto prazo e a organização da competição marginal no médio e longo

prazos. Para isso, realizava o controle de sua própria oferta, para evitar possíveis flutuações pronunciadas dos preços e a concorrência predatória, mantendo posições competitivas dominantes. Em 1950, as *majors* detinham 65% das reservas mundiais de petróleo, excluindo os países denominados socialistas à época.

O pós-segunda guerra mundial marcou a desestabilização do cartel formado pelas Sete Irmãs. Houve o surgimento de novas empresas estatais e a nacionalização da indústria de petróleo, o retorno do petróleo russo ao mercado europeu na década de 1950, a criação da OPEP em 1960 em função da redução de preços praticada pelas *majors*, a internacionalização de companhias americanas que não faziam parte das *majors* e o surgimento de novos produtores na Ásia e na África.

O primeiro choque do petróleo ocorreu em 1973, durante a guerra do Yom Kippur, quando os países árabes ameaçaram as nações que apoiassem Israel com uma redução mensal de 5% nas exportações, configurando um dos primeiros casos concretos de uso do petróleo como arma política. Com a restrição da venda e o agravamento da situação, ocorreu o aumento da cotação de petróleo US\$ 2,9/b para US\$ 11,65/b, e a economia dos países importadores foi diretamente impactada.

Com a escalada de preços, membros da Organização para a Cooperação do Desenvolvimento Econômico (OCDE) apostaram na elaboração de políticas energéticas voltadas para a redução da dependência do petróleo e de seus derivados. Ainda assim, os países exportadores permaneciam captando grandes montantes financeiros com a venda do barril a US\$ 12. Devido à incipiência dos mercados financeiros domésticos dos países da OPEP, os lucros das vendas de petróleo eram direcionados para as principais praças financeiras internacionais dos EUA, Europa e Japão. Esse cenário possibilitou a abundância de oferta de crédito no mercado internacional, reduzindo substancialmente as taxas de juros internacionais e favorecendo a captação de empréstimos por países em desenvolvimento.

O segundo choque do petróleo iniciou em 1978 devido à guerra entre Irã e Iraque, dois grandes produtores de petróleo, que reduziram drasticamente seus níveis de exportação. Com a redução da oferta, os preços do barril subiram ainda mais, ultrapassando o patamar de US\$ 30 em 1980. Os países importadores voltaram a se preocupar com a

instabilidade no cenário geopolítico e passaram a adotar medidas mais severas para diversificar sua matriz energética, reduzindo sua dependência do petróleo.

Em 1982, o preço do barril de petróleo voltou a cair e a Arábia Saudita passou a atuar como *swing producer*, ou seja, reduzindo sua cota de produção de forma a evitar uma queda mais acentuada nos preços. Com isso, houve uma redução drástica do *market share* da OPEP na oferta mundial de petróleo no período, caindo de 50% nos anos 1970 para um patamar inferior a 30% na década seguinte. Os preços do petróleo voltaram a cair em meados da década de 1980 com o fim da atuação da Arábia Saudita como *swing producer*.

Devido às flutuações do barril de petróleo nesse período, diversos países não pertencentes à Organização (NOPEP) começaram a identificar a necessidade de implementar políticas de valorização dos recursos petrolíferos nacionais (Noruega, Grã-Bretanha, México, Brasil, Colômbia, entre outros). Com isso, houve uma redução da necessidade de importação e a diversificação da oferta mundial. Além disso, os países importadores começaram a aplicar algumas regulamentações ambientais para acelerar o desenvolvimento de fontes alternativas de energia e diversificação de seu portfólio energético. Entre 1979 e 1983, foi registrada a queda da demanda mundial de petróleo de 6,5 mbd. Dessa forma, o poder de mercado dos países da OPEP foi sendo progressivamente reduzido, perdendo sua capacidade de regular os preços do barril de petróleo.

Além disso, as inovações tecnológicas voltadas para os processos de automação tiveram um papel importante para o desenvolvimento de companhias NOPEP através da racionalização de custos. Dessa forma, foram criadas assimetrias competitivas em relação aos países da OPEP e estes últimos passaram a enfrentar uma forte redução de suas receitas de exportação.

Outra situação que impactou a forma de regulação de preços da IMP foi o aumento da comercialização de petróleo através do mercado *spot*, substituindo os contratos de longo prazo. Assim, a volatilidade do preço do barril de petróleo no mercado internacional passou a ser um elemento inerente à IMP.

Em função desse cenário de flutuação de preços, foram definidas “bandas” para os preços do barril oscilarem sem que os agentes reguladores necessitassem intervir. Os

limites superior e inferior de preços eram definidos por inúmeros fatores e podiam mudar ao longo do tempo. Dessa forma, quando o barril do petróleo ultrapassava o patamar superior de preço, esses agentes reagiam para enquadrá-lo dentro da “banda” definida através de ações para o incentivo ao desenvolvimento de fontes de energia alternativas e aumento da oferta de petróleo com a exploração de novos campos. Se o preço do barril decaía abaixo do limite inferior, ações para reduzir a oferta de petróleo no mercado eram estabelecidas. Nesse sentido, ao longo da década de 1990, foram verificadas poucas oscilações de preços que ultrapassavam os limites da banda.

Desde a virada do século, verifica-se que os preços assumiram uma trajetória ascendente, atingindo recordes históricos, em termos nominais, em 2008, ultrapassando a barreira dos US\$145 por barril e retornando a patamares inferiores a US\$50 por barril em 2015. O crescimento da demanda mundial de petróleo entre 2000 e 2005, principalmente devido ao aumento de consumo pela China e pelos EUA, culminou na escalada de preços até 2008. Em janeiro de 2009, a cotação do barril de petróleo decaiu para US\$ 50 em função da crise do *sub-prime*. Como houve uma deterioração no quadro de crescimento mundial, com a escassez de crédito e queda da intenção de consumo, algumas indústrias reduziram seus investimentos e cortaram parte da demanda por petróleo, pressionando os preços para baixo.

Em meados de 2009, o barril de petróleo atingiu um patamar relativamente estável de preço na margem dos US\$ 80-100, se mantendo com ligeiras flutuações até setembro de 2014. Isso se deveu a um período de turbulências no mundo árabe (primavera árabe e o seu impacto na Líbia, um dos grandes produtores; sanções ao Irã), que levaram à redução de oferta do recurso mineral no mercado. No fim de 2014, é possível identificar uma nova queda do preço do barril, que pode ser associada à drástica redução de importação de petróleo pelos EUA devido ao aumento expressivo de produção interna através das tecnologias de perfuração e fraturamento hidráulico. Com isso, a oferta de petróleo no mercado passou a superar a demanda, o que contribuiu para justificar as contínuas quedas no preço do barril até 2016. Após esse período, as cotações do barril voltaram a apresentar determinado aumento, porém muito inferiores aos registrados anteriormente, atingindo US\$ 75 em junho de 2018.

2.6. Breve histórico do desenvolvimento tecnológico das fontes alternativas de energia e tecnologia CCS

2.6.1. Energia Solar

O primeiro grande passo na tecnologia de painéis solares veio quando Alexandre Becquerel observou o efeito fotovoltaico em 1839, que ocorre quando um material produz corrente elétrica quando exposto à luz. Na década de 1880, as primeiras células solares foram construídas através da observação de que uma superfície sólida (geralmente metálica) poderia emitir elétrons quando submetida à luz solar (Baker, n.d.). No entanto, a tecnologia de painéis solares se tornou conhecida apenas em 1904 quando Albert Einstein publicou um artigo sobre o efeito fotoelétrico (Garg, 2012).

Entre 1953 e 1956, pesquisadores da Bell Laboratories descobriram que o silício era mais eficiente que o selênio, criando a primeira célula solar prática - com 6% de eficiência. Em 1956, a Western Electric começou a vender licenças comerciais para suas tecnologias fotovoltaicas de silício, mas os custos proibitivos das células solares de silício a tornavam muito pouco competitiva (Baker, n.d.).

Na década de 1970, em função do aumento do preço do petróleo, a demanda por energia solar aumentou. A Exxon Corporation financiou pesquisas para reduzir os custos de produção de células solares de silício, reduzindo os custos de US\$ 100 por watt para US\$ 20 a US \$40 por watt. O governo federal dos EUA também aprovou várias leis e iniciativas favoráveis ao meio ambiente e em 1991 criou o Laboratório Nacional de Energia Renovável (NREL – National Renewable Energy Laboratory) em 1977 (Baker, n.d.; Garg, 2012).

Em 1994, o NREL foi responsável pelo desenvolvimento de uma nova célula solar a partir de fosforeto de gálio-índio e arsenieto de gálio que excedia 30% de eficiência de conversão. No final do século, o laboratório criou células solares de filme fino capazes de converter 32% da luz solar coletada em energia utilizável (Baker, n.d.).

Em 2015, células solares extremamente finas foram fabricadas pela primeira vez usando uma impressora industrial e transformadas em produtos como telhas. Elas têm 20% de eficiência de conversão de energia, com capacidade de geração de até 50 watts por metro quadrado, tornando o custo da energia solar residencial muito mais acessível,

principalmente para os países em desenvolvimento. No ano seguinte, equipes de pesquisa da Universidade da Califórnia, em Berkeley, e da Universidade Nacional da Austrália descobriram novas propriedades do nanomaterial das células solares. Uma dessas propriedades é chamada dispersão hiperbólica magnética, o que significa que o material brilha quando aquecido. Se combinado com células termofotovoltaicas, pode ser capaz de transformar calor em eletricidade sem a necessidade de luz solar (Baker, n.d.).

A Figura 1 apresenta o crescimento dos investimentos e da capacidade instalada do mercado global de painéis solares fotovoltaicos desde 2004.

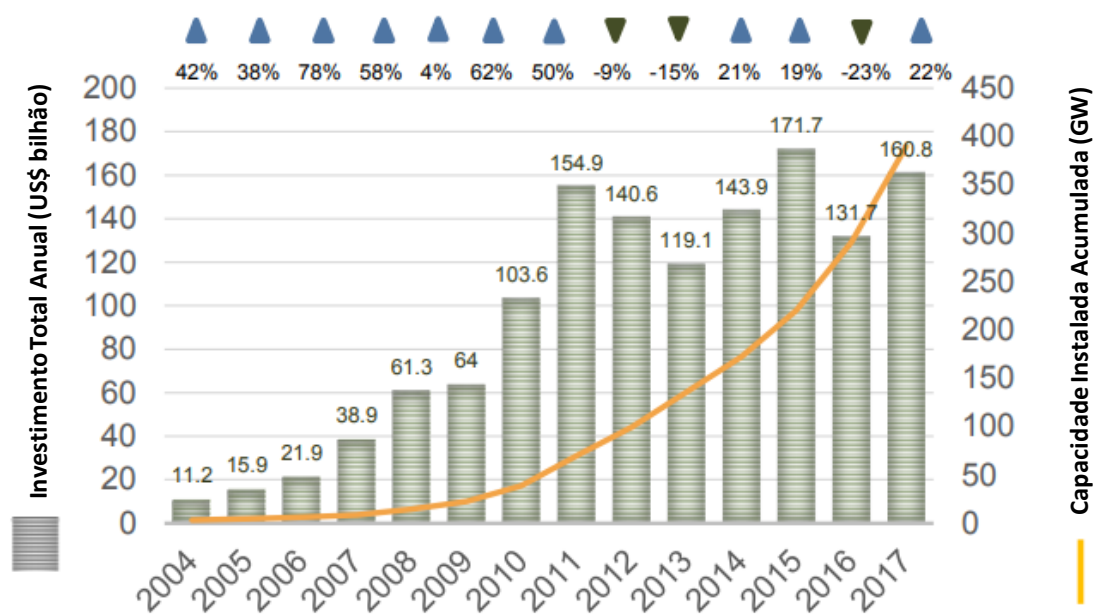


Figura 1 – Gráfico do aumento dos investimentos e da capacidade instalada no mercado de painéis solares

Fonte: Adaptado de Cherradi (2018)

2.6.2. Energia Eólica

As atividades de P&D voltadas para o aproveitamento da energia eólica como fonte alternativa de energia intensificaram-se de forma significativa após o choque petrolífero de 1973, principalmente na Europa e nos EUA, conduzindo à formação dos primeiros consórcios entre empresas Americanas e Européias para o desenvolvimento de turbinas eólicas de grande potência no início da década de 1980. As primeiras turbinas eólicas comerciais instaladas na Europa e nos EUA no início da década de 1980 tinham potências nominais situadas na gama de 50 a 100 kW e diâmetros de 10 a 20m (Falani

et al., 2015). Em 1980, o primeiro parque eólico é construído nos EUA, consistindo de 20 turbinas, porém a instalação foi considerada um fracasso, já que as turbinas desmoronam e os desenvolvedores superestimaram o recurso eólico.

A década de 1990 foi marcada pelo aumento das preocupações do público em relação ao aquecimento global, aumentando o interesse geral por energia renovável. Em 1991, os primeiros parques eólicos *onshore* são inaugurados na Dinamarca e no Reino Unido. Em 1992, a *Energy Policy Act* nos EUA anuncia um crédito fiscal de produção de 1,5 centavos de dólar por kWh de eletricidade gerada por energia eólica (Tajne, 2015).

A experiência positiva na operação de pequenas turbinas em conjunto com os resultados dos programas de P&D potencializou o crescimento continuado das turbinas eólicas comerciais. O enorme desenvolvimento tecnológico, que passou a ser liderado pela indústria do setor estimulada por mecanismos institucionais de incentivo, juntamente com o crescimento da produção em massa tornou possível o desenvolvimento de técnicas de construção de turbinas cada vez mais robustas (Falani et al., 2015). Em 2003, o primeiro parque eólico offshore foi instalado no Reino Unido a 7-8 km da costa (The Guardian, 2008).

Atualmente a tecnologia da energia eólica é considerada uma tecnologia madura e amplamente disseminada. Consequentemente, o aproveitamento da energia eólica apresenta uma escala significativa em termos de geração, eficiência e competitividade sustentável ao nível do setor elétrico e da indústria. O aumento da potência nominal das turbinas é traduzido num melhor aproveitamento das infra-estruturas elétricas e de construção civil com reduções graduais e significativas no custo da potência instalada e consequentemente no custo da energia elétrica gerada (Falani et al., 2015).

Novas possibilidades voltadas para projetos de turbinas eólicas são continuamente exploradas e estão concentradas principalmente em projetos de pás de baixo peso com melhores características aerodinâmicas. Isso permitiria turbinas eólicas de maior desempenho (que também aproveitam as velocidades mais baixas do vento) com maior confiabilidade e melhor compatibilidade para se conectar às redes de distribuição de energia. No geral, a indústria de energia eólica obteve grandes avanços nas últimas duas décadas, contribuindo para o aumento da participação das fontes de energia renovável na matriz energética (Right, 2011). A Figura 2 apresenta a evolução do rotor das

turbinas eólicas *onshore* e *offshore*, que pode ser atribuída a inovações de materiais, design e logística, permitindo maior eficiência na geração de energia elétrica (Gerrity, 2012).

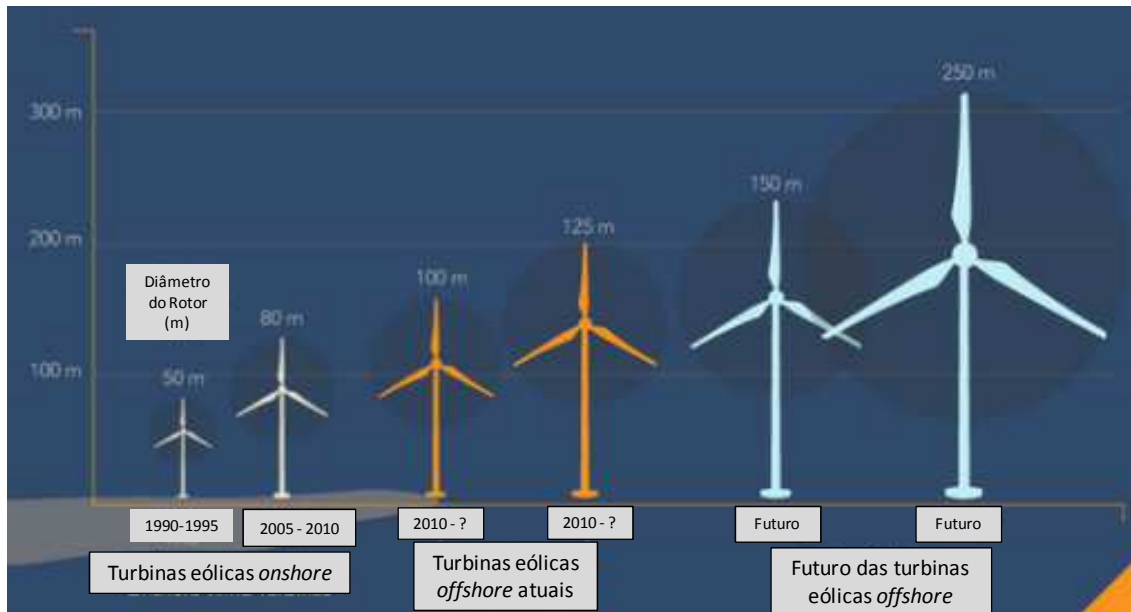


Figura 2 – A evolução da tecnologia da turbina eólica ao longo do tempo

Fonte: Adaptado de Gerrity (2012)

2.6.3. Hidrogênio

A história do hidrogênio como combustível está diretamente relacionada ao desenvolvimento de células a hidrogênio. Por isso, no presente subitem é apresentado o histórico do desenvolvimento de células combustíveis para a utilização de hidrogênio como fonte de energia de veículos.

O conceito de células combustíveis foi demonstrado pela primeira vez no início do século XIX por Humphry Davy. Em 1839, William Grove realizou uma série de experimentos com uma “bateria de gás voltaico”, provando que a corrente elétrica poderia ser produzida a partir de uma reação eletroquímica entre hidrogênio e oxigênio sobre um catalisador de platina. O termo célula combustível foi usado pela primeira vez em 1889 por Charles Langer e Ludwig Mond, que pesquisaram células combustíveis usando gás de carvão como combustível (Fuel Cell Today, n.d.).

Em 1932, Francis Bacon modificou os equipamentos de Mond e Langer para desenvolver a primeira célula combustível alcalina (AFC), mas foi somente em 1959 que Bacon demonstrou um sistema prático com capacidade de 5 kW. A Figura 3 apresenta o esquema de operação de uma célula combustível alcalina. Mais ou menos na mesma época, Harry Karl Ihrig adaptou uma célula modificada de 15 kW de Bacon a um trator agrícola da Allis-Chalmers. A Allis-Chalmers, em parceria com a Força Aérea dos EUA, desenvolveu posteriormente vários veículos movidos a célula de combustível (Fuel Cell Today, n.d.).

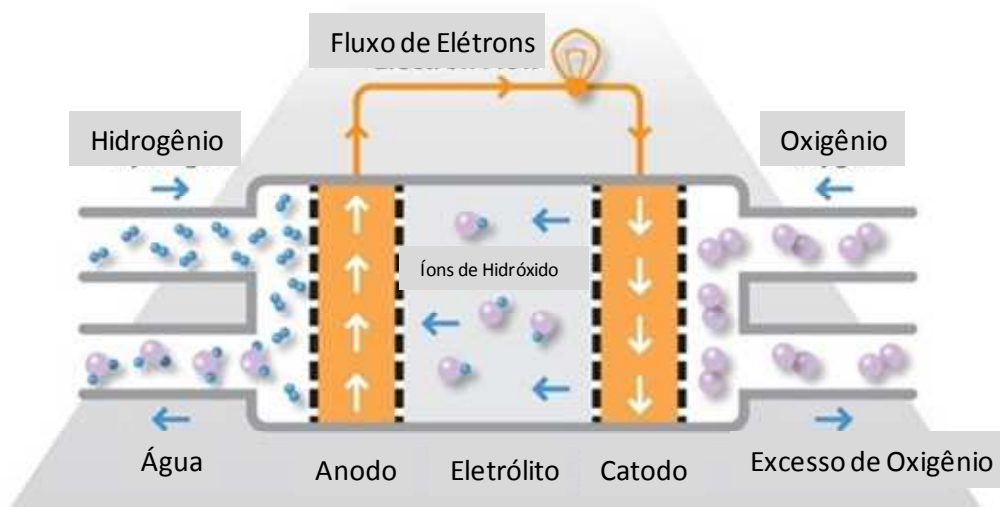


Figura 3 – Esquema de operação de uma célula combustível alcalina (AFC)

Fonte: Adaptado de Fuel Cell Today (n.d.).

No final da década de 1950 e início de 1960, a NASA, em colaboração com parceiros industriais, começou a desenvolver geradores de células de combustível para missões espaciais tripuladas. A International Fuel Cells (IFC, posteriormente UTC Power) desenvolveu uma AFC de 1,5 kW para uso nas missões espaciais Apollo (Fuel Cell Today, n.d.).

A década de 1970 foi marcada pelos embargos de petróleo da OPEP e pela crescente conscientização ambiental entre governos, empresas e indivíduos, levando os EUA a sancionarem a lei “Clean Air Act”, que deu início a discussões sobre a necessidade de geração de combustíveis automotivos menos poluentes. Com o aumento das preocupações relativas à segurança energética e à mudança climática, diversos fabricantes de veículos alemães, japoneses e norte-americanos e seus parceiros

passaram a se envolver ativamente com o desenvolvimento de células combustíveis mais eficientes (The Environmental Literacy Council, n.d.).

A recessão econômica global do final dos anos 2000 teve efeitos negativos para certas empresas de células de combustível. A disponibilidade limitada de crédito e as restrições no financiamento do governo, bem como a falta de lucratividade para as organizações que ainda estavam concentradas principalmente em P&D, fizeram com que várias empresas saíssem do mercado (Fuel Cell Today, n.d.).

Atualmente, existem milhares de sistemas fixos de células de combustível em todo o mundo gerando energia para uma ampla variedade de aplicações industriais e comerciais. No entanto, o uso de células combustíveis por veículos ainda está distante de ser popularizado, pois há uma série de obstáculos relacionados ao custo, infraestrutura e armazenamento de hidrogênio. Além disso, embora a geração de energia pelas células combustíveis ocorra de forma limpa, já que nenhum poluente é emitido na conversão de hidrogênio em eletricidade, a maior parte das plantas de produção de hidrogênio ainda emite gás carbônico, contribuindo para o aquecimento global (The Environmental Literacy Council, n.d.).

2.6.4. Biocombustíveis

Os biocombustíveis são utilizados desde os primeiros estágios da revolução industrial para acionamento de lâmpadas e dos motores de combustão interna. A mudança do biocombustível para produtos petrolíferos como o querosene e a gasolina como fonte primária de combustível ocorreu na década de 1860 para as lâmpadas a óleo e, no início do século XX, para os combustíveis automotivos. A mudança foi gradual na Europa, mas rápida nos EUA devido a diferenças nas políticas fiscais (Kovarik, 2013).

Na década de 1970, os biocombustíveis voltaram a se destacar no cenário político-econômico, quando os embargos árabes de petróleo estimularam os investimentos nacionais de países dependentes do combustível fóssil em segurança energética. No Brasil, foi lançado o Programa Nacional Proálcool, que envolvia a mistura obrigatória de cerca de 20% de etanol na gasolina, incentivando o desenvolvimento da indústria nacional de álcool. Com o avanço do Programa, no final da década de 1970, foram desenvolvidos motores ciclo Otto para veículos de passeio, movidos exclusivamente a

etanol, o que aumentou vertiginosamente o número de carros movidos a álcool que circulavam pelo país (Macedo, 2015). Além disso, nesta mesma época, os EUA sancionaram a lei federal “Clean Air Act”, que deu início a discussões sobre a necessidade de gerar combustíveis automotivos menos poluentes (EPA, n.d.).

No início do século XXI, as preocupações globais quanto aos alertas sobre a mudança climática, biodiversidade e sustentabilidade aumentaram a notoriedade dos biocombustíveis, ampliando as pesquisas para seu desenvolvimento tecnológico e debates sobre políticas para maior incentivo à sua utilização. Além disso, também surgiu a polêmica “*Food x Fuels*”, que questiona o uso de terras férteis para produção de combustível e que poderiam ser destinadas à produção de alimentos. Com isso, o desenvolvimento de biocombustíveis a partir de matérias-primas celulósicas passou a ser incentivado, já que poderia utilizar resíduos da agricultura para sua produção.

O desenvolvimento de biocombustíveis vem progredindo de forma constante ao longo de mais de um século, concentrado em áreas de agricultura, engenharia automotiva, química e genética. A pesquisa nesta área pode ser dividida em: 1) otimização da produção de recursos de biomassa agrícola, florestal e aquática; 2) aumento da conversão das culturas tradicionais de amido e açúcar (primeira geração) e celulósicas (segunda geração) por métodos bioquímicos, térmicos e biotecnológicos; 3) intervenção genômica para produção de plantas que possuam propriedades mais apropriadas para conversão em bioprodutos; e 4) testes de biocombustíveis para aumentar a compatibilidade com motores automotivos e modelagem das emissões de carbono (Kovarik, 2013).

2.6.5. Tecnologia CCS

A idéia básica da tecnologia de Captura e Armazenamento de Carbono (CCS – *Carbon Capture and Storage*) foi sugerida pela primeira vez em 1977. Desde a década de 1920, a tecnologia de captura de carbono tem sido usada para separar o CO₂ encontrado em alguns reservatórios de gás natural do gás metano vendável. Porém, apenas na década de 1970, uma corrente de CO₂ proveniente de uma instalação de processamento de gás do Texas (EUA) foi direcionada para um campo de petróleo próximo e injetada para aumentar a recuperação de petróleo. Esse processo, conhecido como EOR (Enhanced Oil Recovery - Recuperação Avançada de Petróleo), vem sendo amplamente utilizado

para reinjeção tanto do CO₂ proveniente dos próprios reservatórios subterrâneos quanto de correntes de carbono capturadas de instalações industriais (IEA GREENHOUSE, n.d.).

A tecnologia CCS é apontada como fundamental pelos órgãos ambientais para combater as alterações climáticas caso o uso intensivo de fontes fósseis de energia seja mantido (Queiroz, 2016). A IEA estima que o amplo desenvolvimento das tecnologias com baixas emissões de carbono possam reduzir as emissões previstas para 2050 para metade dos níveis verificados em 2005 e que a tecnologia CCS pode contribuir com cerca de um quinto destas reduções com uma tecnologia de menor custo (Gaspar, 2014).

No entanto, as petroleiras contam com recursos governamentais para possibilitar o desenvolvimento de projetos voltados para a captura e armazenamento subterrâneo de carbono, mas as dificuldades financeiras de muitos governos contribuem para a postergação desses projetos (Queiroz, 2016). De acordo com Gaspar (2014), há uma necessidade urgente de uma liderança pró-ativa, tanto na regulação quanto nos meios políticos, de forma a criar estímulo a novos investimentos em negócios de CCS.

3. Metodologia

O objetivo deste capítulo é descrever a metodologia utilizada para analisar a dinâmica estratégica das empresas de petróleo selecionadas em relação a fontes renováveis de energia e tecnologias para redução das emissões de carbono.

3.1. Período de Análise

Primeiramente, foi definido o período no qual os movimentos estratégicos das companhias de petróleo seriam analisados. O ano de **1997** foi tomado como base, pois foi marcado pela assinatura do Protocolo de Kyoto, quando 37 países industrializados se comprometeram a reduzir suas emissões de gases de efeito estufa em uma média de 5% em relação aos níveis de 1990 no período de 2008 a 2012 (UNFCCC, 2018). Dessa maneira, o desenvolvimento de projetos com abordagem sustentável para a redução das emissões de CO₂ seria encorajado, fosse através de incentivos públicos ou pelas próprias empresas temendo impacto financeiro às suas operações. O ano final de análise foi de **2017**, último ano em que todos os relatórios anuais oficiais (Formulários 10-K⁵ e 20-F⁶) das empresas de petróleo analisadas se encontravam disponíveis.

3.2. Seleção das empresas a serem analisadas

Após a definição do período de análise, foram escolhidas as quatro petroleiras que seriam estudadas na presente dissertação: **Royal Dutch Shell, BP, ExxonMobil e Chevron**. Essas companhias foram selecionadas por terem sido classificadas ao longo do período de análise como as maiores empresas privadas da Europa (Shell e BP) e dos EUA (ExxonMobil e Chevron). Pretende-se, dessa forma, identificar os principais posicionamentos e percepções dessas companhias no segmento de energia alternativa, assim como suas divergências de comportamento em função de origem geográfica. Vale ressaltar que a escolha de empresas privadas foi com o intuito de desassociar os

⁵ O Formulário 10-K é um relatório anual exigido pela Comissão de Valores Mobiliários dos EUA (SEC), que fornece um resumo abrangente do desempenho financeiro de uma empresa americana. O 10-K inclui informações como histórico da empresa, estrutura organizacional, remuneração de executivos, patrimônio líquido, subsidiárias e demonstrações financeiras auditadas, entre outras informações (U.S. Securities and Exchange Commission, 2009).

⁶ O Formulário 20-F é um relatório anual exigido pela Comissão de Valores Mobiliários dos EUA (SEC) de empresas estrangeiras com ações negociadas nas bolsas de valores nos EUA. Neste relatório constam resultados financeiros, operacionais, fatores de risco e o andamento dos investimentos e projetos da empresa, assim como projeções e expectativas para os próximos anos (U.S. Securities and Exchange Commission, 2018).

movimentos de questões políticas. Diferente das estatais, que são controladas pelos governos como acionista majoritário, as empresas privadas são constituídas por membros societários físicos ou jurídicos, que não mantenham relacionamento com órgãos do governo. Essas empresas estão sujeitas às pressões e movimentos de seus investidores privados.

As empresas de petróleo escolhidas figuram entre as dez maiores empresas de petróleo do mundo desde 1997 na lista disponibilizada anualmente pela revista Fortune com as 500 maiores empresas do mundo (Fortune, 2018), conforme apresentado na Tabela 3. A classificação realizada pela Fortune é com base na receita total para seus respectivos exercícios fiscais encerrados até 31 de março do respectivo ano em que a lista é divulgada.

Conforme apresentado por Britto(2013), as empresas procuram reinvestir os lucros obtidos de seus processos produtivos para alcançar novas oportunidades de mercado. Portanto, as empresas com maiores receitas, teoricamente, manifestariam maior interesse na expansão de seus negócios.

Tabela 3 - Ranking das dez maiores empresas de óleo & gás desde 1997

	1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º	9º	10º
1997	Royal Dutch/Shell Group	Exxon Corporation	The British Petroleum p.l.c.	Mobil Corporation	Texaco Inc.	Elf Aquitaine	ENI S.p.A.	Chevron Corporation	Petroleos de Venezuela, S.A.	SK
1998	Exxon Corporation	Royal Dutch/Shell Group	BP Amoco p.l.c.	Mobil Corporation	Elf Aquitaine	China Petrochemical Corp.	ENI S.p.A.	Texaco Inc.	SK	Total Fina S.A.
1999	Exxon Mobil Corporation	Royal Dutch/Shell Group	BP Amoco p.l.c.	Total Fina Elf S.A.	China Petrochemical Corp.	Elf Aquitaine	Texaco Inc.	ENI S.p.A.	Chevron Corporation	Petroleos de Venezuela, S.A.
2000	Exxon Mobil Corporation	Royal Dutch/Shell Group	BP p.l.c.	Total Fina Elf S.A.	Petroleos de Venezuela, S.A.	Texaco Inc.	Chevron Corporation	China Petrochemical Corp.	ENI S.p.A.	Repsol YPF
2001	Exxon Mobil Corporation	BP p.l.c.	Royal Dutch/Shell Group	ChevronTexaco Corporation	Total Fina Elf S.A.	Petroleos de Venezuela, S.A.	ENI S.p.A.	China Petrochemical Corp.	Repsol YPF	Marathon Oil Corporation
2002	Exxon Mobil Corporation	Royal Dutch/Shell Group	BP p.l.c.	Total	ChevronTexaco Corporation	ConocoPhillips	ENI S.p.A.	China National Petroleum	China Petrochemical Corp.	SK
2003	BP p.l.c.	Exxon Mobil Corporation	Royal Dutch/Shell Group	Total	ChevronTexaco Corporation	ConocoPhillips	ENI S.p.A.	China National Petroleum	China Petrochemical Corp.	Petroleos de Venezuela, S.A.
2004	BP p.l.c.	Exxon Mobil Corporation	Royal Dutch/Shell Group	Total S.A.	Chevron Corporation	ConocoPhillips	China Petrochemical Corp.	ENI S.p.A.	China National Petroleum	Valero Energy Corporation
2005	Exxon Mobil Corporation	Royal Dutch Shell plc	BP p.l.c.	Chevron Corporation	ConocoPhillips	Total S.A.	China Petrochemical Corp.	ENI S.p.A.	Aviva,plc	Petroleos de Venezuela, S.A.
2006	Exxon Mobil Corporation	Royal Dutch Shell plc	BP p.l.c.	Chevron Corporation	Total S.A.	ConocoPhillips	China Petrochemical Corp.	China National Petroleum	ENI S.p.A.	Valero Energy Corporation
2007	Exxon Mobil Corporation	Royal Dutch Shell plc	BP p.l.c.	Chevron Corporation	Total S.A.	ConocoPhillips	China Petrochemical Corp.	China National Petroleum	ENI S.p.A.	Valero Energy Corporation
2008	Royal Dutch Shell plc	Exxon Mobil Corporation	BP p.l.c.	Chevron Corporation	Total S.A.	ConocoPhillips	China Petrochemical Corp.	China National Petroleum	ENI S.p.A.	HSBC Holdings plc
2009	Royal Dutch Shell plc	Exxon Mobil Corporation	BP p.l.c.	China Petrochemical Corp.	China National Petroleum	Chevron Corporation	Total S.A.	ConocoPhillips	ENI S.p.A.	Dexia Group
2010	Royal Dutch Shell plc	Exxon Mobil Corporation	BP p.l.c.	China Petrochemical Corp.	China National Petroleum	Chevron Corporation	Total S.A.	ConocoPhillips	ENI S.p.A.	JX Holdings, Inc.
2011	Royal Dutch Shell plc	Exxon Mobil Corporation	BP p.l.c.	China Petrochemical	China National Petroleum	Chevron Corporation	ConocoPhillips	Total S.A.	ENI S.p.A.	General Motors Company
2012	Royal Dutch Shell plc	Exxon Mobil Corporation	China Petrochemical	China National Petroleum	BP p.l.c.	Total S.A.	Chevron Corporation	Phillips 66	ENI S.p.A.	Petrobras
2013	Royal Dutch Shell	Sinopec Group	China National Petroleum	Exxon Mobil	BP	Total	Chevron	Phillips 66	ENI	Petrobras
2014	Sinopec Group	Royal Dutch Shell	China National Petroleum	Exxon Mobil	BP	Total	Chevron	Phillips 66	ENI	Petrobras
2015	China National Petroleum	Sinopec Group	Royal Dutch Shell	Exxon Mobil	BP	Total	Chevron	Petrobras	ENI	Phillips 66
2016	Sinopec Group	China National Petroleum	Royal Dutch Shell	Exxon Mobil	BP	Total	Chevron	Petrobras	SK Holdings	Phillips 66
2017	Sinopec Group	China National Petroleum	Royal Dutch Shell	BP	Exxon Mobil	Total	Chevron	Lukoil	Phillips 66	Petrobras

Fonte: Elaboração Própria, Dados provenientes da “Fortune Global 500 List”

3.3. Escolha dos segmentos de análise

Os segmentos escolhidos para análise foram: Energia Solar, Energia Eólica, Hidrogênio, Biocombustíveis e Tecnologias de Captura e Armazenamento de Carbono (*CCS – Carbon Capture and Storage*). Os quatro primeiros foram selecionados por se tratarem dos segmentos emergentes mais difundidos de energia renovável com potencial para substituir as fontes fósseis de energia em longo prazo. Devido à pressão para que as petrolíferas reduzam suas emissões de carbono, optou-se por incluir na análise o segmento de tecnologia CCS, que se trata de um sistema para captura de CO₂ com seu posterior armazenamento em formações geológicas. Dessa forma, as companhias poderiam reduzir as emissões de carbono de suas operações de produção de petróleo, abrandando o risco de ter seu negócio impactado por pressões de órgãos ambientais.

3.4. Seleção das fontes de informação

Com as empresas, o período e os segmentos de análise definidos, buscou-se levantar os movimentos estratégicos dessas companhias em fontes de referência publicamente disponíveis. Foram utilizadas as informações disponibilizadas nos Relatórios Anuais 10-K ou 20-F, Relatórios de Sustentabilidade e *Press Releases* dessas empresas no período de 1997 a 2017. Além disso, em alguns casos, foi possível perceber que as informações disponíveis nestas fontes eram insuficientes ou inconclusivas para realizar as análises apresentadas no item 3.5. Por isso, também foram realizadas buscas em jornais e revistas *online* de referência internacional, principalmente: *Oil & Gas Journal*, *Petroleum Economist*, *Wall Street Journal*, *The Financial Times* e *Biofuels Digest*, disponíveis no período de 1997 a 2017.

Para realizar a busca nas fontes acima citadas, foram escolhidas as palavras-chave apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4 - Palavras-chave utilizadas para pesquisa nas fontes de referência

Renewable Energy
Alternative Energy
Global Warming
GreenhouseGas
Solar Energy
Wind Energy
Hydrogen

FuelCells
Ethanol
Biofuel
Biodiesel
SecondGeneration
Carbon Capture
CarbonStorage
CCS

As informações obtidas de cada empresa foram compiladas em planilhas contendo os movimentos estratégicos de 1997 a 2017 para cada segmento analisado (energia solar, eólica, hidrogênio, biocombustíveis avançados e Tecnologia CCS) para cada empresa com a seguinte estruturação: Objetivo, Forma de Posicionamento, Subtipo de Posicionamento, Etapa de Posicionamento, Estratégia de Posicionamento (de acordo com os critérios de Hamilton) e o País de Investimento. As quatro dimensões de análise (Forma de Posicionamento, Subtipo de Posicionamento, Etapa de Posicionamento e Estratégia de Posicionamento) são detalhadas no item 3.5.

3.5. Dimensões de Análise

Os fluxogramas das Figura 4 e Figura 5 apresentam as quatro dimensões de análise definidas com base em trabalhos acadêmicos prévios e de acordo com percepções da própria autora na tentativa de identificar as estratégias das empresas selecionadas nos segmentos de análise.

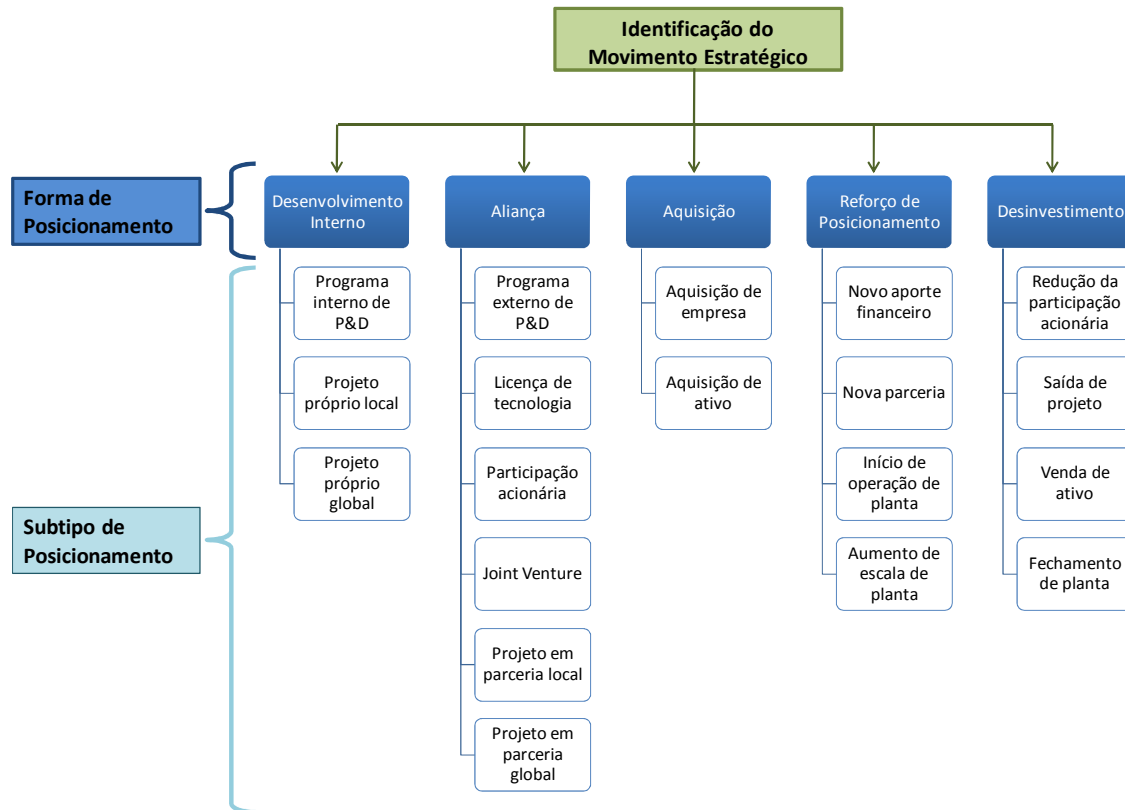


Figura 4- Fluxograma das dimensões de análise: Forma de Posicionamento e Subtipo de Posicionamento

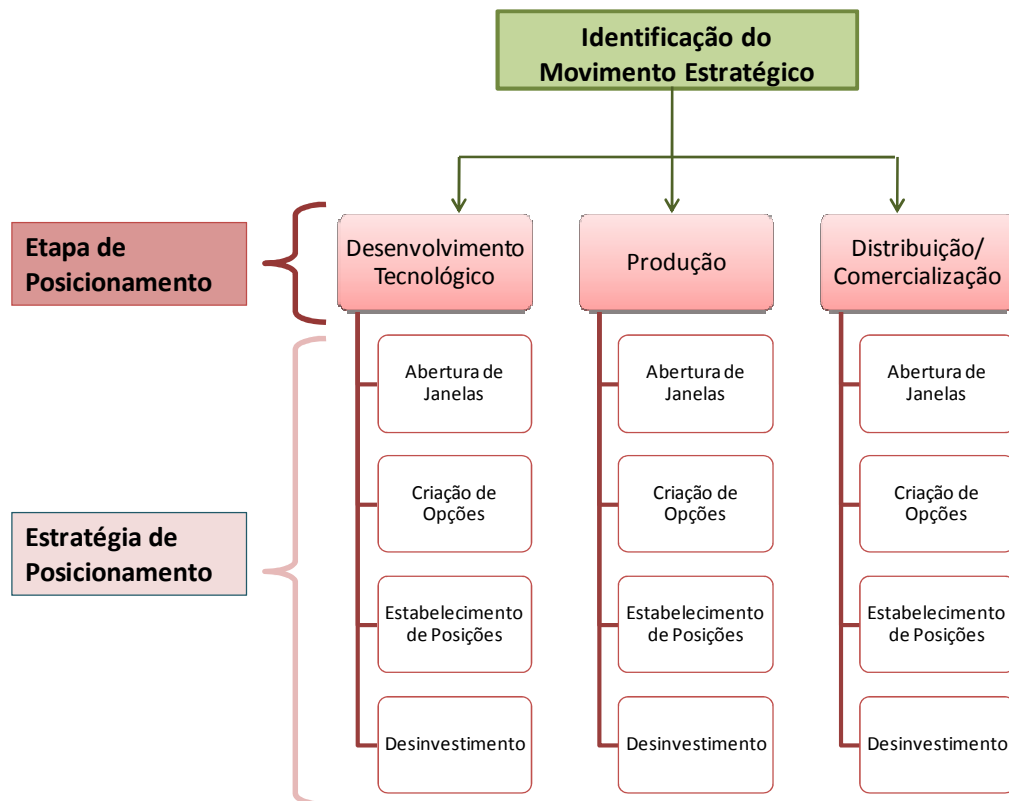


Figura 5- Fluxograma das dimensões de análise: Etapa de Posicionamento e Estratégia de Posicionamento

3.5.1. Dimensão de Análise: Forma de Posicionamento

A primeira dimensão definida refere-se à “**Forma de Posicionamento**”, subdividida em cinco dimensões. Conforme apresentado na seção 2.3 do Referencial Teórico, há três formas de diversificação apontadas na literatura: **Desenvolvimento Interno**, **Aquisição** e **Aliança Estratégica**. Iniciou-se, então, a classificação dos movimentos estratégicos com base nestas três definições. No entanto, foi possível identificar que em determinados casos as empresas faziam referência a novos posicionamentos em projetos que já se encontravam em andamento, como novos aportes financeiros, aumento de escala de planta, entre outros. Dessa forma, adicionou-se mais uma classificação para essa dimensão de análise: **Reforço de Posicionamento**. Por fim, foi possível verificar diversos movimentos de desinvestimento nos segmentos de análise ao longo dos anos, originando-se a última categoria de classificação para esta dimensão: **Desinvestimento**.

3.5.2. Dimensão de Análise: Subtipo de Posicionamento

A segunda dimensão de análise é uma subclassificação da primeira e trata-se da dimensão “**Subtipo de Posicionamento**”. Cada uma das formas de posicionamento da dimensão anterior é subdividida em diferentes categorias de acordo com os movimentos apresentados pelas companhias.

A categoria Desenvolvimento Interno é subdividida em **Programa Interno de P&D** e **Projeto Próprio**, podendo ser **Local** ou **Global**. Abaixo são descritas cada uma das subclassificações:

- Programa Interno de P&D está relacionado a atividades de pesquisa e desenvolvimento em áreas específicas de tecnologia e aplicações praticadas exclusivamente por parte da empresa, ou seja, não há auxílio de universidade, institutos de pesquisa ou outras empresas.
- Projeto Próprio é relativo a atuações da empresa, utilizando apenas recursos próprios, nos segmentos de análise em etapas posteriores à de pesquisa, ou seja, implantação de fábricas, comissionamento de equipamentos, instalação de redes de distribuição, etc. A diferença entre projetos locais e globais reside no impacto e benefícios que estes podem trazer para determinada comunidade ou região (no caso dos projetos locais) ou para diferentes regiões globais (no caso dos projetos

globais). Um exemplo de projeto com impacto global é a instalação de fábrica de produção de módulos solares com capacidade de atender demandas mundiais. Como exemplo de projeto com impacto local pode-se citar a instalação de painéis solares em comunidades remotas.

A categoria Aliança é subdividida em **Programa Externo de P&D**, **Licenciamento de Tecnologia**, **Participação Acionária**, *Joint venture* e **Projeto em Parceria**, podendo ser **Local** ou **Global**. Abaixo são descritas cada uma das subclassificações:

- Programa Externo de P&D está relacionado a contratos ou parcerias de pesquisa e desenvolvimento em áreas específicas de tecnologia e aplicações com universidades, institutos de pesquisa ou empresas privadas.
- Licenciamento de Tecnologia é relativa a acordos para utilização de determinada tecnologia de propriedade de outra companhia em troca de pagamento de *royalties*.
- Participação Acionária está relacionada à aquisição de ações de determinada empresa através da compra direta ou outras formas contratuais.
- *Joint venture* é a formação de um empreendimento conjunto (uma nova empresa) por duas ou mais empresas, com objetivos de comercialização de produto/serviço claramente definidos.
- Projeto em Parceria é relativo a atuações da empresa em parceria governamental ou com outras empresas nos segmentos de análise em etapas posteriores à de pesquisa, ou seja, implantação de fábricas, comissionamento de equipamentos, instalação de redes de distribuição, etc. A diferença entre projetos locais e globais reside no impacto e benefícios que estes podem trazer para determinada comunidade ou região (no caso dos projetos locais) ou para diferentes regiões globais (no caso dos projetos globais).

A categoria Aquisição é subdividida em **Aquisição de Empresa** ou **Aquisição de Ativo**. Aquisição de empresa trata da compra de outra companhia, incorporando seus recursos humanos, materiais e intangíveis. A aquisição de ativo ocorre quando a empresa opta pela compra de um ativo específico pertencente à outra companhia, sem necessidade de lidar com outros recursos que possam não ser particularmente interessantes.

A categoria Reforço de Posicionamento é subdividida em **Novo aporte financeiro**, **Nova parceria**, **Início de operação de planta** ou **Aumento de escala de planta**. Abaixo são descritas essas subcategorias:

- Novo aporte financeiro: Quando a companhia anuncia novo investimento próprio ou de terceiros de recursos financeiros em determinado projeto em andamento.
- Nova parceria: Relacionada à entrada de nova companhia, instituto de pesquisa ou universidade em determinado projeto para alavancar seu desenvolvimento.
- Início de operação de planta: As companhias anunciam quando determinado projeto começa a ser desenvolvido, porém, em alguns casos, mostram-se técnica ou economicamente inviáveis, fazendo com que a companhia opte pela interrupção dos investimentos. Por isso, o fato de a companhia comunicar o início de operação de determinada planta, faz com que o projeto tenha maior relevância.
- Aumento de escala de planta: Trata-se do aumento da capacidade de produção de determinada planta. Pode estar relacionado à evolução de uma planta piloto para demonstração ou de demonstração para comercial, ou ainda ao aumento da capacidade de uma planta comercial em função do aumento da demanda do bem produzido.

A categoria Desinvestimento é subdividida em **Redução da participação acionária**, **Saída de projeto**, **Venda de ativo** ou **Fechamento de planta**. Cada uma das subclassificações está descrita abaixo:

- Redução da participação acionária: Venda de parte das ações que a companhia possui em determinada empresa ou ativo.
- Saída de projeto: Anúncio de saída de determinado projeto em função de falta de perspectiva no projeto ou mudança de estratégia por parte da companhia.
- Venda de ativo: Venda de determinado ativo em função de consecutivos resultados negativos no ativo ou segmento, ou ainda devido à mudança de estratégia por parte da companhia.
- Fechamento de planta: Interrupção das operações de determinada planta em função resultados negativos no ativo ou segmento, ou ainda mudança de estratégia por parte da companhia.

3.5.3. Dimensões de análise: Etapa de Posicionamento e Estratégia de Posicionamento

Ao analisar os posicionamentos das empresas estudadas nos segmentos em questão, verificou-se que os movimentos das companhias podem ser categorizados em três etapas principais, relacionadas à cadeia de valor: Desenvolvimento Tecnológico, Produção e Distribuição/Comercialização. Cada um dos movimentos nessas etapas pode ser classificado seguindo o quadro analítico proposto por Hamilton (1985), apresentado na seção 2.4.1, ou seja, com base no envolvimento da empresa com o novo negócio. Em função dos desafios encontrados nos segmentos de tecnologia emergente, verifica-se que as empresas podem se posicionar em diferentes etapas ao mesmo tempo e apresentarem estratégias de posicionamento distintas em cada etapa. Cada uma das etapas e suas subclassificações é descrita abaixo.

A etapa de **Desenvolvimento Tecnológico** engloba desde o momento que ainda não há um design dominante ou uma tecnologia capacitadora (Utterback & Abernathy, 1975) até a etapa de testes da tecnologia que possa se tornar padrão no mercado. Essa etapa é marcada principalmente por acordos de P&D com universidades, institutos de pesquisas ou *start-ups*, e por alianças orientadas a projetos com outras empresas interessadas no segmento em questão. As opções estratégicas de Hamilton (1985, 1990) aplicadas para a etapa de Desenvolvimento Tecnológico são apresentadas abaixo:

- **Abertura de Janelas:** Esta iniciativa de entrada está relacionada ao anúncio do estabelecimento de parcerias com universidades ou centros de pesquisa para desenvolvimento de determinado projeto.
- **Criação de Opções:** As companhias optam por esta estratégia quando verificam o potencial de desenvolvimento da tecnologia, passando a dedicar maior atenção ao projeto e explorando novas parcerias para aperfeiçoar a tecnologia. Como esta estratégia exige menor comprometimento de recursos (comparada a de Estabelecimento de Posições), é possível identificar o envolvimento da companhia em diferentes projetos, podendo explorar o potencial de cada.
- **Estabelecimento de Posições:** A opção por esta estratégia envolve maior direcionamento de recursos para seu desenvolvimento, o que leva à redução do universo de projetos que as empresas apostam. Geralmente ocorre quando as

companhias identificam o potencial de escalonamento da tecnologia para comercialização.

- **Desinvestimento:** Relacionado ao anúncio de saída de projetos de pesquisa em desenvolvimento, interrupção de contratos com universidades ou centros de pesquisa.

A etapa **Produção** está relacionada ao comissionamento de plantas industriais para que determinado produto possa ser comercializado. A principal diferença entre as etapas de Produção e Desenvolvimento Tecnológico é que nesta última ainda não há comercialização do produto. No segmento de energia solar, esta etapa refere-se à instalação de plantas para produção de módulos/ células solares ou parques solares para geração de energia. No segmento eólico, a produção está relacionada majoritariamente à geração de energia pelos parques eólicos. No segmento de hidrogênio, a etapa de Produção refere-se à geração de hidrogênio associada a tecnologias para reduzir as emissões de carbono. Em biocombustíveis, trata-se da instalação de plantas de produção de bioetanol, biodiesel, entre outros. Quanto à tecnologia CCS, a etapa de Produção está relacionada a projetos de implantação da tecnologia para redução das emissões de carbono de plantas industriais. As opções estratégicas de Hamilton aplicadas para a etapa de Produção são apresentadas abaixo:

- **Abertura de Janelas:** Esta estratégia pode ser identificada quando as companhias anunciam a instalação das primeiras plantas de produção. É possível notar que ainda há dificuldade para alcançar a capacidade total da planta e que há necessidade de maior dedicação das companhias para aperfeiçoar a tecnologia de produção. As companhias que exploram essa estratégia na etapa de Produção costumam ser pioneiras na instalação de plantas industriais. Por isso, identifica-se que, em alguns casos, as adversidades enfrentadas levam à interrupção da implantação do projeto. Nesse estágio, também pode ocorrer o escalonamento de uma planta de demonstração da etapa de Desenvolvimento Tecnológico para uma planta comercial. No entanto, vale ressaltar que cada uma das etapas é independente, ou seja, a companhia pode iniciar seu posicionamento na etapa de Produção sem ter passado pelo Desenvolvimento Tecnológico.
- **Criação de Opções:** As companhias geralmente optam pela estratégia de Criação de Opções quando já possuem *know-how* para implantação dos projetos

industriais ou identificam parceiros que possuem a expertise. Essa estratégia de entrada pode ser identificada quando as empresas apostam em plantas industriais de maior capacidade produtiva, o que exige maior comprometimento de recursos. Para isso, é necessário que a tecnologia já se apresente em um estágio de desenvolvimento mais avançado para que o investimento da companhia na instalação de uma planta industrial não seja em vão.

- **Estabelecimento de Posições:** Através desta estratégia, em geral, as companhias apostam em plantas de maior capacidade ou na instalação de novas plantas de produção, considerando a demanda e custos de produção no local. Quando isso ocorre, a tecnologia já está plenamente desenvolvida, porém ainda pode-se identificar a necessidade de otimização dos processos produtivos. Em alguns casos, identificam-se opções de desinvestimento concomitantemente a esta estratégia, já que as companhias começam a perceber o que é desinteressante para sua estratégia de negócio.
- **Desinvestimento:** Relacionado ao fechamento ou venda de plantas de produção.

Por fim, a última etapa trata da **Distribuição ou Comercialização** de determinado produto, serviço ou tecnologia. No segmento solar, esta etapa trata do serviço de instalação de painéis solares e de distribuição de energia gerada nos parques solares. No segmento eólico, trata do serviço de distribuição da energia gerada nos parques eólicos. No segmento de hidrogênio, o serviço de distribuição está associado às redes de abastecimento de hidrogênio para veículos, assim como, no segmento de biocombustíveis, na disponibilização do combustível nos postos de abastecimento. Em tecnologia CCS, esta etapa está relacionada à venda de equipamentos desenvolvidos para captura e armazenamento de carbono ou à comercialização do serviço para implantação da tecnologia para outras companhias.

- **Abertura de Janelas:** As companhias que optam por esta estratégia de entrada têm seu posicionamento voltado para a instalação de pequenos projetos de teste da tecnologia para o consumidor final. Geralmente há necessidade de implantação de *infraestrutura* básica para tornar o projeto possível.
- **Criação de Opções:** Esta estratégia está relacionada à atuação das empresas para a difusão do serviço para diversas localidades com atendimento a um maior

número de clientes, aumentando o porte dos projetos em que as companhias se posicionam.

- Estabelecimento de Posições: Através desta estratégia de entrada, as companhias buscam se associar a outras companhias estabelecidas no segmento através de *joint ventures*, participações acionárias ou aquisições para acessar as redes de distribuição de energia (no caso de energia solar e eólica), postos de abastecimento já implantados (hidrogênio e biocombustíveis) ou implantação de tecnologia CCS desenvolvida internamente em diferentes projetos industriais próprios ou em parceria.
- Desinvestimento: Como forma de desinvestimento nesta etapa, verifica-se principalmente a saída de projetos que deixaram de estar alinhados à estratégia da companhia ao longo do tempo.

Após a estruturação das informações nas planilhas, as ações estratégicas de cada empresa foram analisadas separadamente e, em seguida, foi realizada uma análise comparativa.

3.6. Estruturação do Quadro Analítico

Para estruturação do quadro analítico, primeiramente os movimentos das companhias em cada segmento foram classificados em cada uma das etapas de posicionamento e, então, analisados em conjunto para classificação de acordo com a proposta apresentada por Hamilton (1985).

O quadro analítico apresenta um esquema de cores para classificação dos movimentos das companhias em cada uma das etapas de posicionamento nos segmentos de análise. As cores representam as estratégias de posicionamento: Abertura de Janelas (amarelo), Criação de Opções (verde), Estabelecimento de Posições (azul) e Desinvestimento (vermelho). Vale ressaltar que, nas células que se apresentam em branco, não significa que a companhia saiu dos segmentos, mas sim que não houve menção a novos posicionamentos relevantes no ano de análise.

As células coloridas apresentam um número que corresponde à soma de movimentos relacionados à etapa e à tecnologia em questão no ano de análise, sendo que cada movimento de investimento vale um ponto e cada movimento de desinvestimento vale

“menos” um ponto. As células que apresentam uma divisão na diagonal estão relacionadas aos movimentos de posicionamento (que somam pontos positivos) e de desinvestimento (que somam pontos negativos). Dessa forma, quando as células possuem apenas a cor amarela, verde ou azul, os movimentos correspondem apenas a investimentos, caso a célula possua apenas a cor vermelha, os movimentos são apenas de desinvestimento. Caso a célula possua as cores amarelo, verde ou azul e a cor vermelha na diagonal, naquele ano houve tanto movimentos de investimento quanto de desinvestimento. As células que apresentam a descrição “-T” é quando a empresa anunciou desinvestimento total do segmento.

3.7. Forma de Análise

Após a elaboração do histórico de atuação das companhias em cada segmento (apresentado nos Apêndices) e estruturação das informações obtidas nos relatórios anuais das companhias em quadros analíticos, os movimentos das companhias em cada segmento foram analisados separadamente. Essa análise é apresentada no capítulo 4.

No capítulo 5, é apresentada uma discussão a respeito das diferenças entre os posicionamentos das companhias em cada um dos segmentos estudados. Para isso, foram elaborados quadros analíticos com esquema de cores por segmento, onde é possível ter uma comparação visual entre as formas de atuação das companhias, gerando pontos interessantes para discussão. Além disso, procurou-se analisar o comportamento geral das companhias à luz do quadro analítico de Hamilton (1985). Pretende-se, dessa forma, verificar se é possível validar o modelo proposto para empresas estabelecidas de petróleo que demonstram interesse de atuação em segmentos emergentes para redução das emissões de carbono.

4. Análise de Dados

Esse capítulo é estruturado da seguinte forma:

Primeiramente, são apresentados os quadros analíticos com esquema de cores por empresa, seguindo a estruturação de análise de movimentos de entrada proposta por Hamilton (1985). Em seguida, é apresentada a linha do tempo com os principais projetos voltados para os segmentos de análise de tecnologia alternativa que cada

companhia se envolveu. Por fim, apresenta-se uma análise da evolução dos movimentos das companhias e procura-se aplicar o modelo de Hamilton (1985) em cada segmento com o intuito de identificar o perfil de atuação das companhias.

4.1. Shell^{7,8}

A atuação da Shell nos segmentos solar, eólico e de hidrogênio pode ser dividida em três períodos: De 1997 a 2008, quando a companhia se envolveu em diversos projetos em prol do desenvolvimento desses segmentos; de 2009 até meados da década de 2010, quando houve interrupção dos movimentos da Shell nesses segmentos; e de meados da década de 2010 até 2018, quando a companhia volta a apresentar interesse pelos segmentos. Os segmentos de biocombustíveis e tecnologia CCS seguem outra dinâmica de atuação. A companhia inicia seu posicionamento mais tarde nesses segmentos, porém não há anúncio de interrupção de atuação, mantendo-se ativa até o fim do período de análise.

Os movimentos de desinvestimento da Shell, apresentados na Tabela 5, podem estar relacionados ao gradativo aumento da cotação do petróleo Brent, que atingiu o pico de \$161,28 em 2008 (Macrotrends, 2019), fazendo com que a companhia optasse pela atuação em seu segmento de origem.

A Tabela 5 apresenta o quadro analítico com esquema de cores de atuação da Shell nos segmentos de baixo carbono.

Tabela 5 - Quadro analítico dos movimentos da Shell em cada etapa de posicionamento

⁷O histórico de posicionamento da Shell nos setores solar, eólico, hidrogênio, biocombustíveis e tecnologia CCS está apresentado nos Apêndices A1, A2, A3, A4 e A5, respectivamente.

⁸Praticamente todas as informações relativas aos posicionamentos da Shell em energia solar, eólica, hidrogênio, biocombustíveis e tecnologia CCS foram obtidas dos relatórios anuais, de sustentabilidade e *press releases* de 1997 a 2017, disponibilizados pela companhia. Como forma de complemento a essas informações, em alguns casos, foram utilizadas reportagens disponíveis em bases de dados, que estão adequadamente referenciadas quando citadas.

	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
ENERGIA SOLAR																							
Des. Tecnológico					2			1	-1			-T									2		
Produção	2		1		1	-2	2	1	1		-1	1	2	-T									
Distrib./Comerc.		1	2	1	1	1						-T									1	5	4
ENERGIA EÓLICA																							
Des. Tecnológico																				1	1		
Produção			1	1	1	2	3	-2	1	3	2	1	-1	1	-T						1	-1	1
Distrib./Comerc.																					2	1	
HIDROGÊNIO																							
Des. Tecnológico		3		1	4	1		1	1				-T									1	
Produção																					1	1	
Distrib./Comerc.					1	1	1	1	3	2			-T					1	1	3	3		
BIOCOMBUSTÍVEIS																							
Des. Tecnológico					1		1	2	1	4	3	-1	2	1	-2	1	1	1	1	1	1	1	1
Produção														1		1	1	1	1	1	1	1	1
Distrib./Comerc.																							
TECNOLOGIA CCS																							
Des. Tecnológico					1		2	1		1	2	1				2						1	
Produção					1		1	2	-1	1	1			3		1	-1	1	1	2			
Distrib./Comerc.																1					1		
Legenda: Abertura de Janelas Criação de Opções Estabelecimento de Posições Desinvestimento 																							

As subseções a seguir apresentam a análise da Tabela 5 para cada um dos segmentos estudados.

4.1.1. Shell - Energia Solar

A Figura 6 apresenta os principais movimentos estratégicos da Shell no segmento solar durante o período analisado.

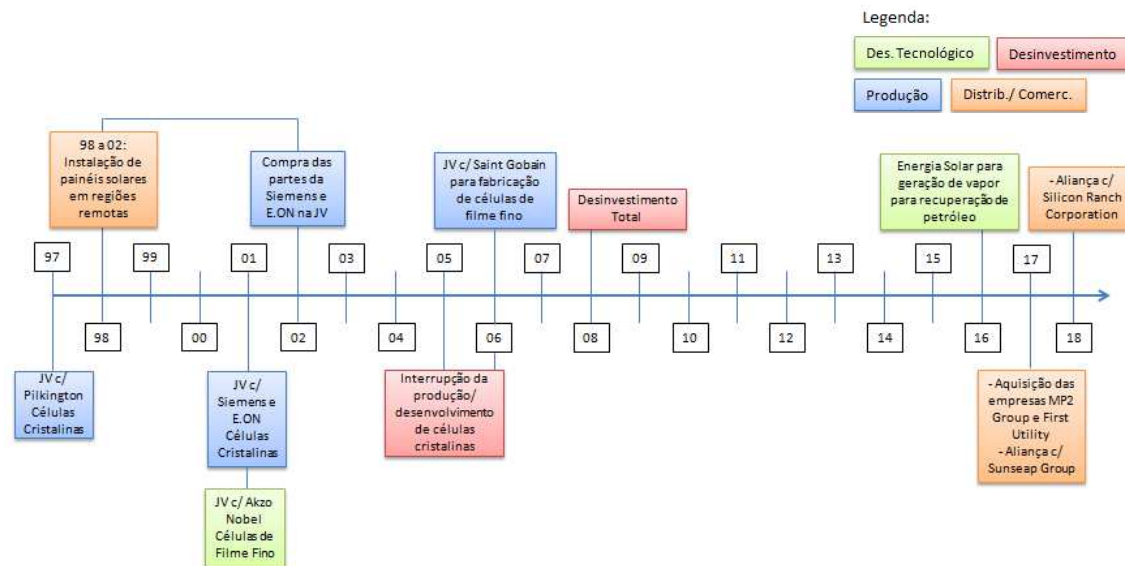


Figura 6 – Linha do tempo dos movimentos estratégicos da Shell no segmento solar

Ao analisar os posicionamentos da companhia no segmento solar, observa-se que de 1997 a 2004 houve uma tendência ao Estabelecimento de Posições na etapa de Produção pela companhia. É interessante identificar a formação de alianças com empresas estabelecidas de grande porte, em vez de *startups* de base tecnológica, em sua maioria *joint ventures*, para instalação de plantas para produção de módulos solares, principalmente na Alemanha e Holanda. A companhia destacou sua intenção em contribuir para a redução de custos necessária para o estabelecimento do mercado de energia solar.

Em 2005, a Shell anunciou que seu foco passaria a ser o desenvolvimento e produção de painéis solares de filme fino, de menor custo, com material mais resistente e que permitiriam a busca por novas aplicações no mercado. Com isso, em 2006, a companhia transferiu suas plantas de produção de painéis solares cristalinos para a SolarWorld, empresa alemã dedicada à produção de módulos solares. Tendo em vista sua nova abordagem em painéis de filme fino, identifica-se de 2006 a 2008 a estratégia de Criação de Opções na etapa de Produção, pois a companhia precisou rever seus posicionamentos, iniciando novos projetos e comissionamento de novas plantas, o que inicialmente envolve um menor direcionamento de recursos.

Em relação ao Desenvolvimento Tecnológico do segmento solar, observa-se que, neste primeiro período, a Shell formou uma *joint venture* com a Akzo Nobel, empresa líder na fabricação de tintas e revestimentos, além de parcerias com universidades e institutos de pesquisa para o desenvolvimento de painéis solares de filme fino. Tendo em vista que a

Shell já vinha desenvolvendo painéis solares cristalinos, pode-se dizer que seu posicionamento em P&D de painéis de filme fino é uma forma de Criação de Opções para possibilitar a redução de custos no segmento.

Na etapa de Distribuição/ Comercialização, entre 1998 e 2002, verifica-se uma tendência da empresa em participar de projetos para eletrificação de áreas remotas de países em desenvolvimento. Entende-se esta atuação da companhia como uma forma de Criação de Opções, pois é possível identificar uma propensão da Shell em ganhar experiência na etapa de distribuição e instalação de painéis solares em mercados menos desenvolvidos.

Em 2008, em função dos conseguintes resultados negativos nos segmentos solar, eólico e de hidrogênio, a companhia iniciou seu processo de desinvestimento. No segmento solar, a companhia anunciou a transferência de suas plantas de fabricação de painéis solares para outras companhias e o desinvestimento de seus negócios de instalação de painéis solares em comunidades remotas de países em desenvolvimento.

No terceiro período de atuação, de 2016 em diante, a Shell volta a se posicionar no segmento de energia solar, com movimento voltados principalmente para o estabelecimento de parcerias com empresas especializadas na geração e fornecimento de energia renovável. Identifica-se, dessa forma, maior propensão da companhia em se estabelecer na etapa de Distribuição/Comercialização de energia.

Ao fazer uma análise da atuação da companhia, observam-se diferentes formas de posicionamento estratégico em energia solar. Enquanto no primeiro período a Shell focou na instalação de plantas de produção de módulos solares, no terceiro período, identifica-se maior atuação da companhia na etapa de distribuição de energia. É interessante observar que neste último período os movimentos da companhia estão mais alinhados ao seu posicionamento estratégico no setor de óleo e gás, ou seja, se enquadram na categoria de fornecimento de energia. Fazendo-se uma analogia entre os segmentos de óleo & gás e de energia solar, a atuação da Shell na produção de módulos solares poderia ser comparada à fabricação de equipamentos para produção de petróleo, o que não é sua estratégia de negócio. Nesse sentido, espera-se que o desempenho da companhia no segmento solar após 2016, quando direciona seus movimentos para geração e distribuição de energia, tenha maiores progressos, pois está mais alinhado à sua estratégia.

4.1.2. Shell - Energia Eólica

A Figura 7 apresenta os principais movimentos estratégicos da Shell no segmento eólico durante o período analisado.

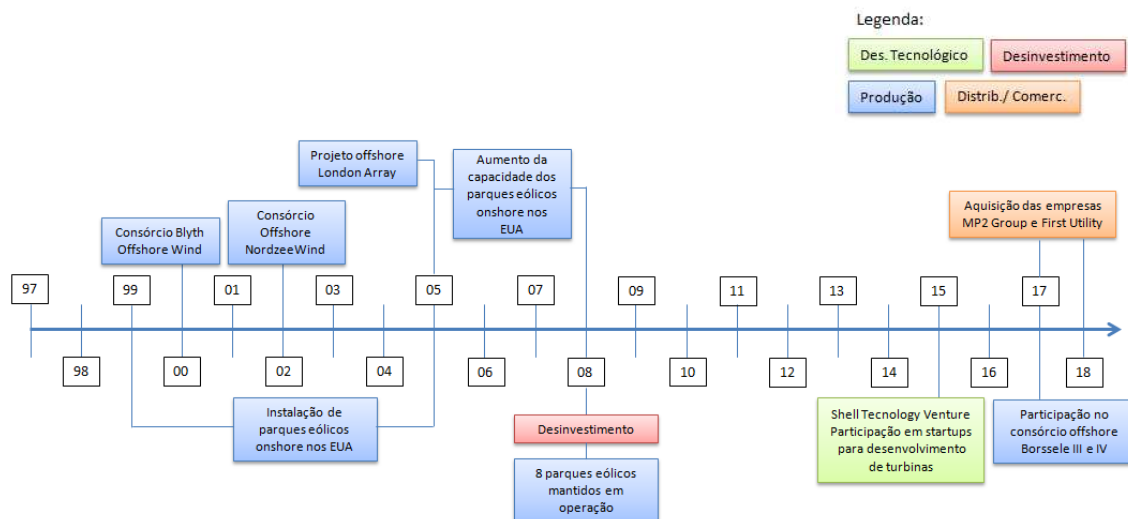


Figura 7 - Linha do tempo dos movimentos estratégicos da Shell no segmento eólico

No segmento eólico, verifica-se que no primeiro período (1999 a 2008) a Shell se envolveu em diversos projetos voltados para geração de energia através da instalação de parques eólicos. Os projetos *onshore* foram desenvolvidos principalmente nos EUA em parceria com empresas do segmento de energia renovável, e os projetos *offshore* na Europa em parceria com empresas estabelecidas do setor de geração e distribuição de energia. Observa-se maior dificuldade da companhia na implantação dos projetos *offshore*, levando à descontinuação de algumas alianças e à priorização da instalação de parques eólicos *onshore* nos EUA. Dessa forma, foi possível identificar uma maior tendência ao Estabelecimento de Posições para o desenvolvimento de parques eólicos *onshore* e, como forma de Criação de Opções, a instalação dos parques eólicos *offshore*.

Em 2008, com o anúncio de desinvestimento nos segmentos solar, eólico e hidrogênio, a companhia optou por vender sua participação no consórcio *offshore London Array*. Diferentemente do observado para o segmento solar, quando a Shell comunicou a interrupção de seus posicionamentos no segmento eólico, diversos parques eólicos *onshore* nos EUA foram mantidos em operação.

No terceiro período, de 2015 em diante, verifica-se, assim como no segmento solar, a companhia volta a apresentar interesse pelo segmento eólico. É possível identificar a

propensão da empresa em se estabelecer na etapa de Distribuição/Comercialização através da aquisição ou participação acionária em empresas locais de pequeno e médio porte, voltadas para a distribuição de energia principalmente na Europa e nos EUA. Essas alianças evidenciam uma estratégia deliberada por parte da companhia, identificando-se a estratégia de Estabelecimento de Posições na etapa de Distribuição/Comercialização de energia solar e eólica.

Nesse último período, também houve o início de atuação da companhia em parceria com *startups* para o desenvolvimento tecnológico de turbinas mais eficientes e de menor impacto ambiental. Além disso, a Shell voltou a se envolver em projetos *offshore* de energia eólica na Europa.

Comparando-se os períodos de atuação da Shell no segmento eólico, observa-se que no primeiro período a companhia se envolveu majoritariamente com a instalação de parques eólicos para geração de energia, que seria vendida para as empresas locais de distribuição de energia. No terceiro período, é possível identificar que o posicionamento estratégico da companhia foi voltado para o estabelecimento de parcerias e aquisições de empresas voltadas para geração e distribuição de energia. Dessa forma, a companhia passou a atuar desde a geração de energia renovável até a comercialização e distribuição final, relevando uma possível estratégia de verticalização.

Diferente da atuação da Shell no segmento solar, que foi dedicada no primeiro período à instalação de plantas para produção de módulos solares, no segmento eólico, verifica-se que a companhia buscou se posicionar na geração de energia por parques eólicos desde sua entrada neste mercado. Possivelmente pelo fato de a geração de energia estar mais alinhada à sua estratégia de negócio, verifica-se que a Shell optou por manter diversos parques eólicos em operação no período em que anunciou o desinvestimento dos segmentos solar, eólico e hidrogênio. Já no segmento solar, a companhia decidiu vender todos os seus ativos de produção de módulos solares.

4.1.3. Shell - Hidrogênio

A Figura 8 apresenta os principais movimentos estratégicos da Shell no segmento de hidrogênio durante o período analisado.

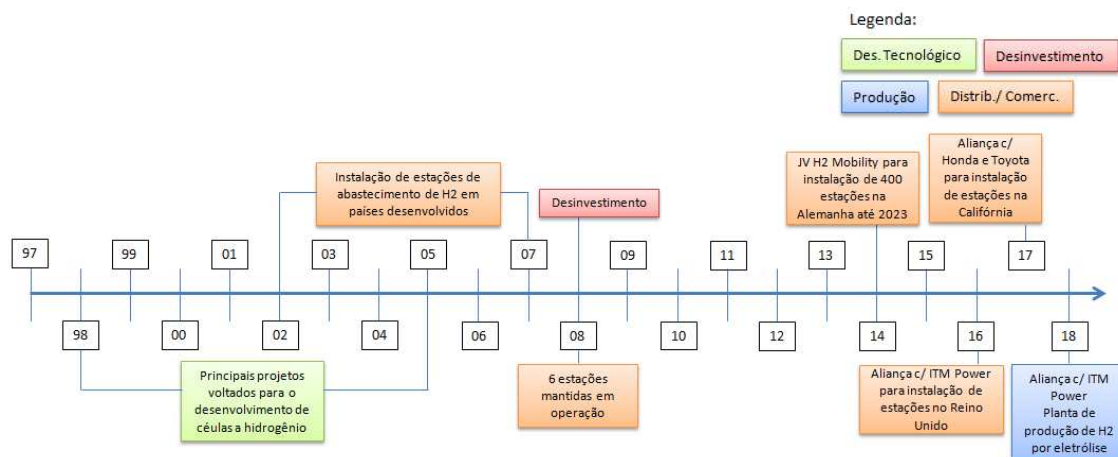


Figura 8 - Linha do tempo dos movimentos estratégicos da Shell no segmento de hidrogênio

No segmento de hidrogênio, conforme, observa-se que no primeiro período (1998 a 2007) a companhia optou por estabelecer alianças para atuação nas etapas de desenvolvimento tecnológico e distribuição/comercialização. A Shell se envolveu em projetos para o desenvolvimento tecnológico de células combustíveis em parceria com atores estabelecidos da indústria automobilística. Além disso, em relação à etapa de distribuição/comercialização, a companhia procurou implantar estações de abastecimento experimentais para estudar sua viabilidade técnico-econômica em parceria com governos locais.

Na etapa de Desenvolvimento Tecnológico de células a hidrogênio, verifica-se que a Shell buscou se envolver em diferentes alianças para possibilitar a inserção de automóveis movidos a hidrogênio no mercado. Inicialmente, a companhia destacou algumas parcerias público-privadas voltadas para programas de P&D (estratégia de Abertura de Janelas) e a partir de 2001 é possível identificar a formação de diversas *joint ventures* focadas no desenvolvimento tecnológico deste segmento, caracterizando a estratégia de Criação de Opções.

Na etapa de Distribuição/ Comercialização de hidrogênio, o posicionamento da Shell foi voltado para possibilitar o desenvolvimento da *infraestrutura* para abastecimento de veículos movidos a hidrogênio. De 2002 a 2007, a companhia se envolveu principalmente na demonstração da viabilidade das redes de abastecimento em parceria com empresas de grande porte de diferentes segmentos, desde produção de gases industriais até do segmento automobilístico. Inicialmente identifica-se a estratégia de Abertura de Janelas, com movimentos inaugurais para implantação de estações de

abastecimento. Em 2006, a companhia anunciou uma parceria com empresas do segmento automobilístico para desenvolver a maior operação de transporte público de hidrogênio do mundo em Roterdã, o que indica o início da estratégia de Criação de Opções.

O segundo período de análise no segmento de hidrogênio iniciou em 2009, quando a companhia anunciou a descontinuação de seus projetos neste segmento. No entanto, a companhia ainda manteve seis estações de abastecimento de hidrogênio em operação.

A companhia voltou a atuar no segmento de hidrogênio em 2014, com o anúncio da formação da *joint venture* H2 Mobility (participação de 27,6%), com o objetivo de expandir a rede de reabastecimento de hidrogênio da Alemanha de 17 para 400 estações até 2023. Além deste, a Shell anunciou outros projetos menores para implantação de um maior número de estações de abastecimento de hidrogênio comerciais, principalmente na Europa e EUA. Esta estratégia deliberada quanto à distribuição de hidrogênio em estações de abastecimento caracteriza a estratégia de Estabelecimento de Posições na etapa de Distribuição/Comercialização. Além disso, a companhia estabeleceu parceria para a construção de uma planta de eletrólise de hidrogênio, caracterizando o interesse da Shell na produção de hidrogênio de forma limpa pela primeira vez.

O perfil de atuação da companhia no primeiro e terceiro períodos permaneceu muito semelhante. A Shell buscou se envolver principalmente em projetos para instalação de redes de abastecimento de hidrogênio, caracterizando um posicionamento alinhado à estratégia de negócio da companhia. Verifica-se também que no primeiro período a companhia participou do desenvolvimento tecnológico de células a hidrogênio, porém, não houve continuidade desses tipos de projeto no terceiro período.

4.1.4. Shell - Biocombustíveis

A Figura 9 apresenta os principais movimentos estratégicos da Shell no segmento de biocombustíveis durante o período analisado.

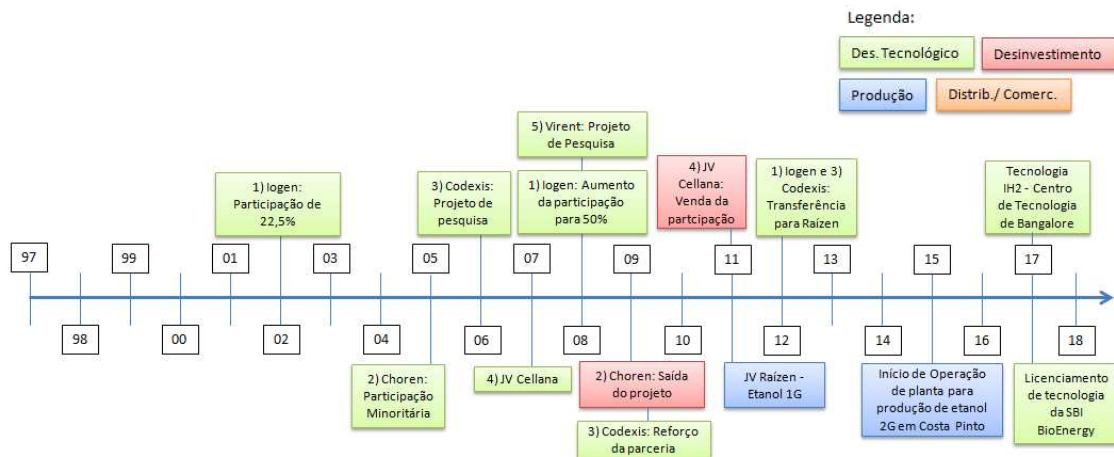


Figura 9 - Linha do tempo dos movimentos estratégicos da Shell no segmento de biocombustíveis

A atuação da Shell no segmento de biocombustíveis ocorreu através de alianças com *startups* e empresas especializadas em tecnologia para o desenvolvimento de rotas alternativas para produção de biocombustíveis. Posteriormente, a empresa se estabeleceu uma *joint venture* para entrada na indústria de etanol de primeira geração. Até 2010, o posicionamento da companhia foi voltado para o desenvolvimento tecnológico exclusivo de biocombustíveis avançados, e a partir de 2011 seus movimentos direcionados principalmente para a produção de etanol de primeira geração e o início da sua produção comercial de etanol de segunda geração. A Tabela 6 apresenta resumidamente os principais movimentos estratégicos da Shell no período de 1997 a 2018.

Tabela 6 - Principais movimentos da Shell em Biocombustíveis Avançados de 1997 a 2018

Biocombustíveis					
Processo	Empresa Parceira	Posicionamento	Início	Saída	Obs.
Bioetanol a partir de resíduos agrícolas celulósicos	logen	Joint Venture logen Energy	2002	2012	Parceria transferida para Raízen
Biocombustível sintético de alta qualidade a partir de resíduos de madeira e palha	Choren	Participação Minoritária	2005	2009	
Desenvolvimento de enzimas para conversão de resíduos celulósicos em biocombustíveis	Codexis	Projeto de Pesquisa	2006	2012	Parceria transferida para Raízen
Biodiesel a partir de óleo vegetal utilizando algas marinhas para conversão	HR Biopetroleum	Joint Venture Cellana	2007	2011	
Biodiesel e biogasolina a partir de resíduos celulósicos	Virent	Projeto de Pesquisa	2008	-	
Bioetanol a partir de resíduos agrícolas celulósicos	Cosan	Joint Venture Raízen	2011	-	
Tecnologia IH ² - Biocombustíveis a partir de resíduos florestais, agrícolas e municipais	CRI Catalyst Company	Projeto de Pesquisa	2016	-	
Biodiesel, biocombustível de aviação e biogasolina a partir de resíduos oleoso	SBI Bioenergy	Licenciamento de tecnologia	2017	-	

O início do posicionamento da Shell no segmento de biocombustíveis foi em 2002 para o desenvolvimento tecnológico de uma rota para conversão de resíduos celulósicos em etanol. De 2002 a 2008, é possível identificar a formação de alianças com empresas do ramo de tecnologia para explorar diferentes possibilidades de insumos e processos para produção de biocombustíveis de segunda geração. Conforme apresentado na Tabela 6, nesse período, a Shell destacou seu envolvimento em cinco plataformas diferentes para desenvolvimento de biocombustíveis avançados, exploradas através de *joint ventures*, participações acionárias e programas externos de P&D.

Identifica-se nesse momento a estratégia de Criação de Opções, pois a companhia buscou participar ativamente no desenvolvimento tecnológico de biocombustíveis avançados. Entende-se que a estratégia da Shell em explorar diversas plataformas foi no sentido de que uma ou mais plataformas poderiam se revelar vencedoras na competição tecnológica. Dessa forma, esta(s) poderia(m) ser escolhida(s) para desenvolvimento em escala comercial.

A partir de 2008, é possível observar os primeiros resultados de seus projetos de pesquisa em etanol celulósico, fazendo com que a companhia passasse a estudar com mais entusiasmo a viabilidade de construir uma planta comercial. Por outro lado, a Shell optou por vender suas participações em duas plataformas em desenvolvimento: Biodiesel a partir de restos de madeira, através da tecnologia BTL (*Biomass To Liquid*), e produção de Biodiesel a partir de algas. Em função dessa maior maturidade na etapa de desenvolvimento tecnológico, fortalecimento de determinadas alianças e direcionamento dos rumos de atuação da companhia, no período de 2008 a 2017, é possível identificar a estratégia de Estabelecimento de Posições.

Até 2009, as principais alianças estabelecidas haviam sido com empresas localizadas no Canadá, EUA e Alemanha para desenvolvimento de biocombustíveis avançados, tanto em termos de novos processos de conversão como de novos produtos. A partir de 2010, quando a Shell anuncia a formação da *joint venture* Raízen em parceria com a Cosan no Brasil, o enfoque passa a ser produção de etanol de primeira geração. É interessante notar que a tecnologia de produção de etanol de primeira geração já era estabelecida e difundida, porém a Shell não considerou inicialmente a possibilidade de entrada no segmento. Somente depois de alguns anos de esforços em opções mais inovadoras, o etanol de primeira geração foi incorporado à estratégia da companhia. Dessa forma, a companhia foi capaz de explorar sinergias entre a produção de etanol de primeira e segunda geração, transferindo suas alianças de desenvolvimento tecnológico de etanol celulósico para a *joint venture* Raízen. Tendo em vista este cenário, identifica-se que a entrada da Shell no mercado de etanol de primeira geração é uma forma de Estabelecimento de Posições na etapa de Produção, já que se tratam de movimentos estruturados e envolvem um direcionamento relevante de recursos para o novo negócio.

Em 2013, a Shell anunciou o comissionamento de sua primeira planta de produção de etanol de segunda geração e, em 2015, destacou o início de sua produção comercial com

capacidade de atingir 40 milhões de litros anualmente. No entanto, até 2017, a Raízen havia atingido apenas 25% da capacidade de produção da planta. Verifica-se que, possivelmente em função da Raízen ser atuante no segmento de biocombustíveis, o desenvolvimento de etanol de segunda geração foi priorizado e a produção comercial, ainda que com capacidade inferior à desejada, se tornou viável de forma mais rápida em relação a outras tecnologias de biocombustíveis avançados que a Shell estava desenvolvendo ao redor do mundo.

4.1.5. Shell - Tecnologia CCS

A Figura 10 apresenta os principais movimentos estratégicos da Shell em tecnologia CCS durante o período analisado.

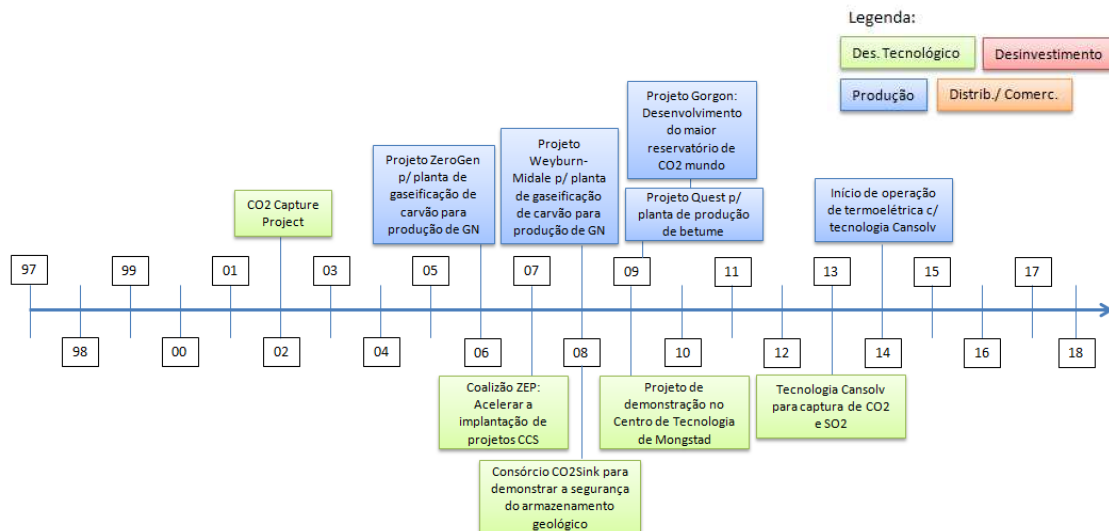


Figura 10 - Linha do tempo dos movimentos estratégicos da Shell em tecnologia CCS

A atuação da Shell para o desenvolvimento e implantação da tecnologia CCS iniciou-se em 2002. De forma geral, até 2014, a companhia procurou estabelecer alianças orientadas a projetos com companhias que também buscavam a redução de suas emissões de carbono, com objetivo de evitar possíveis impactos financeiros às suas operações devido à redução dos limites de emissão. Após esse período de formação de parcerias, a companhia reforçou seu posicionamento em projetos que estava envolvida com objetivo de aumentar o volume de CO₂ armazenado.

Conforme pode ser observado na Figura 10, houve um crescimento em paralelo das etapas de Desenvolvimento Tecnológico e de Produção. A companhia estabeleceu

parcerias com universidades, centros de tecnologia e empresas dos segmentos de O&G, geração de eletricidade e fornecimento de gás, além de receber subsídios de governos para possibilitar maior difusão, desenvolvimento e implantação da tecnologia.

Identifica-se que, na etapa de Produção, a Shell iniciou a estratégia de Criação de Opções em 2006 com o anúncio da participação em dois projetos: Projeto ZeroGen (Austrália), em parceria com uma empresa de geração de energia a partir de fontes fósseis, para captura das emissões de carbono de usinas termoelétricas e posterior armazenamento em aquíferos salinos; Projeto Halten (Noruega), em parceria com a empresa de O&G Statoil para recuperação de petróleo em campos *offshore* a partir da injeção de CO₂. Em 2008, a companhia se envolveu no projeto Weyburn-Midale no Canadá, em parceria com outras empresas do segmento de O&G e energia, para recuperação de petróleo através da injeção de CO₂, capturado da produção de gás natural sintético. Esse cenário sugere que esses projetos foram utilizados pela Shell como uma forma ativa de entender os riscos e desafios da tecnologia para definir sua forma de posicionamento no segmento, caracterizando a estratégia de Criação de Opções.

Em 2009, a companhia destacou o desenvolvimento interno do Projeto Quest (Canadá), para captura de CO₂ de sua instalação de exploração de betume, com posterior armazenamento geológico. Por se tratar de um projeto próprio de larga escala, com a projeção de armazenamento de até um milhão de toneladas de CO₂ por ano, identifica-se o início da estratégia de Estabelecimento de Posições no segmento. Neste mesmo ano, a Shell destacou participação de 25% no projeto Gorgon na Austrália, em parceria com empresas do segmento de O&G e de geração de energia, voltado para o armazenamento *onshore* de CO₂ proveniente de uma planta de processamento de gás natural. Nos anos seguintes, foram reportados avanços relacionados à capacidade de armazenamento desses dois projetos.

Na etapa de Desenvolvimento Tecnológico, observa-se que entre 2002 e 2008 a Shell participou de diferentes projetos globais para explorar as possibilidades da tecnologia CCS, caracterizando estratégias de Abertura de Janelas e Criação de Opções. Esses projetos foram desenvolvidos em parceria com empresas de O&G, mineração, geração de energia, universidades, institutos de pesquisa e incentivados por governos de países desenvolvidos.

Em 2009, a companhia anunciou sua participação no projeto de demonstração da tecnologia CCS mais avançado do mundo no Centro de Tecnologia de Mongstad, Noruega, em parceria com o governo norueguês e empresas do segmento de O&G. Com a entrada nesse projeto, é possível identificar a estratégia da Shell voltada para o Estabelecimento de Posições.

Em 2013, a Shell se apresentou envolvida com o desenvolvimento de sua nova tecnologia Cansolv para captura de CO₂ e SO₂. No ano seguinte, houve a introdução da tecnologia Cansolv no mercado para comercialização, marcando a entrada da companhia na etapa de Distribuição/ Comercialização.

Em função dos diversos desafios encontrados para a implantação da tecnologia CCS, observa-se um perfil de atuação da companhia voltado tanto para o desenvolvimento tecnológico quanto para a busca da integração da tecnologia às suas operações. É possível identificar a intensificação dos movimentos da Shell em tecnologia CCS no momento em que anuncia o desinvestimento dos segmentos solar, eólico e de hidrogênio. De certa forma, a tecnologia CCS pode parecer mais atraente em curto prazo como forma de lidar com a mudança climática, pois permite a continuidade da produção de combustíveis fósseis com emissões de carbono reduzidas. No entanto, conforme as dificuldades surgem no processo de implantação da tecnologia, principalmente relacionadas ao armazenamento geológico, outras tecnologias para redução das emissões de carbono podem se mostrar mais interessantes, mesmo que em longo prazo.

4.1.6. Perfil de atuação da Shell nos segmentos de análise

De forma geral, nota-se que a Shell teve uma estratégia de posicionamento muito próxima nos segmentos de energia solar e eólica, inicialmente voltada para a etapa de produção de energia e posteriormente para a distribuição de energia. Devido às incertezas relativas às tecnologias emergentes, é possível perceber movimentos de desinvestimentos nesses segmentos em favor do desenvolvimento de tecnologias alternativas para redução das emissões de carbono de suas operações previamente existentes.

No segmento de hidrogênio, inicialmente observa-se uma estratégia de posicionamento voltada para monitoramento das tecnologias emergentes, que possibilitariam a inserção de veículos movidos a hidrogênio no mercado. Quando a companhia retoma seus movimentos no segmento em 2014, verifica-se uma estratégia mais direcionada para a instalação de estações de abastecimento.

É interessante observar nos segmentos solar, eólico e de hidrogênio que a atuação da companhia em dois momentos distintos permitiu que seu posicionamento no terceiro período fosse mais deliberado e alinhado à sua estratégia de negócio, de geração e distribuição de energia.

Os perfis de atuação da Shell em biocombustíveis e tecnologia CCS também podem ser comparados. Verifica-se uma estratégia contínua de posicionamentos nesses segmentos, seguindo o modelo de entrada em um segmento emergente proposto por Hamilton. Além disso, é possível constatar que esses segmentos podem ser integrados à cadeia de produção de petróleo da companhia. A tecnologia CCS pode ser incorporada às plantas de processamento de óleo & gás e os biocombustíveis à cadeia de suprimentos de combustíveis.

4.2. ExxonMobil^{9,10}

Em dezembro 2002, a ExxonMobil iniciou a parceria com a Universidade de Stanford nos EUA para o desenvolvimento de projetos voltados para a redução das emissões de gases de efeito estufa, dedicando US\$ 100 milhões para o programa *Global Climate and Energy Project* (GCEP). A companhia, junto às empresas General Electric e Schlumberger, tinha a perspectiva de investimento de US\$ 225 milhões no período de dez anos em projetos para atender futuras demandas energéticas com baixa emissão de carbono. Em 2005, novos projetos de pesquisa ampliaram as colaborações acadêmicas e

⁹O histórico de posicionamento da ExxonMobil nos setores solar, eólico, hidrogênio, biocombustíveis e tecnologia CCS está apresentado nos Apêndices B1, B2, B3, B4 e B5, respectivamente.

¹⁰Praticamente todas as informações relativas aos posicionamentos da ExxonMobil em energia solar, eólica, hidrogênio, biocombustíveis e tecnologia CCS foram obtidas dos relatórios anuais, de sustentabilidade e *press releases* de 1997 a 2017, disponibilizados pela companhia. Como forma de complemento a essas informações, em alguns casos, foram utilizadas reportagens disponíveis em bases de dados, que estão adequadamente referenciadas quando citadas.

o alcance global do programa GCEP. O principal posicionamento da ExxonMobil em energia alternativa foi através deste programa.

A Tabela 7 apresenta o quadro analítico de classificação dos movimentos da ExxonMobil para cada uma das etapas de posicionamento em cada um dos segmentos.

Tabela 7 - Quadro analítico dos movimentos da ExxonMobil em cada etapa de posicionamento

	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18
ENERGIA SOLAR																						
Des. Tecnológico						1			2	1											1	
Produção																						
Distrib./Comerc.																						
ENERGIA EÓLICA																						
Des. Tecnológico																						
Produção																						
Distrib./Comerc.																						
HIDROGÊNIO																						
Des. Tecnológico						1	1		2		1											
Produção																						
Distrib./Comerc.																						
BIOCOMBUSTÍVEIS																						
Des. Tecnológico						1				1			1	1	1				2	1	1	
Produção																						
Distrib./Comerc.																						
TECNOLOGIA CCS																						
Des. Tecnológico						1			1		1	1	2								1	
Produção												2					1					
Distrib./Comerc.																						
Legenda:																						
Abertura de Janelas																						
Criação de Opções																						
Estabelecimento de Posições																						
Desinvestimento																						

As subseções a seguir apresentam a análise da Tabela 7 para cada um dos segmentos estudados.

4.2.1. ExxonMobil - Energia Solar e Hidrogênio

A ExxonMobil apresentou pouco envolvimento em projetos voltados para a exploração dos segmentos solar e de hidrogênio. Verifica-se que a atuação da companhia foi direcionada para o desenvolvimento de projetos de pesquisa através do programa

GCEP, com foco na prevenção do aquecimento global. No entanto, pouco foi reportado nos relatórios da ExxonMobil a respeito da evolução destes projetos. Nesse sentido, entende-se que todos os projetos de P&D em que a companhia se envolveu nos segmentos solar e de hidrogênio estão relacionados à estratégia de Abertura de Janelas.

As Figura 11 e Figura 12 apresentam os principais movimentos estratégicos da ExxonMobil nos segmentos solar e de hidrogênio durante o período analisado.

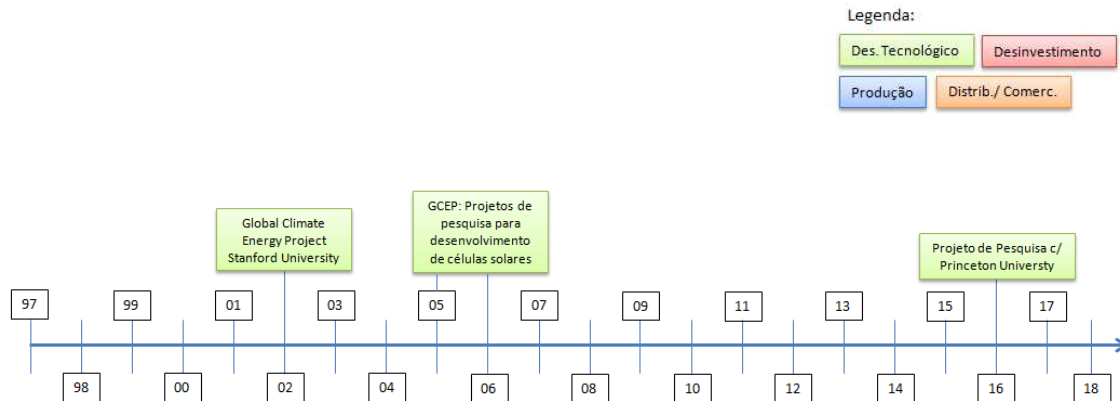


Figura 11 - Linha do tempo dos movimentos estratégicos da ExxonMobil no segmento solar

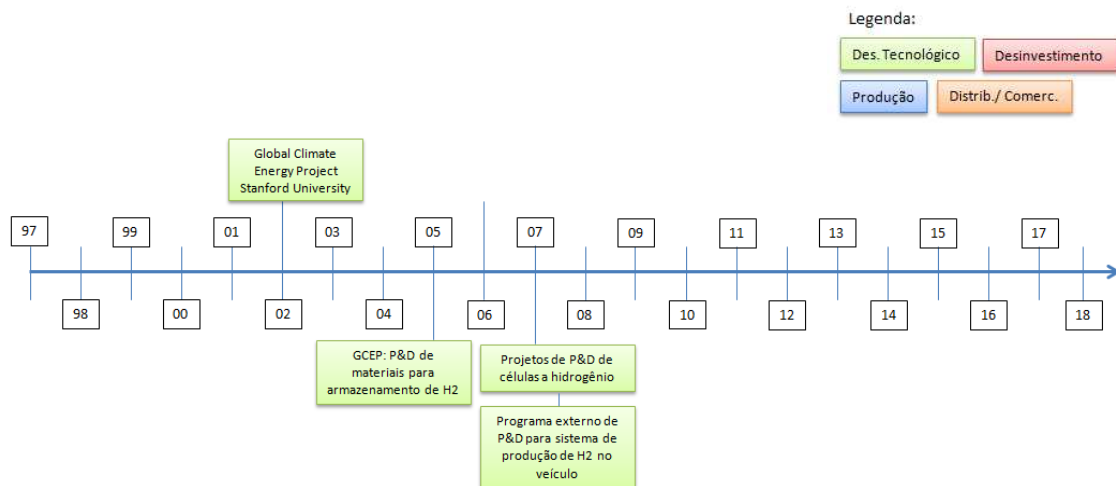


Figura 12 - Linha do tempo dos movimentos estratégicos da ExxonMobil no segmento de hidrogênio

O parco posicionamento no segmento solar e a falta de movimentos no segmento eólico da ExxonMobil condizem com a previsão apresentada pela companhia da baixa participação destes segmentos na demanda energética global em 2040 (ExxonMobil, 2018). De acordo com a companhia, apesar do crescimento do segmento que engloba energia solar, eólica e biocombustíveis ser o mais acelerado em termos percentuais, em 2040 atingirá apenas 5% da demanda global de energia.

4.2.2. ExxonMobil - Energia Eólica

No período analisado, a companhia não apresentou envolvimento em projetos voltados para o segmento eólico.

4.2.3. ExxonMobil - Biocombustíveis Avançados

A Figura 13 apresenta os principais movimentos estratégicos da ExxonMobil no segmento de biocombustíveis durante o período analisado.

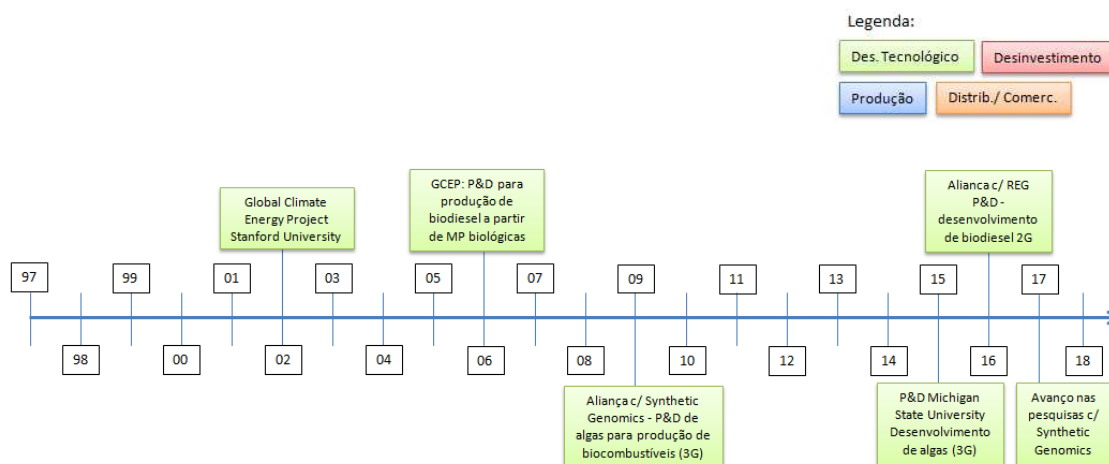


Figura 13 - Linha do tempo dos movimentos estratégicos da ExxonMobil no segmento de biocombustíveis

Analisando o histórico de atuação da companhia em biocombustíveis, é possível verificar maior interesse pelo desenvolvimento de biocombustíveis de terceira geração, a partir da utilização de algas geneticamente modificadas. Em 2009, a ExxonMobil destacou a parceria com a *startup* do segmento de biotecnologia Synthetic Genomics. O maior desafio, segundo a companhia, seria identificar e desenvolver uma linhagem de algas que fosse produtiva e robusta para a conversão de CO₂ em óleo com as estruturas moleculares desejadas, para então ser convertido em biocombustível. Em 2010 e 2011, a ExxonMobil reportou alguns testes da tecnologia voltados para avaliação da possibilidade de comercialização do produto. Neste período, identifica-se a estratégia de Abertura de Janelas na etapa de desenvolvimento tecnológico de biocombustíveis de terceira geração, pois a companhia ainda se encontrava na volta para o monitoramento do potencial da tecnologia.

A partir de 2015, identifica-se que os movimentos da companhia estavam mais alinhados à estratégia de Criação de Opções, quando destacou novas parcerias com universidades para possibilitar o avanço no desenvolvimento tecnológico desta rota de produção, além de indicar possibilidade de escalonamento desta rota, resultado da parceria estabelecida com a Synthetic Genomics. Além disso, a ExxonMobil destacou a participação em projeto de P&D de biocombustíveis de segunda geração. Diferentemente dos segmentos solar e de hidrogênio, verifica-se que a companhia procurou apresentar em seus relatórios a evolução dos projetos em que estava envolvida em parceria com empresas privadas.

Analisando o perfil da ExxonMobil de atuação no segmento de biocombustíveis, é possível notar que os principais esforços da companhia foram para o desenvolvimento tecnológico de biocombustíveis de terceira geração. No início sua estratégia foi voltada para o monitoramento da tecnologia e, com os avanços nos testes da tecnologia, identifica-se maior interesse da companhia em atingir a escala comercial de produção de biocombustíveis a partir de algas. No entanto, conforme reportado pela ExxonMobil, ainda são necessários diversos avanços na pesquisa desta rota tecnológica para que se torne comercialmente viável.

4.2.4. Tecnologia CCS

A Figura 14 apresenta os principais movimentos estratégicos da ExxonMobil em tecnologia CCS durante o período analisado.

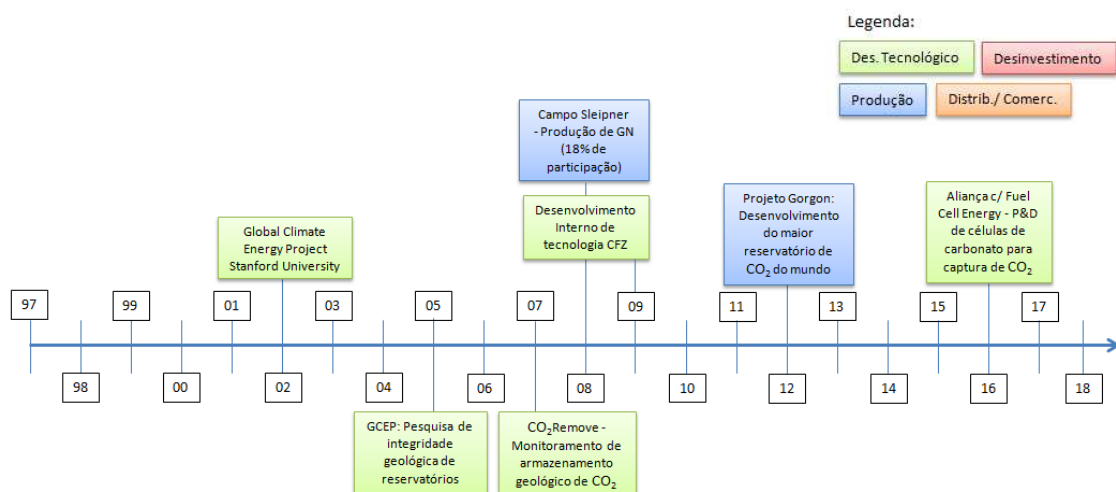


Figura 14 - Linha do tempo dos movimentos estratégicos da ExxonMobil em tecnologia CCS

O primeiro movimento da companhia para implantação de projetos CCS ocorreu em 1996 através da participação minoritária no projeto de captura de CO₂ produzido por uma plataforma de petróleo e posterior armazenamento geológico. Em 2008, quando a companhia volta a apresentar interesse na implantação de projetos CCS, entende-se que se trata de uma estratégia de Criação de Opções na tentativa de reduzir as emissões de carbono de suas instalações. Apesar de a ExxonMobil destacar sua participação em grande parte do armazenamento geológico de CO₂ mundial, verifica-se em seus relatórios baixo engajamento nos projetos para implantação da tecnologia. Além disso, no período de análise, a companhia reportou envolvimento em apenas três projetos de integração da tecnologia às unidades de processamento de combustíveis fósseis.

Quanto ao desenvolvimento tecnológico, é possível identificar que as parcerias estabelecidas pela companhia foram direcionadas principalmente para o estudo da viabilidade do armazenamento geológico de CO₂. Os programas internos de P&D foram dedicados ao desenvolvimento de tecnologias para captura de CO₂ de plantas industriais. Percebe-se, inicialmente, uma tendência à Abertura de Janelas para monitoramento das possibilidades que a tecnologia CCS poderia oferecer. Com o avanço nas pesquisas, em 2008, a ExxonMobil passou a identificar o potencial da tecnologia CCS para reduzir suas emissões de carbono, porém ainda com receio quanto ao custo do processo de captura de CO₂. Nesse momento, percebe-se o direcionamento dos esforços da companhia para a estratégia de Criação de Opções, pois houve maior comprometimento com os projetos em desenvolvimento.

Através da análise do histórico de posicionamento da ExxonMobil nos segmentos apresentados, verifica-se maior tendência da companhia à exploração das oportunidades oferecidas pelo desenvolvimento da tecnologia CCS. A possibilidade de redução das emissões de carbono relacionadas às operações com energia fóssil permite que a companhia tenha uma perspectiva de sobrevida na indústria em que está inserida. No entanto, vale destacar que, comparativamente aos movimentos apresentados pela Shell, seu posicionamento estratégico no segmento pode ser considerado insatisfatório.

4.2.5. Perfil de atuação da ExxonMobil nos segmentos de análise

Em suas colocações a respeito do aquecimento global, percebe-se a grande preocupação da companhia em relação à implantação de futuras políticas ambientais relativas à

precificação do carbono, que poderiam impactar a saúde financeira de suas operações e/ou o preço de oferta de seus produtos. Por exemplo, em relação às discussões apresentadas na COP21, a companhia destaca que o suprimento de energia acessível à população pode ser comprometido caso não sejam definidas políticas ponderadas em relação às emissões de carbono (ExxonMobil, 2016).

A ExxonMobil apresenta no relatório “*Outlook for Energy: A View to 2040*” (ExxonMobil, 2018) que o avanço das tecnologias para reduzir as emissões de carbono deve estar atrelado às suas reduções de custos para limitar o aquecimento global a 2°C em relação aos níveis pré-industriais, como definido no Acordo de Paris. A companhia prevê que a tecnologia CCS e os biocombustíveis avançados podem desempenhar este papel no atendimento às futuras necessidades energéticas. De acordo com a ExxonMobil, sem o desenvolvimento robusto de tais opções tecnológicas, o cumprimento das políticas ambientais pode representar o aumento de custo da energia para a sociedade.

Portanto, tendo em vista esta perspectiva da ExxonMobil, é possível entender o direcionamento de seus esforços majoritariamente para o desenvolvimento de biocombustíveis avançados e tecnologia CCS. Ao analisar o posicionamento estratégico da companhia nesses dois segmentos, observa-se um perfil de atuação muito próximo, iniciando através de Abertura de Janelas e posteriormente migrando para uma estratégia de maior engajamento para possibilitar a introdução das tecnologias no mercado. No entanto, em ambos os casos, não foi possível identificar uma tendência ao Estabelecimento de Posições no segmento. A companhia aparenta perseguir uma estratégia que permita seu envolvimento superficial com as tecnologias que venham a ser opções futuras de investimento caso necessário.

Em relação aos segmentos solar e de hidrogênio, percebe-se um perfil comportamental distinto ao de biocombustíveis e tecnologia CCS. A companhia destacou alguns projetos principalmente através do programa GCEP, porém houve pouco envolvimento para permitir sua evolução da etapa de P&D com universidades.

A questão fundamental ao analisar o posicionamento da ExxonMobil em energia alternativa é se essas tecnologias irão dar suporte para a companhia continuar sua produção de petróleo, reduzindo o impacto ambiental de suas operações, ou se serão um

novo segmento de geração de energia para o consumidor final. Até o momento, a companhia parece buscar a integração das tecnologias renováveis às suas instalações de processamento de fontes fósseis de energia.

4.3. BP ^{11,12}

Os principais movimentos da BP em direção às tecnologias alternativas de energia ocorreram a partir de 2000 quando a companhia reposicionou a sua missão de um foco exclusivo em petróleo para um foco mais amplo em energia, acompanhada pela campanha de *rebranding*¹³ “*Beyond Petroleum*”. No entanto, verifica-se que a maior parte desses movimentos da companhia nos segmentos analisados se concentra entre 2004 e 2010. A partir de 2005, é possível notar a intensificação dos posicionamentos da BP em função da formação da subsidiária *BP Alternative Energy*. O plano da companhia era dedicar US\$ 8 bilhões em 10 anos para desenvolvimento da geração e comercialização de energia solar, eólica, hidrogênio, biocombustíveis e gás natural.

O comportamento da BP de interromper a maioria de seus posicionamentos em 2010 está possivelmente relacionado ao derramamento de petróleo da plataforma de exploração *Deepwater Horizon*, operada pela BP. Em função das diversas punições ambientais, a companhia precisou focar na redução dos impactos gerados pelo vazamento, além de rever a forma de operação de suas unidades, revisando seus padrões e comportamento de seu corpo técnico, para evitar novos escândalos.

A Tabela 8 apresenta o quadro analítico de classificação dos movimentos da BP para cada uma das etapas de posicionamento em cada um dos segmentos.

¹¹O histórico de posicionamento da BP nos setores solar, eólico, hidrogênio, biocombustíveis e tecnologia CCS está apresentado nos Apêndices C1, C2, C3, C4 e C5, respectivamente.

¹²Praticamente todas as informações relativas aos posicionamentos da BP em energia solar, eólica, hidrogênio, biocombustíveis e tecnologia CCS foram obtidas dos relatórios anuais, de sustentabilidade e *press releases* de 1998 a 2017, disponibilizados pela companhia. Como forma de complemento a essas informações, em alguns casos, foram utilizadas reportagens disponíveis em bases de dados, que estão adequadamente referenciadas quando citadas.

¹³Rebranding é uma estratégia de marketing, no qual uma organização decide alterar a sua denominação, ou o seu logotipo, ou o seu design, ou outros elementos identificativos, para formar uma nova identidade.

Tabela 8 - Quadro analítico dos movimentos da BP em cada etapa de posicionamento

	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18
ENERGIA SOLAR																						
Des. Tecnológico		1						1		3	1	2	1	2	-1							
Produção	1	3	2			-1	1	2		2	1		-1	1	-2	-1	-1					1
Distrib./Comerc.		3	2	1				7	3	4	1	1	2			-1	1					1
ENERGIA EÓLICA																						
Des. Tecnológico															1							
Produção						1			4	4	4	3	4	-1	3	3	1	1				
Distrib./Comerc.																						
HIDROGÊNIO																						
Des. Tecnológico																						
Produção								2	2	-1	1	1	3	1	-1							
Distrib./Comerc.			2	1			6	1	1													
BIOCOMBUSTÍVEIS																						
Des. Tecnológico								2	1	4	2	3	2	2	2					1	1	
Produção										1	1			2	1					-1		
Distrib./Comerc.															1				1		1	
TECNOLOGIA CCS																						
Des. Tecnológico			1					1												2	1	
Produção								1	3	1	-1	1	1	4	2	-1						1
Distrib./Comerc.																						
Legenda:																						
Abertura de Janelas	■																					
Criação de Opções	■																					
Estabelecimento de Posições	■																					
Desinvestimento	■																					

As subseções a seguir apresentam a análise da Tabela 8 para cada um dos segmentos estudados.

4.3.1. BP - Energia Solar

A Figura 15 apresenta os principais movimentos estratégicos da BP no segmento solar durante o período analisado.

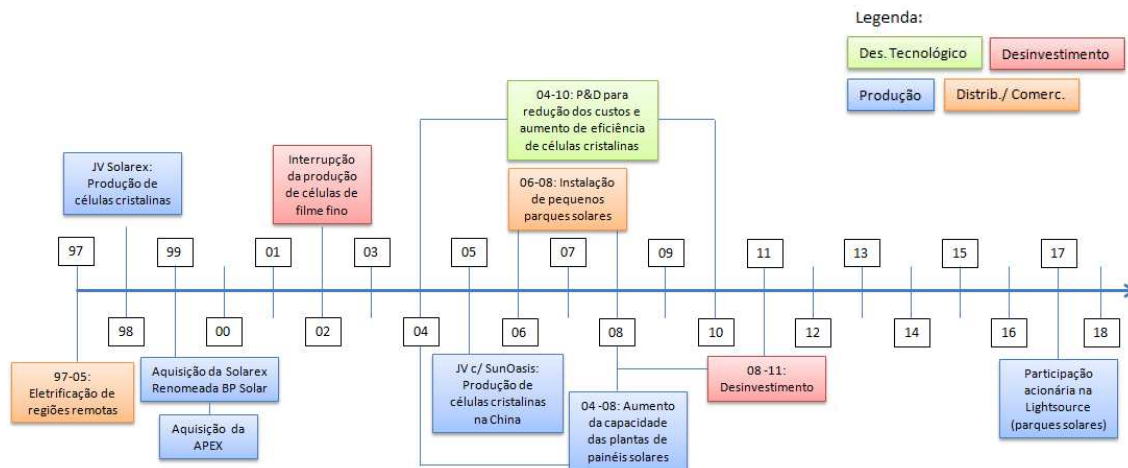


Figura 15 - Linha do tempo dos movimentos estratégicos da BP no segmento solar

O posicionamento da BP no segmento solar foi o mais expressivo dentre os analisados. A companhia foi atuante no segmento solar desde 1983, com plantas para fabricação de painéis e módulos solares instaladas em diversos países. Por esse motivo, no início da análise, em 1998 e 1999, seu posicionamento na etapa de Produção estava bem estruturado e a companhia já detinha um *market share* expressivo. Além disso, a BP realizou a aquisição das empresas Solarex e APEX, produtoras de módulos solares estabelecidas no segmento, o que evidencia uma estratégia deliberada da companhia. Ao mesmo tempo, verifica-se uma nova estratégia de introdução de painéis solares de filme fino no mercado, pois eram mais eficientes e de menor custo de produção. Dessa forma, nesse período inicial, os movimentos da companhia na etapa de Produção foram classificados como de Estabelecimento de Posições.

Em 2002, a companhia descontinuou sua produção de painéis solares de filme fino, com intuito de racionalizar sua gama de produtos, dando início à produção de painéis solares com sua nova tecnologia *Saturn*. Vale ressaltar que a tecnologia das células solares cristalinas tem possibilidades limitadas de aprimoramento radical de seu desempenho (Pinkse & van den Buuse, 2012), o que em longo prazo poderia impactar o posicionamento estratégico da companhia no segmento. Em 2005, a companhia estabeleceu uma *joint venture* com uma empresa chinesa líder na produção de módulos fotovoltaicos para expansão da sua produção, além ser uma forma de entrada no mercado da China.

Na etapa de Desenvolvimento Tecnológico, verifica-se que a BP teve sua atuação voltada para o aumento da eficiência dos painéis solares e redução da quantidade de

material utilizado para sua fabricação através de parcerias com universidades e institutos de pesquisa. O principal movimento ocorreu em 2006 quando a companhia anunciou o direcionamento de US\$ 5 milhões para um projeto de pesquisa de cinco anos com o Instituto de Tecnologia da Califórnia, voltado para tornar os custos de fabricação mais competitivos. Em função das necessidades verificadas na etapa de produção e comercialização de módulos solares, identifica-se que a estratégia de posicionamento da BP na etapa de Desenvolvimento Tecnológico também foi voltada para o Estabelecimento de Posições.

Na etapa de Distribuição/ Comercialização, é possível identificar diversos projetos em parceria, inicialmente dedicados para a instalação de pequenos projetos solares em parceria com órgãos públicos, caracterizando a estratégia de Abertura de Janelas de 1998 a 2000. A partir de 2003, a companhia começou a se envolver com projetos de maior escala, principalmente com a instalação de sistemas solares para comunidades remotas em países em desenvolvimento. Dessa forma, entre 2003 e 2005, identifica-se a estratégia de Criação de Opções. A partir de 2006, identifica-se um novo comportamento de formação de parcerias com empresas estabelecidas de diferentes segmentos para implantação de projetos solares em países desenvolvidos, sugerindo uma estratégia de Estabelecimento de Posições.

De 2008 a 2012, a BP realizou uma série de desinvestimentos em plantas de produção de módulos solares. A companhia optou por terceirizar a fabricação de painéis solares para empresas localizadas na China e a Índia, desmantelando sua estratégia de verticalização no segmento solar. No fim de 2011, após 35 anos de atuação no segmento solar, a companhia optou por encerrar todas as suas operações, justificando que a energia solar havia evoluído para uma *commodity* de baixa margem no mercado e não estaria mais alinhada com sua estratégia de negócio. Em 2012, a BP anunciou que havia finalizado a transferência de suas obrigações e ativos para seus afiliados ou terceiros.

O fato de a BP ter entrado no segmento solar em um momento inicial e ter consistentemente construído sua posição no mercado indica sua percepção quanto à importância estratégica da tecnologia. Verifica-se que a companhia buscou obter vantagens de escala para alcançar competitividade de custo tanto em atividades de fabricação de módulos solares quanto nas plantas de geração de energia solar. No

entanto, conforme apontado por Pinkse & van den Buuse (2012), a separação das unidades de negócio (energia renovável e óleo & gás) pode ter impactado negativamente o desempenho da companhia no segmento solar, pois acabaram sendo submetidas às mesmas expectativas de lucratividade. Enquanto o negócio de energia solar envolve investir em uma tecnologia emergente relativamente intensiva em P&D, as metas de desempenho impostas pelos acionistas na indústria do petróleo enfatizavam cada vez mais os retornos de curto prazo. Dessa forma, a falta de rentabilidade no segmento ajudou a impulsionar as decisões da companhia de desinvestimento.

Em 2017, a companhia voltou a apresentar interesse no segmento, estabelecendo aliança com a empresa *LightSource*, a maior empresa de desenvolvimento e implantação de projetos solares de larga escala na Europa. Os projetos são voltados para geração de energia para a rede de distribuição de determinado local e para instalação de módulos solares para clientes finais. Da mesma forma como analisado para a Shell, entende-se que este movimento de retorno ao segmento solar voltado para geração e distribuição de energia está mais alinhado à sua estratégia de negócio, podendo facilitar o desempenho da BP no segmento.

4.3.2. BP - Energia Eólica

A Figura 16 apresenta os principais movimentos estratégicos da BP no segmento de energia eólica durante o período analisado.

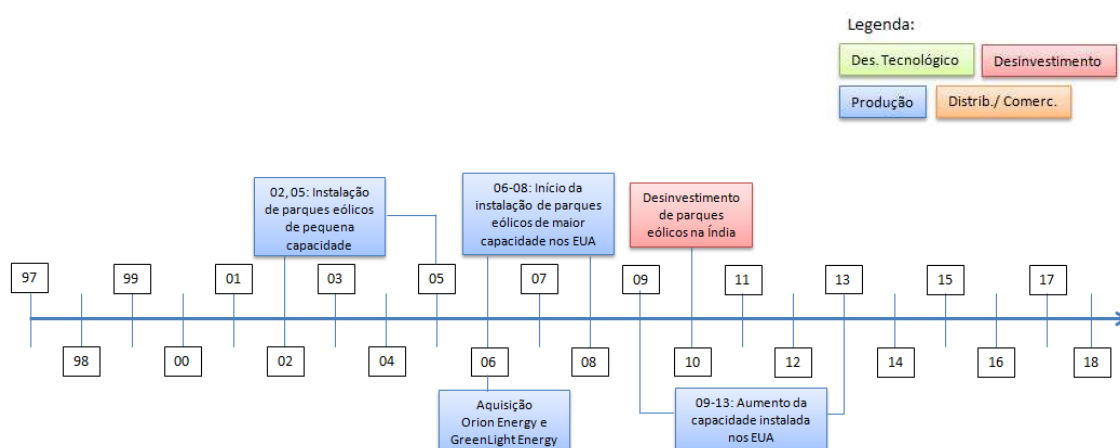


Figura 16 - Linha do tempo dos movimentos estratégicos da BP no segmento eólico

O posicionamento inicial da BP no segmento eólico ocorreu no período de 2002 a 2005 através da instalação de pequenos parques eólicos *onshore* na Europa, com capacidade

de geração de energia entre 9 e 22 MW. Devido à falta de experiência no segmento e aos projetos de baixa escala, identificou-se nesse período uma forma de Abertura de Janelas pela companhia na etapa de Produção.

Nos anos subsequentes, suas ações foram majoritariamente direcionadas para a implantação de parques eólicos nos EUA, iniciando em 2006 através da parceria com a companhia *Clipper Wind Power* para fornecimento de turbinas eólicas e com a aquisição de duas companhias especializadas na geração de energia eólica (BP, 2006). Estes posicionamentos estavam alinhados com a sua intenção de se estabelecer no mercado americano através da instalação de parques eólicos, com o objetivo de aumentar a escala de seus projetos. O período de 2006 a 2008 foi classificado como uma forma de Criação de Opções, pois foi marcado pela entrada da companhia nos EUA. Desta forma, a capacidade instalada de parques eólicos ainda era baixa, aproximadamente 170 MW em 2007.

Em 2009, houve o início de operação de diversos parques eólicos nos EUA por parte da BP, aumentando sua capacidade instalada para 710 MW. Ao mesmo tempo, a companhia optou por vender seus ativos localizados na Índia para se concentrar no mercado americano. Com isso, houve um direcionamento dos esforços da companhia para formar parcerias com empresas com experiência no segmento eólico, alcançando a operação comercial de dezesseis parques em nove estados americanos em 2012. Devido à intensidade e ao direcionamento dos movimentos da companhia para se estabelecer na etapa de Produção de energia eólica nos EUA, identificou-se entre 2009 e 2012 a estratégia de Estabelecimento de Posições.

Em todo período analisado, houve apenas uma classificação do posicionamento da companhia na etapa de desenvolvimento tecnológico no segmento eólico. Esse movimento estava relacionado com o desenvolvimento de projetos *offshore* em 2009.

Ao analisar o comportamento da BP no segmento eólico, percebe-se uma entrada mais tardia, se comparada ao segmento solar, mas com uma tendência a se estabelecer através do aumento consistente de sua capacidade instalada de geração de energia eólica. Foram formadas alianças com importantes fabricantes de turbinas eólicas, demonstrando uma estratégia de verticalização da companhia. Além disso, identifica-se a aquisição de duas companhias especializadas na geração de energia eólica, permitindo que a BP tivesse

acesso a recursos relevantes para seu posicionamento no segmento. Para implantação dos projetos de parques eólicos, foram estabelecidas alianças com empresas do segmento de energia renovável. Esses movimentos da companhia permitiram uma ampla participação no mercado norte-americano de energia eólica. No entanto, possivelmente em função da falta de rentabilidade de seus projetos, a partir de 2013, a BP optou por investir na otimização do desempenho dos parques eólicos e não foram reportados novos movimentos no segmento.

4.3.3. BP – Hidrogênio

A Figura 17 apresenta os principais movimentos estratégicos da BP no segmento de hidrogênio durante o período analisado.

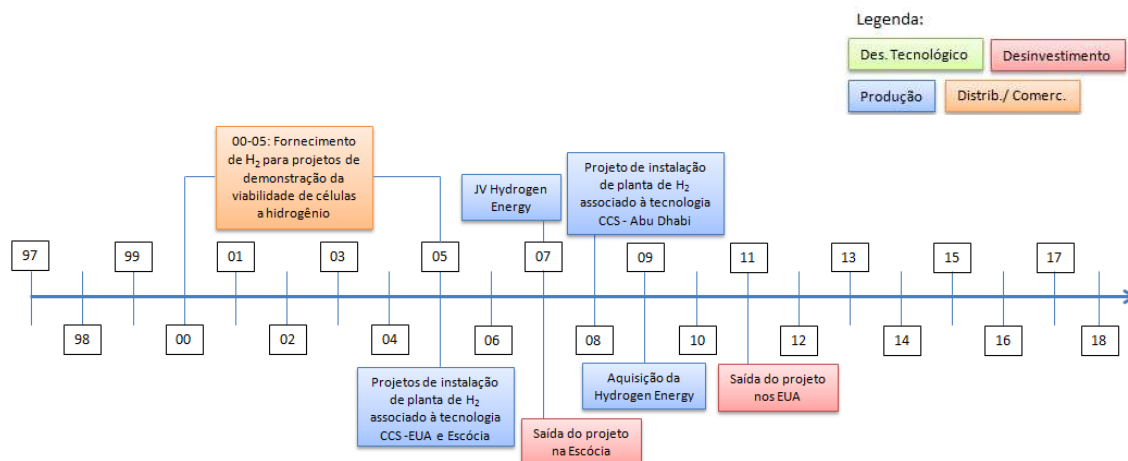


Figura 17 - Linha do tempo dos movimentos estratégicos da BP no segmento de hidrogênio

No segmento de hidrogênio, observa-se uma tentativa inicial da companhia acessar a rede de distribuição e comercialização de hidrogênio através de projetos para instalação de estações de abastecimento. Como se tratavam de projetos, ainda embrionários, para teste de células a combustível de seus parceiros do segmento automobilístico, identificou-se nos anos 2000 e 2001 a estratégia de Abertura de Janelas na etapa de Distribuição e Comercialização. Em 2003, a BP anunciou diversos projetos de demonstração em diferentes cidades para avaliar os desafios técnicos e econômicos para desenvolvimento da produção, distribuição e varejo de hidrogênio como combustível veicular. Com o maior envolvimento da companhia para desenvolvimento da infraestrutura de abastecimento, observa-se sua mudança de estratégia para Criação de Opções.

Em 2005, é possível identificar uma tendência da BP em sair da etapa de Distribuição e Comercialização, passando para a etapa de Produção. A companhia buscou investir em projetos para produção de hidrogênio de forma limpa, ou seja, com baixa emissão de carbono. Para isso, apresentou dois projetos, um na Califórnia, EUA, e outro em Peterhead, Escócia, focados na produção de hidrogênio a partir de fontes fósseis de energia (gás natural, coque, etc.), porém associados à tecnologia CCS. Dessa forma, o CO₂ capturado nessas plantas seria direcionado para reservatórios subterrâneos para armazenamento ou recuperação de petróleo. De 2005 a 2006, identifica-se a estratégia de Criação de Opções na etapa de Produção, pois a companhia demonstra interesse em acessar o mercado, porém reporta alguns impeditivos para viabilização dos projetos, principalmente relacionados às aprovações governamentais para prosseguir com eles.

Em 2007, quando a BP anunciou a formação da *joint venture Hydrogen Energy* para avançar com os projetos de produção de hidrogênio, em parceria com a companhia Rio Tinto do segmento de mineração, identificou-se o início de uma estratégia de Estabelecimento de Posições. Com a *joint venture*, é possível identificar um maior comprometimento da companhia em avançar com os projetos, cobrando respostas mais rápidas dos governos quanto às licenças ambientais, buscando novas formas de financiamento e novos projetos no mundo. Em 2008, a *Hydrogen Energy* anunciou o início de um projeto em Abu Dhabi também voltado para geração de hidrogênio com posterior injeção de carbono em reservatórios subterrâneos. Em 2009, a BP adquiriu a participação da Rio Tinto na *Hydrogen Energy*. Além disso, o projeto de Abu Dhabi obteve aprovação ambiental e social e o projeto da Califórnia recebeu o segundo investimento do *Department of Energy* dos EUA (DoE), indicando determinado progresso nos projetos.

O primeiro desinvestimento no segmento de hidrogênio realizado pela companhia ocorreu em 2007. Segundo a BP, isso se deu devido à dificuldade em obter a resposta do órgão ambiental do governo da Escócia quanto à capacidade de armazenamento do reservatório Miller no Mar do Norte, que seria utilizado no projeto de Peterhead. Em 2011, a companhia anunciou a venda do projeto da Califórnia para a companhia americana SCS, do segmento de geração de eletricidade. Desde 2010, o projeto de Abu Dhabi apresenta-se estagnado devido à necessidade de definições tecnológicas quanto ao transporte de CO₂ para armazenamento nos reservatórios.

Observa-se que a forma de posicionamento no segmento de hidrogênio da BP foi inicialmente voltada para o desenvolvimento da *infraestrutura* de abastecimento de veículos através de alianças com empresas estabelecidas da indústria automobilística. Posteriormente, a companhia apresentou interesse na produção de hidrogênio com baixa emissão de carbono e interrompeu seus movimentos na etapa de distribuição e comercialização. O reposicionamento da empresa no segmento pode ser em função de um *gap* identificado na produção de hidrogênio, revelando uma oportunidade de negócio. No entanto, devido às dificuldades reportadas, principalmente relacionadas à etapa de armazenamento de CO₂, a companhia optou pela venda de dois dos três projetos que estava envolvida.

4.3.4. BP – Biocombustíveis

A Figura 18 apresenta os principais movimentos estratégicos da BP no segmento de biocombustíveis durante o período analisado.

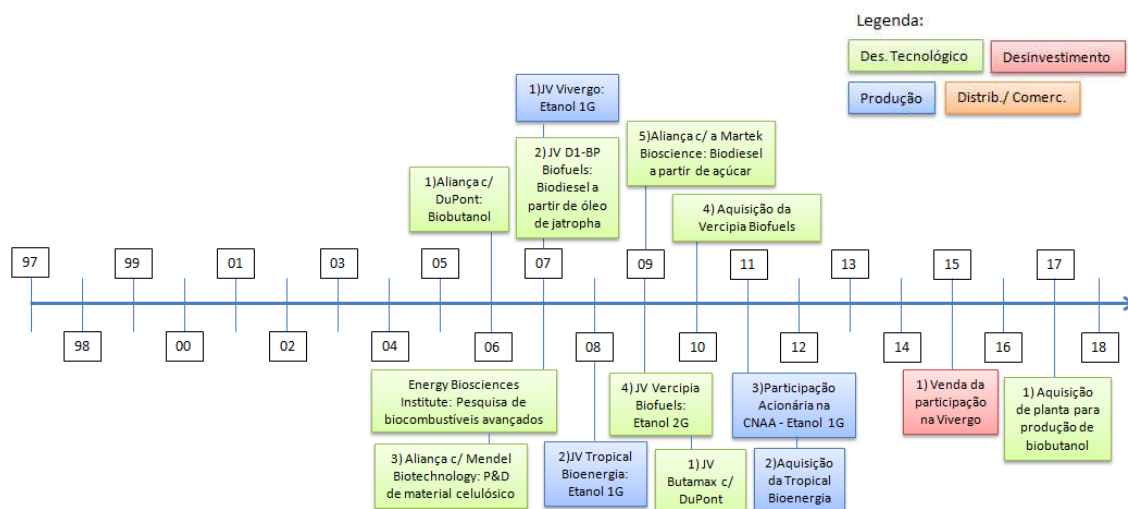


Figura 18 - Linha do tempo dos movimentos estratégicos da BP no segmento de biocombustíveis

A Tabela 9 apresenta os diferentes projetos no segmento de biocombustíveis que a BP se envolveu, desde a produção de etanol de primeira geração à pesquisa avançada em biotecnologia.

Tabela 9 - Principais projetos da BP voltados para biocombustíveis

Projetos da BP em Biocombustíveis				
Processo	Empresa Parceira	Posicionamento	Início	Obs.
Produção de Bioetanol	DuPont	Joint Venture Butamax	2006	JV formada em 2009
Energy Biosciences Institute (EBI) - Pesquisa de Biocombustíveis Avançados	University of California Berkeley, Lawrence Berkeley National Laboratory e University of Illinois	Programa Externo de P&D	2007	-
Etanol 1G a partir de trigo	DuPont British Sugar	Joint Venture Vivergo	2007	Venda de sua participação em 2015
Biodiesel a partir de óleo de jatropha	D1 Oils	Joint Venture D1-BP Fuel Crops Limited	2007	-
Material celulósico de alta produtividade	Mendel Biotechnology	Participação Acionária	2007	-
Etanol 1G a partir de cana-de-açúcar	Santelisa Vale Grupo Maeda	Joint Venture Tropical BioEnergica	2008	Aquisição da empresa em 2011
Etanol a partir de resíduos lignocelulósicos	Verenium	Joint Venture Vercipia Biofuels	2009	Aquisição da empresa em 2010
Biodiesel a partir de açúcares, utilizando algas	Martek Biosciences Corporation	Projeto em parceria	2009	-
Etanol 1G a partir de cana-de-açúcar	CNAA	Participação Acionária	2011	-

No segmento de biotecnologia, destaca-se o interesse da BP pelo desenvolvimento tecnológico de biocombustíveis avançados, como: etanol de segunda geração (a partir de resíduos lignocelulósicos), biodiesel a partir da fermentação de açúcares e biobutanol. Além disso, a companhia apresentou diversos movimentos estratégicos para se estabelecer na produção de biocombustíveis de primeira geração.

Para o desenvolvimento de biocombustíveis avançados, identifica-se o estabelecimento de parcerias com empresas estabelecidas de diferentes segmentos industriais. Entre 2005 e 2008, a BP destacou projetos voltados para P&D através de parcerias com universidades e institutos de pesquisa, além de se envolver em diversos programas globais voltados para possibilitar maior inserção dos biocombustíveis no mercado. Além disso, a companhia anunciou seu envolvimento nos seguintes projetos: Desenvolvimento tecnológico de biobutanol em parceria com a DuPont e Desenvolvimento de material celulósico de alta produtividade em parceria com a

Mendel Biotechnology. Esse perfil comportamental sugere a opção da BP por uma estratégia de Criação de Opções, voltada para o estabelecimento de alianças para verificação das possibilidades que a tecnologia poderia oferecer.

A partir de 2009, a BP começou a apresentar maiores definições para seus projetos de desenvolvimento de biocombustíveis avançados, possivelmente em função da dedicação de US\$ 1 bilhão para o segmento. Em parceria com a empresa de biotecnologia Verenium Corporation, a BP anunciou a formação da *joint venture* Vercipia Biofuels para instalação da primeira planta de produção de etanol celulósico nos EUA (BP, 2009). Em 2011, a BP adquiriu a participação da Verenium na *joint venture*, tornando-se proprietária única. Fruto da parceria em 2006, a BP e a DuPont formaram a *joint venture* Butamax para desenvolvimento da produção de biobutanol no Reino Unido. Além disso, foi anunciado um projeto com a companhia Martek Biosciences, voltado para a produção de biodiesel a partir de açúcares.

De 2009 a 2017, os movimentos da companhia se apresentaram mais estruturados e houve maior dedicação de recursos financeiros aos projetos. Por isso, identifica-se uma estratégia de Estabelecimento de Posições voltada para o Desenvolvimento Tecnológico de biocombustíveis avançados.

Na etapa de Produção, o início do posicionamento da companhia ocorreu em 2007 através da formação das *joint ventures*: Vivergo no Reino Unido para produção de etanol a partir de trigo; e D1-BP Fuel Crops para produção de biodiesel a partir de óleo de jatropha (BP, 2007a). No ano seguinte, foi formada a *joint venture* Tropical Bioenergia no Brasil para produção de etanol via cana-de-açúcar (BP, 2008a). Esses dois posicionamentos estratégicos foram classificados como de Criação de Opções da etapa de Produção, pois entende-se que a companhia desejava estudar o mercado para definir seus futuros posicionamentos.

Em 2011, a BP obteve participação acionária de 83% na companhia CNAA e adquiriu as partes das demais companhias na Tropical Bioenergia para produção de etanol de primeira geração, se estabelecendo no mercado brasileiro (BP, 2011). Devido à dificuldade em alcançar a capacidade total de produção da planta no Reino Unido através da *joint venture* Vivergo, a BP optou por vender sua participação (BP, 2015a). O posicionamento da companhia no período de 2011 a 2017 foi classificado como de

Estabelecimento de Posições na etapa de Produção, pois a companhia apresentou decisões estratégicas e estruturadas quanto ao mercado de biocombustíveis de primeira geração. Mesmo não apresentando novos posicionamentos após 2012, a BP ressaltou em seus relatórios dos anos seguintes desempenhos satisfatórios de suas plantas de produção de etanol no Brasil.

Ao analisar o perfil da BP em biocombustíveis, identifica-se o crescimento em paralelo das estratégias voltadas para etanol de primeira geração e biocombustíveis avançados. Ao mesmo tempo em que a companhia busca se estabelecer na indústria de primeira geração, há uma dedicação intensa para projetos de pesquisa e desenvolvimento no segmento de biotecnologia. Esse comportamento evidencia a aposta da BP na participação dos biocombustíveis avançados em longo prazo, além de demonstrar a importância estratégica de ter uma participação ativa na produção de etanol de primeira geração, evitando que a companhia se torne refém dos demais produtores.

4.3.5. BP - Tecnologia CCS

A Figura 19 apresenta os principais movimentos estratégicos da BP em tecnologia CCS durante o período analisado.

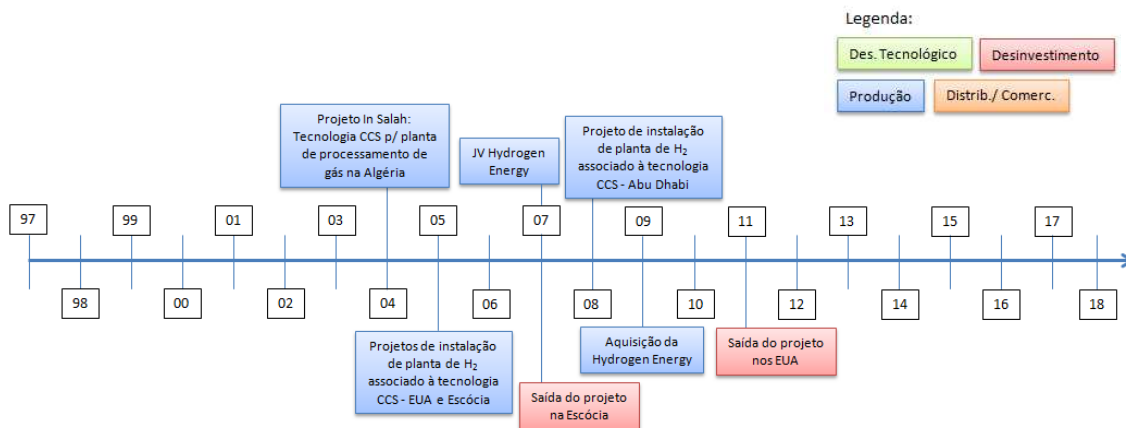


Figura 19 - Linha do tempo dos movimentos estratégicos da BP em tecnologia CCS

O posicionamento da BP em tecnologia CCS seguiu a mesma evolução do segmento de hidrogênio, pois todos os projetos da companhia voltados para instalação de plantas de produção de hidrogênio estavam associados com o posterior armazenamento do carbono capturado. O único projeto que não estava relacionado às plantas de produção de

hidrogênio foi o projeto In Salah na Argélia para armazenamento de CO₂, proveniente de uma planta de produção de gás, em reservatórios geológicos.

Para possibilitar o desenvolvimento da tecnologia CCS e a acreditação do armazenamento geológico pelos órgãos ambientais, a BP se envolveu em três projetos globais, em parceria com governos e outras companhias do setor de O&G, que visavam a maior difusão da tecnologia: *CO₂Carbon Capture Project* (BP, 2003), *Oil and Gas Climate Initiative* (BP, 2016b) e *Carbon Mitigation Initiative* (BP, 2016b).

Analisando os movimentos da BP em tecnologia CCS, identifica-se principalmente seu interesse em viabilizar a produção de hidrogênio de forma limpa. No entanto, diversos de seus projetos não avançaram em função da dificuldade em obter aprovação pelos órgãos competentes. Além disso, o tímido posicionamento da BP em projetos de P&D pode ter impactado a implantação dos projetos na etapa de produção. Esse cenário evidencia que a estratégia da companhia para reduzir suas emissões de carbono estava mais direcionada para energia renovável.

4.3.6. Perfil de atuação da BP nos segmentos de análise

O posicionamento estratégico da BP nos segmentos analisados seguiu perfis de atuação bastante distintos. Sua atuação nos segmentos solar e de biocombustíveis se destacou dentre os demais, revelando a aposta da companhia na futura participação destas fontes renováveis na matriz energética. Em ambos os segmentos, identifica-se a busca por formas de diversificação para o Estabelecimento de Posições, como *joint ventures*, participações acionárias e aquisições.

A maior diferença entre a atuação da BP em energia solar e biocombustíveis consiste no seu envolvimento para desenvolvimento de tecnologias alternativas. Enquanto no segmento solar verifica-se a opção pelo desenvolvimento e produção de células solares cristalinas, no segmento de biocombustíveis, a companhia se envolve com diferentes rotas de produção. Além disso, identifica-se a saída precoce da BP do segmento solar e a consistência de seu posicionamento em biocombustíveis. Uma questão que se revela é se a opção pelo desenvolvimento de diferentes rotas para produção de biocombustíveis se deu em função de um possível aprendizado com a perda de desempenho no segmento solar pela aposta em uma única tecnologia.

O posicionamento da BP nos segmentos eólico e de hidrogênio também segue um perfil análogo, inclusive com momentos de entrada na etapa de Produção muito próximos. Destaca-se o maior envolvimento para instalação de parques eólicos e plantas para produção de hidrogênio. A maior diferença consiste nas alianças formadas em cada um dos segmentos. Enquanto em energia eólica, é possível identificar que a maior parte das parcerias foi com empresas do segmento de energia renovável, no segmento de hidrogênio, verifica-se a formação de alianças com grandes empresas de indústrias estabelecidas.

Frente ao posicionamento da companhia em energia renovável, percebe-se seu escasso envolvimento em tecnologia CCS. A maior parte de seus projetos não avançou e não foi possível identificar movimentos estruturados para sua viabilização. Esse cenário apresenta um grande contraste de posicionamento em energia renovável e tecnologia CCS, o que pode indicar uma tendência da BP em perseguir sua estratégia de *rebranding* “*BeyondPetroleum*”.

4.4. Chevron^{14, 15}

Os posicionamentos da Chevron nos segmentos de análise ocorreram majoritariamente através de sua subsidiária Chevron Technology Venture (CTV), formada em 1999. Este braço da Chevron foi criado como forma de gerenciamento de inovação, comercialização e integração de tecnologias emergentes, incluindo aplicações de energia renovável (Chevron, 2008a).

Conforme pode ser observado na Tabela 10, a maior parte dos movimentos da companhia nos segmentos analisados se concentra entre 2004 e 2010, principalmente alinhados às estratégias de Abertura de Janelas e Criação de Opções. A atuação da Chevron foi principalmente voltada para o mercado americano com projetos de teste de tecnologias emergentes de geração de energia limpa.

¹⁴O histórico de posicionamento da Chevron nos setores solar, eólico, hidrogênio, biocombustíveis e tecnologia CCS está apresentado nos Apêndices D1, D2, D3, D4 e D5, respectivamente.

¹⁵Praticamente todas as informações relativas aos posicionamentos da Chevron em energia solar, eólica, hidrogênio, biocombustíveis e tecnologia CCS foram obtidas dos relatórios anuais, de sustentabilidade e *press releases* de 1997 a 2017, disponibilizados pela companhia. Como forma de complemento a essas informações, em alguns casos, foram utilizadas reportagens disponíveis em bases de dados, que estão adequadamente referenciadas quando citadas.

Tabela 10 - Quadro analítico dos movimentos da Chevron em cada etapa de posicionamento

	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18
ENERGIA SOLAR																						
Des. Tecnológico				1			1									1		1				
Produção														1								
Distrib./ Comerc.					1		3			2	1	3	1	2				1				
ENERGIA EÓLICA																						
Des. Tecnológico																						
Produção													1			1						
Distrib./ Comerc.																						
HIDROGÊNIO																						
Des. Tecnológico			1	2	1	1	1	1	1	1	1		1	-T								
Produção																						
Distrib./ Comerc.						1		2	2		1											
BIOCOMBUSTÍVEIS																						
Des. Tecnológico									4	3	1		1									
Produção									1		1					1						
Distrib./ Comerc.																					1	
TECNOLOGIA CCS																						
Des. Tecnológico			1	2		2				2												
Produção			1			1										1						
Distrib./ Comerc.																						
Legenda: Abertura de Janelas Criação de Opções Estabelecimento de Posições Desinvestimento 																						

Os subitens a seguir apresentam a análise da Tabela 10 para cada um dos segmentos estudados.

4.4.1. Chevron - Energia Solar

A Figura 20 apresenta os principais movimentos estratégicos da Chevron no segmento solar durante o período analisado.

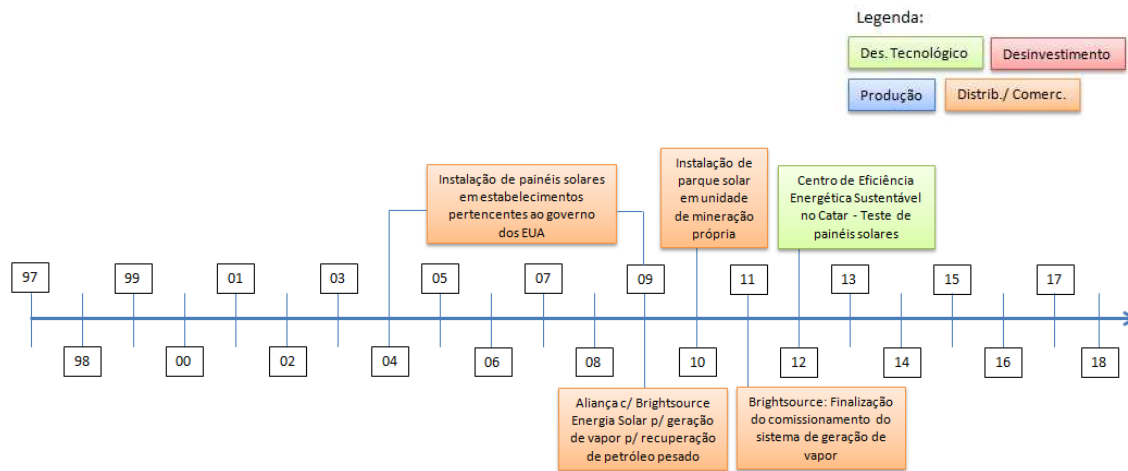


Figura 20 - Linha do tempo dos movimentos estratégicos da Chevron no segmento solar

A maior parte dos movimentos da Chevron no segmento solar está concentrada entre 2004 e 2012. Os principais projetos da companhia foram relacionados à instalação de sistemas solares em estabelecimentos pertencentes ao governo de diferentes estados americanos, além da instalação de sistemas solares para geração de vapor para recuperação de petróleo pesado em campos pertencentes à Chevron. Esses movimentos estão relacionados à etapa de Distribuição/ Comercialização, pois são formas de comercialização da expertise da companhia na instalação de tecnologia solar.

Observa-se que seus projetos voltados para instalação de painéis solares nos EUA ainda se encontravam em fase embrionária de desenvolvimento. Em sua maioria, se tratavam de projetos de pequena capacidade de geração de energia e estavam relacionados a incentivos governamentais. Dessa forma, percebe-se que até 2010 a companhia buscava monitorar o mercado de energia solar e acompanhar os desafios tecnológicos para sua atuação no segmento.

Em 2011, a Chevron destacou o início de operação do maior projeto de geração de vapor do mundo para recuperação de petróleo através do uso de energia solar, localizado em uma instalação *onshore* da companhia na Califórnia. Além disso, em 2012, foi apresentado o primeiro projeto de energia solar fora dos EUA, voltado para avaliação das tecnologias solares mais apropriadas para o Oriente Médio no Centro de Eficiência Energética Sustentável no Catar. Com esses movimentos, observa-se um direcionamento para a estratégia de Criação de Opções, já que houve expansão das fronteiras de sua atuação.

De forma geral, identifica-se o posicionamento da Chevron voltado principalmente para a integração da tecnologia solar às suas operações de recuperação de petróleo, garantindo a redução das emissões de carbono. Apesar de ter apresentado envolvimento com projetos para instalação de módulos solares para geração de energia local, percebe-se que a atuação da companhia foi em função dos subsídios governamentais. Uma questão que surge é se esta seria uma forma da companhia testar suas tecnologias para serem posteriormente utilizadas em seus campos de produção de petróleo.

4.4.2. Chevron - Energia Eólica

A Figura 21 apresenta os principais movimentos estratégicos da Chevron no segmento eólico durante o período analisado.

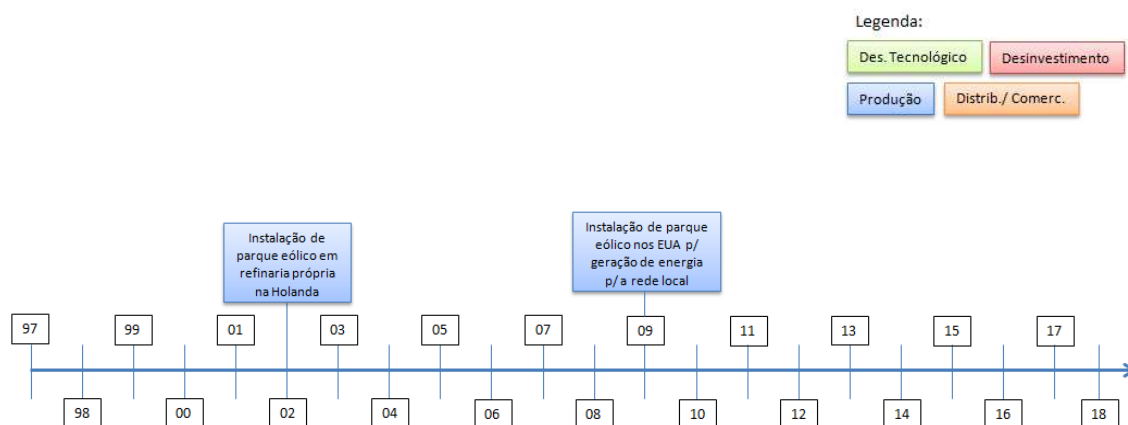


Figura 21 - Linha do tempo dos movimentos estratégicos da Chevron no segmento de energia eólica

No segmento de energia eólica, a companhia teve apenas duas atuações, ambas na etapa de Produção: Instalação de parque eólico de 22,5 MW na refinaria Nerefco, localizada na Holanda, de propriedade conjunta com a BP; e instalação de parque eólico de 16,5 MW de sua propriedade em Casper, Wyoming, projetado para realizar o uso eficiente de uma refinaria desativada para entrega de energia renovável à rede de distribuição local. Devido à escassez e as baixas capacidades de geração de energia dos projetos em que a Chevron se envolveu no segmento eólico, os movimentos da companhia foram classificados como de Abertura de Janelas.

4.4.3. Chevron – Hidrogênio

A Figura 22 apresenta os principais movimentos estratégicos da Shell no segmento de hidrogênio durante o período analisado.

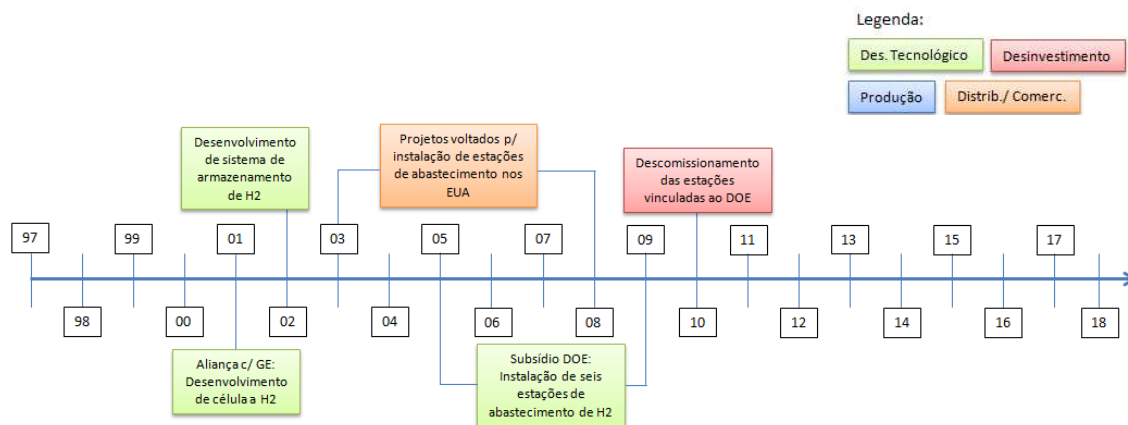


Figura 22 - Linha do tempo dos movimentos estratégicos da Chevron no segmento de hidrogênio

A atuação da Chevron no segmento de hidrogênio foi majoritariamente voltada para uma parceria de cinco anos, de 2005 a 2009, com o Departamento de Energia dos EUA (DOE). O projeto tinha como objetivo o estudo da viabilidade de introdução de frotas de veículos movidos a hidrogênio nos EUA, além de demonstração e validação de infraestrutura para utilização de hidrogênio como combustível veicular. A Chevron e as empresas Hyundai Motor Company (segmento automobilístico) e UTC FuelCells (fabricante de células combustíveis) foram selecionadas pelo DOE para liderar a instalação de seis estações de abastecimento de hidrogênio na Califórnia (Chevron, 2003b).

A Chevron concluiu que as tecnologias testadas poderiam ser operadas com segurança, mas diversas barreiras para a ampla utilização de hidrogênio como combustível de transporte foram verificadas, incluindo custo e densidade de energia. O estudo sugeriu que poderia levar décadas para desenvolver as tecnologias de produção, armazenamento e distribuição necessárias para tornar o hidrogênio disponível comercialmente em uma ampla área geográfica (Chevron, 2009a). Em 2010, a companhia concluiu o descomissionamento de quatro estações de reabastecimento de hidrogênio e transferiu um protótipo de estação para um terceiro (Chevron, 2010).

Identifica-se que entre 2003 e 2008 a companhia apresentou movimentos para a instalação de estações de abastecimento de hidrogênio nos EUA e produção de combustível de hidrogênio a partir de gás natural nas estações de abastecimento existentes, caracterizando a estratégia de Criação de Opções na etapa de Distribuição/Comercialização. Vale ressaltar que as estações de abastecimento vinculadas ao projeto com o DOE foram relacionadas à etapa de Desenvolvimento Tecnológico, já que se tratava de um teste quanto à viabilidade da introdução de veículos movidos a hidrogênio no mercado.

Ao analisar o perfil de atuação da Chevron no segmento de hidrogênio, identifica-se um comportamento investigativo das possibilidades que a tecnologia poderia oferecer. Com a sua conclusão a respeito das dificuldades para tornar o hidrogênio como combustível veicular comercialmente disponível, percebe-se o encerramento dos movimentos da companhia no segmento.

4.4.4. Chevron – Biocombustíveis

A Figura 23 apresenta os principais movimentos estratégicos da Chevron no segmento de biocombustíveis durante o período analisado.

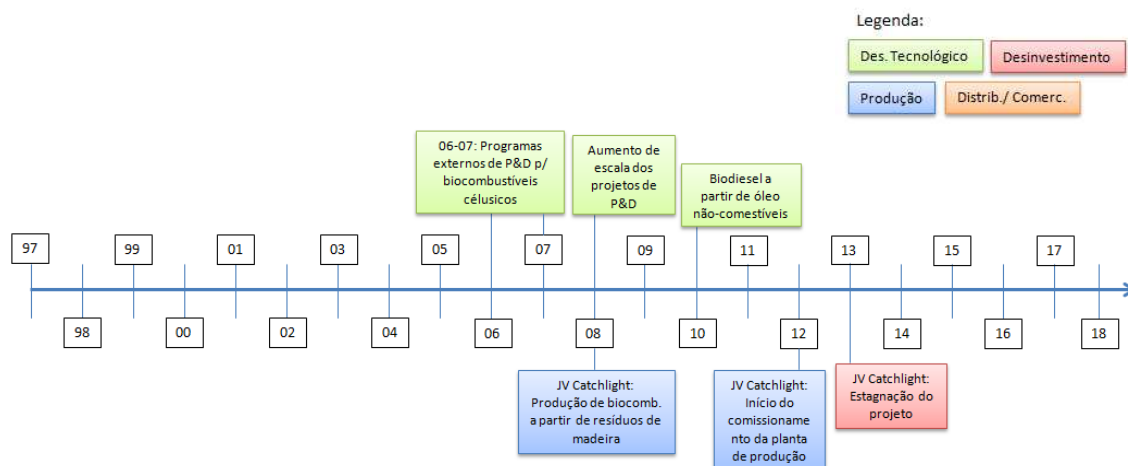


Figura 23 - Linha do tempo dos movimentos estratégicos da Chevron no segmento de biocombustíveis

A atuação da Chevron no segmento iniciou em 2006 com a formação da unidade de negócios focada em biocombustíveis. Inicialmente, os principais projetos da companhia foram para o desenvolvimento tecnológico de biocombustíveis avançados. Diversas parcerias com laboratórios de pesquisa, universidades e institutos de pesquisa dos EUA foram formadas para investigar as possibilidades tecnológicas, principalmente nos anos

de 2006 e 2007. Dessa forma, esses movimentos iniciais da companhia foram classificados como de Abertura de Janelas.

Em 2008, a Chevron anunciou a formação da *joint venture* Catchlight Energy LLC, em parceria com uma das maiores proprietárias e distribuidoras de madeira do mundo, Weyerhaeuser Company, para o desenvolvimento e comercialização de biocombustíveis a partir de recursos não-alimentícios e florestais. Em 2012, a companhia anunciou o início do comissionamento dessa planta, porém, no início de 2013, o projeto estagnou.

Além disso, a companhia também destacou o avanço em alguns projetos de P&D em biocombustíveis avançados, evoluindo de escala laboratorial para o planejamento de testes em escala piloto. Observa-se que a partir de 2008 a companhia passou a ter movimentos mais direcionados para possibilitar sua entrada no segmento. Por isso, os posicionamentos a partir de 2008 foram classificados como de Criação de Opções.

A forma de atuação da Chevron indica seu interesse por biocombustíveis a partir de resíduos lignocelulósicos, porém demonstra um posicionamento muito superficial. Apesar de ter formado uma *joint venture* com uma empresa estabelecida do segmento madeireiro, não houve menção quanto à evolução dos projetos para possibilitar a produção de biocombustíveis a partir dos resíduos de madeira. Essa forma de atuação sugere que a companhia não considera o segmento como estrategicamente importante para seu negócio. Esse posicionamento pode ser uma armadilha para a Chevron, já que existe uma tendência global dos governos em aumentar o percentual de biocombustíveis em combustíveis fósseis.

4.4.5. Chevron - Tecnologia CCS

A Figura 24 apresenta os principais movimentos estratégicos da Chevron em tecnologia CCS durante o período analisado.

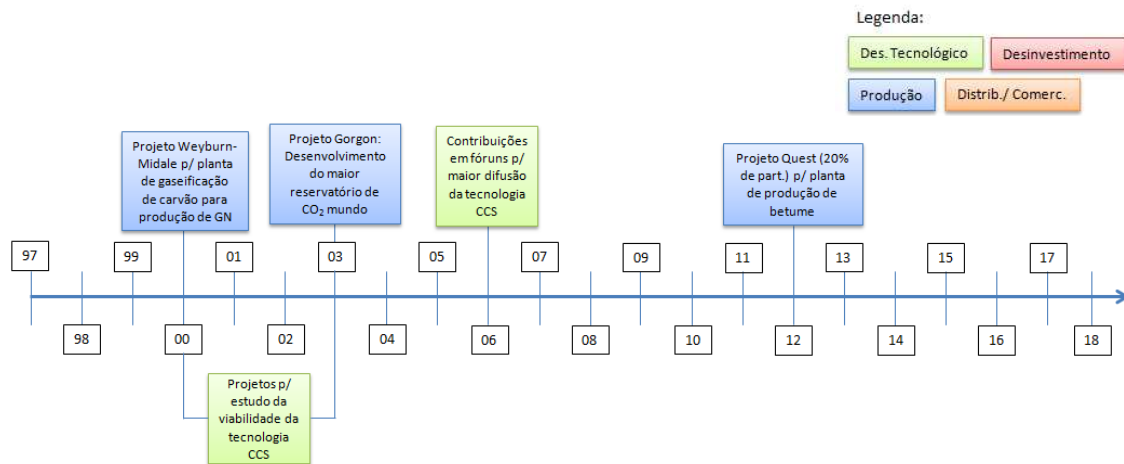


Figura 24 - Linha do tempo dos movimentos estratégicos da Chevron em tecnologia CCS

Verifica-se que a companhia se envolveu principalmente em projetos e fóruns globais, composto por empresas, governos de diferentes países e órgãos intergovernamentais, para o desenvolvimento e implantação das operações de captura e armazenamento de carbono. A Chevron destacou sua participação como fornecedora de informações técnicas para possibilitar a aprovação do armazenamento geológico de carbono. Em função do conteúdo investigativo da tecnologia CCS, esses movimentos foram classificados na etapa de Desenvolvimento Tecnológico. De 2000 a 2003, os posicionamentos foram classificados como de Abertura de Janelas, e, em 2006, quando a companhia apresentou alguns resultados e avanços dos programas, foram classificados como de Criação de Opções.

Quanto à implantação da tecnologia, etapa de Produção, verifica-se que a Chevron participou de três projetos, Weyburn-Midale, Gorgon e Quest, voltados para a captura de CO₂ de instalações de processamento de combustíveis fósseis e posterior armazenamento geológico. Apesar de seu posicionamento em apenas dois projetos relativos à implementação da tecnologia, a Chevron destacou que se tratavam dos projetos mais avançados do mundo e com maior capacidade de armazenamento (Chevron, 2003b). Por isso, foram classificados como de Criação de Opções da etapa de Produção.

A atuação da companhia em tecnologia CCS foi voltada principalmente para projetos de P&D para possibilitar o armazenamento geológico de carbono. Além disso, a Chevron se envolveu com três projetos importantes para implantação da tecnologia CCS. Essa

forma de posicionamento sugere o interesse da companhia em monitorar a tecnologia, apontando para uma estratégia de Criação de Opções.

4.4.6. Perfil de atuação da Chevron nos segmentos de análise

A forma de posicionamento da Chevron em energia renovável e tecnologia CCS ainda se revela muito tímida. Identificam-se poucos projetos nos segmentos de análise, sendo o de maior relevância relacionado à geração de vapor a partir de energia solar para recuperação de petróleo. Isto poderia ser um indicativo de uma propensão da companhia em apostar na integração das tecnologias de baixa emissão de carbono às suas operações de produção de petróleo. No entanto, ao examinar seus movimentos em tecnologia CCS, é possível perceber que ainda não há um posicionamento estratégico definido para a redução de suas emissões de carbono.

Nos segmentos de energia renovável, com exceção de energia eólica, percebe-se sua participação em diferentes projetos embrionários, sem grande relevância para o portfólio da companhia, o que pode apontar para uma estratégia de greenwashing. A tecnologia CCS parece ser uma opção para a companhia, porém ainda necessita de maior integração às suas instalações para que seja possível identificar uma estratégia mais estruturada no segmento.

5. Resultados e Discussão

Nos subitens a seguir são apresentadas as comparações de atuação das empresas por segmento. Para tanto, um quadro analítico com esquema de cores relacionadas à estratégia de posicionamento das empresas em cada segmento foi elaborado.

5.1. Energia Solar

A Tabela 11 apresenta uma comparação entre as estratégias de posicionamento das petrolíferas estudadas em energia solar.

Tabela 11 - Comparação dos posicionamentos das companhias em energia solar

	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
ENERGIA SOLAR																							
SHELL																							
Des. Tecnológico					2			1	-1			-T									2		
Produção	2		1		1	-2	1	1		-1	1	2	-T										
Distrib./Comerc.		1	2	1	1	1						-T									1	5	4
EXXONMOBIL																							
Des. Tecnológico					1			2	1												1		
Produção																							
Distrib./Comerc.																							
BP																							
Des. Tecnológico		1					1		3	1	2	1	2	-T									
Produção	1	3	2			-1	1	2		2	1		-1	1	-2	-1	-T					1	
Distrib./Comerc.		3	2	1			7	3	4	1	1	2			-T	1						1	
CHEVRON																							
Des. Tecnológico					1			1								1		1					
Produção														1									
Distrib./Comerc.					1			3			2	1	3	1	2					1			
Legenda: Abertura de Janelas Criação de Opções Estabelecimento de Posições Desinvestimento 																							

Através da análise da Tabela 11, é possível identificar um perfil análogo de posicionamento no segmento solar entre a Shell e a BP. As companhias iniciaram seus movimentos no segmento na década de 80, mas a partir de 1997 é possível identificar maiores esforços para se estabelecerem. Posteriormente, ambas optaram por encerrar suas atividades, pois classificaram a tecnologia solar como economicamente desinteressante para difusão em larga escala. A partir de 2016, percebe-se uma tendência

ao restabelecimento de posição no segmento, porém dedicadas à geração e comercialização de energia.

No primeiro momento, verifica-se que as companhias apresentaram estratégias deliberadas para se estabelecerem na etapa de produção de módulos solares, com intuito de obter vantagens de escala para alcançar competitividade de custo e ganhar *market share*. Conforme apontado no “*World Energy Outlook*” de 2008 (IEA, 2008), a tecnologia fotovoltaica ainda apresentava o maior custo de investimento de todas as fontes de energia renováveis comercialmente disponíveis. É possível identificar que a Shell e a BP buscaram através de alianças e aquisições o acesso a recursos e competências complementares para o desenvolvimento da tecnologia solar.

Após décadas de atuação no segmento solar, a Shell anunciou a saída do segmento em 2008 e a BP optou por encerrar suas atividades em 2011. Ambas as companhias reportaram que a indústria enfrentava persistente sobrecapacidade de produção e circunstâncias incertas de mercado, o que impactava diretamente a rentabilidade do segmento. Como se trata de um segmento emergente, em que há necessidade de investimentos massivos em P&D, os retornos financeiros costumam ser de longo prazo. No entanto, as metas de desempenho impostas pelos acionistas na indústria do petróleo tendem a exigir cada vez mais os retornos de curto prazo, o que pode ter incentivado o encerramento de suas operações no segmento solar. Também é importante destacar que a opção de desinvestimento da BP foi em seguida ao acidente com sua plataforma de petróleo *Deep Horizon*, que impactou negativamente as finanças da companhia.

Outro ponto relevante que pode ter levado à decisão de desinvestimento no segmento é o fato de a fabricação de painéis solares escapar da estratégia central de negócio das companhias. A principal forma de atuação das petroleiras é a geração e comercialização de energia. Quando optam por perseguir uma estratégia que foge do seu *core business* estão sujeitas a uma curva de aprendizagem que pode impactar seu desempenho no segmento. Pinkse & van den Buuse (2012) destacam que nos últimos anos de atuação na produção de painéis solares as petroleiras foram superadas por produtores especializados em células solares, como a Q-Cells, a First Solar, a Suntech e a Sharp, perdendo grande parte de seu *marketshare*.

No segmento de distribuição e comercialização, identifica-se que as companhias serviram dois mercados distintos: instalação de painéis solares conectados à rede e eletrificação rural. Inicialmente seus movimentos foram direcionados para instalação de painéis em comunidades remotas de países em desenvolvimento e mais tarde houve maior atuação na implantação de parques solares para fornecimento de eletricidade às redes de distribuição de países desenvolvidos. No primeiro caso, é possível dizer que as companhias identificaram a oportunidade de exploração de nichos de mercado.

Quando a Shell e a BP voltam a atuar no segmento, buscam explorar as oportunidades relacionadas à geração e comercialização de energia solar, porém mais voltadas para substituição do espaço já ocupado pelas fontes fósseis de energia. Nesse sentido, não se trata mais de um nicho de mercado, mas sim a maior inserção de fontes renováveis na matriz energética.

Em relação ao desenvolvimento tecnológico de painéis solares, observa-se que as companhias seguiram direções opostas. A Shell apostou inicialmente em painéis cristalinos, porém identificou maiores oportunidades no desenvolvimento de painéis de filme fino, apontado como de maior desempenho. Já a BP iniciou uma estratégia de migração para os painéis de filme fino, porém retrocedeu, justificando a racionalização de sua gama de produtos, e direcionou sua produção para painéis cristalinos.

Quanto às companhias Chevron e ExxonMobil, são observados poucos movimentos no segmento solar. A ExxonMobil se envolveu com projetos de pesquisa com universidades voltados para o desenvolvimento de tecnologias de células solares. A Chevron teve sua atuação voltada para a geração de vapor a partir de energia solar para recuperação de petróleo pesado, sugerindo uma forma de posicionamento voltada para a integração das tecnologias de energia renovável às suas operações voltadas o segmento de óleo & gás.

Pela forma de atuação no segmento, parece ser evidente que até o momento a ExxonMobil e a Chevron não apostam em uma participação efetiva da energia solar no futuro. No entanto, no fim de 2018, as companhias declararam sua participação na “*Oil & Gas Climate Initiative*”, que reúne diferentes petroleiras focadas na redução de carbono de suas operações (Gilblom, Blas & Nussbaum, 2018). Este movimento pode

trazer novas perspectivas quanto às formas de posicionamento das petroleiras americanas em relação às formas alternativas de energia.

5.2. Energia Eólica

A Tabela 12 apresenta uma comparação entre as estratégias de posicionamento das petroleiras estudadas em energia eólica.

Tabela 12 - Comparação dos posicionamentos das companhias em energia eólica

	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
ENERGIA EÓLICA																							
SHELL																							
Des. Tecnológico																				1	1		
Produção			1	1	1	2	3	2	1	3	2	1	1	1								1	1
Distrib./ Comerc.																					2	1	
EXXONMOBIL																							
Des. Tecnológico																							
Produção																							
Distrib./ Comerc.																							
BP																							
Des. Tecnológico													1										
Produção					1			4	4	4	3	4	3	3	3	1	1						
Distrib./ Comerc.																							
CHEVRON																							
Des. Tecnológico																							
Produção													1			1							
Distrib./ Comerc.																							
Legenda: Abertura de Janelas Criação de Opções Estabelecimento de Posições Desinvestimento 																							

Através da análise da Tabela 12, é possível verificar que a Shell e a BP tiveram formas de posicionamento no segmento muito semelhantes, porém com momentos de entrada distintos. Ambas optaram por atuar principalmente na instalação de parques eólicos *onshore* nos EUA, em parceria com empresas do segmento de energia renovável. Identifica-se a propensão das companhias se estabelecerem no segmento através do aumento consistente de sua capacidade instalada de geração de energia eólica.

Diferentemente da BP, observa-se que a Shell também buscou desenvolver projetos voltados para energia eólica *offshore*, em parceria com empresas estabelecidas de

geração e distribuição de energia. No entanto, foram reportadas maiores dificuldades para implantação dos projetos, além de um aumento progressivo dos custos para seu comissionamento. Com isso, a companhia optou por direcionar seus esforços para a implantação de parques eólicos *onshore* nos EUA.

Em 2009, a Shell anunciou a interrupção dos seus investimentos em energia eólica, porém, manteve em operação oito parques eólicos *onshore* nos EUA e dois parques eólicos *offshore* na Europa. Em 2013, a BP apresentou uma decisão similar, optando por atuar apenas na otimização do desempenho de seus parques eólicos.

Em 2015, a Shell voltou a atuar no segmento, direcionando o seu posicionamento estratégico para o estabelecimento de parcerias e aquisições de empresas de geração e distribuição de energia. Além disso, a companhia apostou novamente no desenvolvimento de parques eólicos *offshore*. Dessa forma, a companhia passou a atuar desde a geração de energia renovável até a comercialização e distribuição final, relevando uma possível estratégia de verticalização.

As companhias ExxonMobil e Chevron não apresentaram movimentos relevantes no segmento para serem discutidos.

5.3. Hidrogênio

A Tabela 13 apresenta uma comparação entre as estratégias de posicionamento das petroleiras estudadas no segmento de hidrogênio.

Tabela 13 - Comparação dos posicionamentos das companhias em hidrogênio

	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
HIDROGÊNIO																							
SHELL																							
Des. Tecnológico		3		1	4	1		1	1				-T									1	
Produção																						1	1
Distrib./Comerc.					1	1	1	1	3	2			-T				1	1	3	3			
EXXONMOBIL																							
Des. Tecnológico					1	1		2		1													
Produção																							
Distrib./Comerc.																							
BP																							
Des. Tecnológico																							
Produção								2	2	-1	1	1	3	1	-T								
Distrib./Comerc.			2	1		6	1	1															
CHEVRON																							
Des. Tecnológico			1	2	1	1	1	1	1	1			1	-T									
Produção																							
Distrib./Comerc.						1		2	2		1												
Legenda: Abertura de Janelas Criação de Opções Estabelecimento de Posições Desinvestimento 																							

As formas de posicionamento das companhias no segmento de hidrogênio seguiram perfis muito distintos. A Shell procurou se envolver principalmente em projetos voltados para instalação de estações de abastecimento de hidrogênio através de alianças com empresas do segmento automobilístico. É possível identificar movimentos direcionados para se estabelecer na etapa de distribuição do combustível, o que está alinhado com a estratégia central de negócio da companhia. Além disso, verifica-se em um primeiro momento sua participação ativa em projetos de P&D de células a combustível, sistemas de armazenamento de hidrogênio, sistemas de purificação de hidrogênio, entre outros, com empresas estabelecidas.

A BP teve sua atuação voltada para projetos de produção de hidrogênio a partir de fontes fósseis de energia integrados à tecnologia CCS. Para tanto, foi estabelecida uma *joint venture* com uma companhia do segmento de mineração na tentativa de acelerar a implantação dos projetos. No entanto, a BP reportou dificuldades em obter respostas dos órgãos ambientais quanto ao armazenamento geológico de carbono, o que pode ter desencorajado a continuidade de seus movimentos no segmento.

A Chevron se envolveu inicialmente com projetos de demonstração, subsidiados pelo DOE, voltados para o estudo da viabilidade de introdução de frotas de veículos movidos a hidrogênio nos EUA. Com a conclusão de que ainda poderia levar décadas para desenvolver as tecnologias de produção, armazenamento e distribuição, a companhia optou por encerrar seus movimentos no segmento.

A ExxonMobil destacou seu envolvimento em alguns projetos voltados para o desenvolvimento de células a hidrogênio e para materiais de alta capacidade de armazenamento de hidrogênio. No entanto, pouco foi reportado nos relatórios da ExxonMobil a respeito da evolução destes projetos.

Através da Tabela 13, é possível identificar que a maior parte dos movimentos das companhias ocorreu até 2007/8. Penna & Geels (2015) apontaram que entre 2000 e 2007 o entusiasmo por células a combustível resultou em números crescentes de protótipos de células a hidrogênio, além de promessas otimistas sobre desenvolvimento tecnológicos e comercialização. No entanto, gradualmente, essas promessas foram projetadas para o futuro (cerca de 10 a 15 anos), causando a deflação de projetos no segmento depois de 2006/7.

De forma geral, verifica-se que ainda é necessário superar diversas barreiras técnicas para que o hidrogênio seja amplamente utilizado como combustível veicular, como por exemplo: Desenvolvimento de plantas de produção de hidrogênio com baixa emissão de carbono, implantação da *infraestrutura* de distribuição, desenvolvimento de formas seguras de armazenamento de hidrogênio, aumento de frota de veículos com células combustíveis, etc. Isso sugere que o segmento de hidrogênio ainda precisará encarar diversos progressos técnico-econômicos para seu estabelecimento.

5.4. Biocombustíveis

A Tabela 14 apresenta uma comparação entre as estratégias de posicionamento das petroleiras estudadas em biocombustíveis.

Tabela 14 - Comparação dos posicionamentos das companhias em Biocombustíveis

	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18
BIOCOMBUSTÍVEIS																						
SHELL																						
Des. Tecnológico					1		1	2	1	4	3	-1	2	1	-2	1	1	1	1	1	1	1
Produção														1			1	1	1	1	1	1
Distrib./Comerc.																						
EXXONMOBIL																						
Des. Tecnológico					1				1			1	1	1					2	1	1	
Produção																						
Distrib./Comerc.																						
BP																						
Des. Tecnológico								2	1	4	2	3	2	2	2					1	1	
Produção									1	1			2	1					-1			
Distrib./Comerc.															1				1		1	
CHEVRON																						
Des. Tecnológico									4	3	1		1									
Produção									1		1				1							
Distrib./Comerc.																						1
Legenda:																						
Abertura de Janelas																						
Criação de Opções																						
Estabelecimento de Posições																						
Desinvestimento																						

Ao analisar a forma de atuação em biocombustíveis, é possível identificar um perfil análogo entre a Shell e BP e entre a ExxonMobil e Chevron. A Shell e BP apresentaram envolvimento com diferentes projetos voltados para o desenvolvimento de biocombustíveis avançados e etanol de primeira geração, enquanto a ExxonMobil e a Chevron tiveram sua atuação voltada para uma única rota de produção de biocombustíveis.

A Shell destacou seu interesse tanto pelo desenvolvimento de novos processos de conversão como de novos produtos, apostando inicialmente em cinco diferentes projetos. Identifica-se a tendência da companhia à exploração das possibilidades que tecnologias de naturezas distintas (biotecnológica, termoquímica e química) poderiam oferecer. Com seu maior amadurecimento no segmento, a Shell optou por descontinuar duas plataformas em desenvolvimento, passando a focar em biocombustíveis a partir de resíduos celulósicos. É interessante notar que a maior parte das alianças estabelecidas pela Shell foi com empresas de base tecnológica.

Após aproximadamente uma década de desenvolvimento de biocombustíveis avançados, a Shell optou por alterar sua forma de posicionamento e investir na produção de etanol de primeira geração no Brasil, formando a *joint venture* Raízen. Para isso, seus projetos voltados para conversão de resíduos celulósicos em biocombustíveis foram transferidos para a nova *joint venture*, de forma que pudesse explorar as sinergias existentes entre a produção de etanol de primeira e segunda geração.

Desde o início de atuação da BP no segmento, identifica-se o crescimento em paralelo das estratégias voltadas para biocombustíveis de primeira e de segunda geração. A companhia apostou no estabelecimento de parcerias com empresas estabelecidas de diferentes segmentos industriais para identificação das possibilidades oferecidas pelos biocombustíveis produzidos a partir de resíduos celulósicos. Em relação ao etanol de primeira geração, identifica-se a aposta da BP na produção a partir da cana-de-açúcar, estabelecendo duas parcerias importantes no Brasil.

Conforme apresentado, tanto a Shell quanto a BP buscaram se envolver no desenvolvimento tecnológico de biocombustíveis de segunda geração. Porém, verifica-se que, em função da dificuldade de escalonamento da tecnologia e necessidade de redução de custos, as companhias optaram por se posicionar na produção de etanol de primeira geração. Apesar das companhias destacarem que algumas de suas plantas comerciais e usinas de demonstração para produção de biocombustíveis de segunda geração se encontram em operação, a capacidade de produção destas ainda é incomparável com as plantas de primeira geração. Esse comportamento evidencia a aposta das companhias na participação dos biocombustíveis avançados em longo prazo, além de demonstrar a importância estratégica de ter uma participação ativa na produção de etanol de primeira geração.

Esse perfil de comportamento foi apresentado no relatório “World Energy Outlook” da IEA de 2016 (WEO/IEA, 2016). A IEA destacou que os biocombustíveis de primeira geração são de certa forma um entrave ao desenvolvimento de biocombustíveis avançados, pois, o que se observa são mandatos crescentes de mistura de etanol anidro à gasolina (como no Brasil e Indonésia) e/ou subsídios ao segmento de biocombustíveis (como nos Estados Unidos), independente da origem da biomassa utilizada para a produção destes.

Caso não haja um direcionamento das políticas públicas para o desenvolvimento dos biocombustíveis avançados, a sua participação na matriz de combustíveis para transporte pode permanecer inexpressiva. Na Europa, por exemplo, observa-se uma tendência à redução do apoio público aos biocombustíveis convencionais. Em 2015, a atualização das Diretivas de Qualidade de Combustível e Energia Renovável da Comissão Europeia decretou um limite de 7% nos biocombustíveis convencionais no consumo final para transporte, mas mantendo a exigência de participação de pelo menos 10% de fontes renováveis no setor de transporte a partir de 2020 (WEO/IEA, 2016).

A ExxonMobil e a Chevron tiveram sua atuação voltada principalmente para o desenvolvimento tecnológico de uma única rota de produção de biocombustíveis avançados. A ExxonMobil se envolveu com o desenvolvimento de biocombustíveis de terceira geração, a partir da utilização de algas geneticamente modificadas, em parceria com uma *startup* do segmento de biotecnologia. A companhia destacou avanços no projeto, porém ressaltou que sua viabilidade comercial ainda está distante. Essa forma de posicionamento sugere o distanciamento da estratégia de Estabelecimento de Posições.

A principal forma de posicionamento da Chevron no segmento foi através da formação de uma *joint venture*, em parceria com uma empresa estabelecida da indústria madeireira, para pesquisa, desenvolvimento e comercialização de biocombustíveis a partir de recursos não-alimentícios e florestais. No entanto, pouco foi reportado a respeito da evolução dos projetos, sugerindo que o segmento pode não ser considerado estrategicamente importante para a companhia.

Comparando-se os perfis de atuação da ExxonMobil e Chevron em biocombustíveis, percebe-se a aposta da ExxonMobil na etapa de desenvolvimento tecnológico e da Chevron na etapa de produção. Esse comportamento da Chevron pode ser considerado arriscado em função da sua falta de experiência no segmento, avançando para uma etapa que exigiria maior *know how* técnico para permitir o progresso de seu projeto. A ExxonMobil, apesar de aparentar mais lenta na sua forma de atuação, possui um comportamento consistente para desenvolvimento tecnológico de biocombustíveis de terceira geração.

5.5. Tecnologia CCS

A Tabela 15 apresenta uma comparação entre as estratégias de posicionamento das petrolíferas estudadas em tecnologia CCS.

Tabela 15 - Comparação dos posicionamentos das companhias em Tecnologia CCS

	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18
TECNOLOGIA CCS																						
SHELL																						
Des. Tecnológico					1	2	1		1	2	1			2							1	
Produção				1		1	2	-1	1	1				3		1	-1	1	1		2	
Distrib./Comerc.																1					1	
EXXONMOBIL																						
Des. Tecnológico				1			1		1	1	2										1	
Produção										2						1						
Distrib./Comerc.																						
BP																						
Des. Tecnológico			1					1													2	1
Produção							1	3	1	-1	1	1	4	2	-1							1
Distrib./Comerc.																						
CHEVRON																						
Des. Tecnológico			1	2		2			2													
Produção			1			1										1						
Distrib./Comerc.																						
Legenda:																						
Abertura de Janelas																						
Criação de Opções																						
Estabelecimento de Posições																						
Desinvestimento																						

A Shell apresentou um perfil de comportamento voltado para o segmento de tecnologia CCS muito particular, se comparado às demais empresas. Identifica-se um esforço constante da companhia para se estabelecer no segmento, atuando paralelamente em projetos de P&D e de integração da tecnologia às instalações de processamento de fontes fósseis de energia. É possível identificar a intensificação dos movimentos da Shell em tecnologia CCS no momento em que anuncia o desinvestimento dos segmentos solar, eólico e de hidrogênio.

A ExxonMobil e a Chevron exibiram perfis de posicionamentos muito semelhantes. Ambas tiveram seus principais projetos voltados para o desenvolvimento da tecnologia CCS. Observa-se que as parcerias estabelecidas foram direcionadas principalmente para

o estudo da viabilidade do armazenamento geológico de CO₂. Além disso, as companhias se envolveram em poucos projetos, porém relevantes para a indústria, para integração da tecnologia CCS às instalações de processamento de combustível fóssil. Através da análise de seus movimentos, ainda não é possível identificar uma tendência ao Estabelecimento de Posições no segmento. As companhias aparentam perseguir uma estratégia que permita seu envolvimento superficial com a tecnologia para que seja uma opção futura de investimento, caso necessário.

Por fim, identifica-se que a BP buscou se posicionar principalmente na etapa de produção através da integração da tecnologia CCS às plantas de produção de hidrogênio. No entanto, diversos de seus projetos não avançaram em função da dificuldade em obter aprovação das entidades competentes. Além disso, o tímido posicionamento da BP em projetos de P&D pode ter impactado a implantação de seus projetos na etapa de produção.

De forma geral, verifica-se que a maior parte dos projetos se concentrou entre 2004 e 2010. No relatório *World Energy Outlook* de 2008 (IEA, 2008), a IEA apresentou que os projetos CCS ainda encontravam uma série de barreiras técnicas, econômicas e legais para sua implantação. Por isso, um esforço considerável de pesquisa e desenvolvimento estava sendo feito para tornar a tecnologia viável. Aproximadamente vinte projetos de demonstração estavam em construção ou em planejamento, o que poderia reduzir os custos e melhorar o desempenho da tecnologia CCS. Dessa forma, de acordo com a IEA, a CCS estaria disponível comercialmente a partir de 2020, principalmente em países com incentivos financeiros adequados para sua apropriada implantação.

No entanto, em 2016, a IEA apontou que o alcance da redução necessária das emissões de CO₂ dependeria fortemente da participação das energias renováveis na matriz energética, em especial eólica e solar. A implantação da tecnologia CCS desempenharia um papel de menor importância no cumprimento dessas metas, dado o ritmo lento em que esta tecnologia estava sendo testada e comissionada na prática. A Agência ainda destacou que o apoio político e financeiro à tecnologia CCS havia reduzido, o que resultou em baixíssimo crescimento do segmento. Somente um novo projeto de CCS havia entrado em operação em 2015 no mundo (IEA, 2016).

6. Conclusão

Através da análise dos movimentos estratégicos das companhias estudadas, foi possível compreender seus processos de entrada, evolução, permanência e saída em novos segmentos de baixo carbono. Esta perspectiva de análise permitiu a identificação da imagem que a empresa deseja apresentar de si mesma para o mundo em relação ao desenvolvimento de tecnologias alternativas. A elaboração de quadros analíticos com esquema de cores possibilitou a compreensão da coerência dos movimentos das companhias, tornando possível a verificação do grau de envolvimento das empresas com cada uma das tecnologias estudadas.

De forma geral, identificou-se que Shell e BP apresentaram estratégias de posicionamento semelhantes nos segmentos de energia solar, eólica e biocombustíveis. Foi possível verificar que as companhias partiram principalmente de estratégias de Criação de Opções para acessar esses segmentos, evoluindo para as de Estabelecimento de Posições, para se posicionarem na etapa de produção. Por outro lado, as empresas ExxonMobil e Chevron atuaram principalmente em projetos embrionários de P&D, sem grande relevância para o portfólio da companhia, em parceria com universidades e institutos de pesquisa ou através de subsídios governamentais. As companhias aparentaram perseguir estratégias de monitoramento das tecnologias através de movimentos que sugerem as estratégias de entrada de Abertura de Janelas ou Criação de Opções.

Quanto à forma de análise proposta, foi verificado que a segmentação dos movimentos estratégicos em diferentes etapas da cadeia de valor foi essencial para compreender a evolução dos posicionamentos das companhias em cada tecnologia. Observou-se que as empresas podem se posicionar em diferentes etapas da cadeia de valor, seja através do seu envolvimento em P&D (Desenvolvimento Tecnológico), do investimento em plantas de produção (Produção) ou da distribuição/ comercialização de seus recursos tangíveis ou intangíveis (Distribuição/ Comercialização). A atuação da companhia em diferentes etapas requer o acesso a novos recursos ou desenvolvimento de habilidades, o que pode exigir um posicionamento estratégico distinto em cada uma.

Além disso, através dos quadros analíticos, foi possível observar que a dinâmica de posicionamento das companhias em tecnologias emergentes não é sequencial, ou seja,

não segue necessariamente a ordem de Abertura de Janelas, Criação de Opções e Estabelecimento de Posições. Diversos fatores podem influenciar a forma como a empresa opta por se posicionar em uma tecnologia emergente, como: pressão dos investidores, políticas públicas, grau de maturidade tecnológica, estratégia de negócio, volume de recursos necessários, etc.. Por isso, ao longo do processo de desenvolvimento de uma nova tecnologia, as empresas podem identificar que determinada estratégia de posicionamento está mais alinhada à conjuntura geral e redirecionar seus movimentos para permitir este ajuste. No entanto, vale destacar que a aderência interna da companhia à determinada estratégia de entrada requer tempo, por isso, rápidas e constantes mudanças de estratégias de posicionamento podem impactar negativamente seu desempenho em um novo segmento.

Por fim, foi possível identificar que o modelo proposto por Hamilton (1985) oferece a possibilidade de estruturação dos movimentos das empresas voltados para tecnologias emergentes e de relacioná-los ao grau de comprometimento que a empresa aparenta ter em relação à tecnologia. No entanto, para compreender mais a fundo o processo de posicionamento de uma empresa para o desenvolvimento de determinada tecnologia emergente, observou-se que é necessário levar em consideração, além das possíveis formas de entrada apresentadas no modelo proposto por Hamilton (1985), os seguintes fatores: O grau de maturidade da tecnologia e as variáveis externas que podem influenciar as decisões da empresa.

Quanto maior o grau de maturidade tecnológica, menores são as incertezas quanto aos desafios e riscos que podem surgir ao longo do seu desenvolvimento. Com isso, o universo de empresas interessadas na tecnologia tende a aumentar, tornando o ambiente mais competitivo e conseqüentemente aumentando o volume de recursos que a companhia precisa direcionar para se posicionar. Por outro lado, no início do desenvolvimento de uma nova tecnologia, ainda há diversas indefinições quanto à sua evolução e possibilidade de comercialização, o que acaba delimitando o número de empresas dispostas a enfrentar os desafios inerentes ao processo de amadurecimento tecnológico. Em relação às variáveis externas, verificou-se, por exemplo, que o aumento do preço do petróleo influencia os países dependentes de importação de petróleo a desenvolverem tecnologias alternativas com o intuito de se tornarem menos reféns deste combustível fóssil. Nesse sentido, entende-se que avaliar a conjuntura político-econômica ao longo do período analisado (identificando quando há tendência ao

investimento, desinvestimento ou estagnação) é essencial para compreender os fatores que influenciam a dinâmica de posicionamento estratégico de empresas de petróleo em tecnologias emergentes de baixa emissão de carbono.

É importante ressaltar que o presente trabalho não se atentou em analisar esses dois fatores apresentados anteriormente, que podem interferir nas formas de posicionamento das companhias de petróleo nos segmentos de baixo carbono. Porém, são aspectos fundamentais para entender o contexto no qual se insere o processo de desenvolvimento de fontes alternativas de energia. Assim, para trabalhos futuros, sugere-se a realização de uma análise mais ampla considerando a influência da maturidade tecnológica e da conjuntura político-econômica sobre as formas de posicionamento das petroleiras em tecnologias alternativas.

A principal limitação da presente dissertação está relacionada à classificação dos movimentos das companhias em cada uma das estratégias de posicionamento apresentadas por Hamilton. A forma de classificação dos movimentos com base na percepção do pesquisador pode trazer dificuldades para a reprodutibilidade da análise. Por isso, para futuros trabalhos, sugere-se a criação de métricas para classificação dos movimentos em cada uma das estratégias, levando em consideração, além da forma e o subtipo de posicionamento, o capital financeiro dedicado, a vida útil do projeto, entre outros. Dessa forma, seria possível a elaboração de indicadores para uma análise quantitativa dos posicionamentos estratégicos das companhias.

7. Bibliografia

- Anand, J., Oriani, R., & Vassolo, R. S. (2010). Alliance Activity as a Dynamic Capability in the Face of a Discontinuous Technological Change. *Organization Science*, 21(6), 1213–1232. <https://doi.org/10.1287/orsc.1090.0502>
- Asko Nobel. (2001). Akzo Nobel and Shell to jointly develop low cost solar panels | AkzoNobel. Retrieved April 7, 2018, from <https://www.akzonobel.com/for-media/media-releases-and-features/akzo-nobel-and-shell-jointly-develop-low-cost-solar-panels>
- Baker, A. (n.d.). History of Solar Cells: How PV Panels Evolved. Retrieved May 29, 2019, from <https://www.solarpowerauthority.com/a-history-of-solar-cells/>
- Balakrishnan, S., & Koza, M. P. (1993). Information asymmetry, adverse selection and joint-ventures. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 20, 99.
- Barney, J. B. (1996). Cooperative Strategies: Strategic Alliances. In *Gaining and Sustaining Competitive Advantage*.
- BBC News. (2007). BP pulls out of green power plant. Retrieved December 12, 2018, from http://news.bbc.co.uk/2/hi/uk_news/scotland/north_east/6685345.stm
- Biozin granted IH2 technology license. (2017). Retrieved September 18, 2018, from <https://bioenergyinternational.com/biofuels-oils/biozin-granted-ih2-technology-license>
- Blauwwind Consortium reaches Financial Close on Borssele III/IV. (2018). *ENP Newswire*. Retrieved from http://go-galegroup.ez29.capes.proxy.ufrj.br/ps/retrieve.do?tabID=T004&resultListType=RESULT_LIST&searchResultsType=SingleTab&searchType=AdvancedSearchForm¤tPosition=1&docId=GALE%7CA545148723&docType=Article&sort=Relevance&contentSegment=&prodId=AON
- BP. (2000). BP Annual Report, 1(1), 1–89.
- BP. (2001). *BP Annual Report*.
- BP. (2002). *BP Sustainability Report*.
- BP. (2003). *BP Sustainability Report*.
- BP. (2004). *BP Sustainability Report*.
- BP. (2005a). *BP Annual Report*.
- BP. (2005b). *BP Sustainability Report*.
- BP. (2006). *BP Annual Report*.
- BP. (2007a). *BP Annual Report*.
- BP. (2007b). *BP Sustainability Report*.
- BP. (2008a). *BP Annual Report*.
- BP. (2008b). *BP Sustainability Report*.
- BP. (2009). *BP Annual Report*.
- BP. (2010). *BP Annual Report*.
- BP. (2011). *BP Annual Report*.
- BP. (2012). *BP Annual Report*.
- BP. (2013). *BP Annual Report*, 288.
- BP. (2014). *BP Annual Report*.
- BP. (2015a). *BP Annual Report*. Retrieved from <http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/investors/bp-strategic-report-2015.pdf>
- BP. (2015b). *BP Sustainability Report*.
- BP. (2016a). *BP Annual Report*.
- BP. (2016b). *BP Sustainability Report*.
- BP. (2017). *BP Annual Report* (Vol. 6).

- Britto, J. (2013). Diversificação, Competências e Coerência Produtiva. In *Economia Industrial* (2^a, p. 382). Elsevier.
- Broyles, K. (2000). Texaco buys 20% stake, plans JV with “green” technology firm. Retrieved January 8, 2019, from <https://www.ogj.com/articles/2000/05/texaco-buys-20-stake-plans-jv-with-green-technology-firm.html>
- Carbon Capture and Sequestration Technologies @ MIT. (n.d.). Retrieved October 22, 2018, from https://sequestration.mit.edu/CSI/csi_participants.html
- Chang, S. J., & Rosenzweig, P. M. (2001). The choice of entry mode in sequential foreign direct investment. *Strategic Management Journal*, 22(8), 747–776. <https://doi.org/10.1002/smj.168>
- Cherradi, N. (2018). *Solar PV technologies status and evolutions*. Retrieved from www.fs-unep-centre.org
- Chevron. (2001a). Annual Report. *Chevron Corporation*.
- Chevron. (2001b). Supplement to the Annual Report. *Chevron Corporation*, 1–113.
- Chevron. (2002a). Annual Report. *Chevron Corporation*.
- Chevron. (2002b). Corporate Responsibility Report. *Chevron Corporation*.
- Chevron. (2003a). Annual Report. *Training Journal*, (June), 59–63.
- Chevron. (2003b). Corporate Responsibility Report. *Chevron Corporation*.
- Chevron. (2004). Corporate Responsibility Report. *Chevron Corporation*.
- Chevron. (2005). Supplement to the Annual Report. *Chevron Corporation*, 5. Retrieved from <http://www.fao.org/docrep/007/y5686e/y5686e07.htm#bm07>
- Chevron. (2006a). Annual Report. *Chevron Corporation*.
- Chevron. (2006b). Corporate Responsibility Report. *Chevron Corporation*.
- Chevron. (2007a). Annual Report. *Chevron Corporation*.
- Chevron. (2007b). Corporate Responsibility Report. *Development*.
- Chevron. (2007c). Supplement to the Annual Report. *Chevron Corporation*, 95–119. Retrieved from <https://ebookcentral.proquest.com/lib/swin/detail.action?docID=4085411>.
- Chevron. (2008a). Corporate Responsibility Report. *Chevron Corporation*, 527(7577), S60–S63. <https://doi.org/10.1038/527S60a>
- Chevron. (2008b). Supplement to the Annual Report. *Chevron Corporation*, (July), 1–42.
- Chevron. (2009a). Corporate Responsibility Report. *Chevron Corporation*.
- Chevron. (2009b). Supplement To the Annual Report. *Chevron Corporation*.
- Chevron. (2010). Supplement to the Annual Report. *Chevron Corporation*.
- Chevron. (2011). Supplement to the Annual Report. *Chevron Corporation*.
- Chevron. (2012). Supplement to the Annual Report. *Chevron Corporation*.
- Chevron. (2014). Supplement to the Annual Report. *Chevron Corporation*, 2015(24th April). Retrieved from <http://www.chevron.com/search/?k=chevron2014annualreportsupplement&text=chevron2014annualreportsupplement&Header=FromHeader&ct=All Types>
- Chevron. (2017). Renewable Energy. Retrieved January 10, 2019, from <https://www.chevron.com/corporate-responsibility/climate-change/renewable-energy>
- Cooper, A. R. N. O. L. D. C., & Schendel, D. A. N. (1976). Strategic Responses to Technological Threats.
- Crooks, E. (2007). Shell “five years from biofuel of plant waste.” *Financial Times*. Retrieved from <http://gdc-galegroup.ez29.capes.proxy.ufrj.br/gdc/artemis/NewspapersDetailsPage/NewspapersDetailsWindow?disableHighlighting=false&displayGroupName=DVI->

- Newspapers&docIndex=1&source=&prodId=FTHA&mode=view&limiter=&display-query=TX+shell+AND+TX+codexis&conte
- EPA. (n.d.). Summary of the Clean Air Act. Retrieved from <https://www.epa.gov/laws-regulations/summary-clean-air-act>
- ExxonMobil. (2004). A Report on Energy Trends , Greenhouse Gas Emissions and Alternative Energy, (February). Retrieved from <https://www.peakoil.net/Publications/20040201ExxonMobil.pdf>
- ExxonMobil. (2016). Statements on Paris climate agreement. Retrieved October 23, 2018, from <https://corporate.exxonmobil.com/en/current-issues/climate-policy/climate-perspectives/statement-on-cop-21>
- ExxonMobil. (2017). Innovating energy solutions. Retrieved from http://cdn.exxonmobil.com/~media/global/files/energy-and-environment/research_development_tech_brochure.pdf
- ExxonMobil. (2018). *2018, Outlook for Energy: A View to 2040*. Retrieved from <http://cdn.exxonmobil.com/~media/global/files/outlook-for-energy/2018/2018-outlook-for-energy.pdf>
- Falani, S. Y. A. de, González, M. O. A., Cardone, K. de P., Justino, M. S., & Vasconcelos, R. M. de. (2015). *Prospecção Tecnológica para a Geração Eólica*. Retrieved from http://www2.ctee.com.br/brazilwindpower/2015/papers/mario_gonzalez.pdf
- Fattouh, B., Poudineh, R., & West, R. (2018). The rise of renewables and energy transition: what adaptation strategy for oil companies and oil-exporting countries? *OIES PAPER: MEP 19*. <https://doi.org/10.26889/9781784671099>
- Firms Form Hydrogen Storage JV. (2001). *The Oil Daily*, 51(25), ITEM0103701D-ITEM0103701D. Retrieved from http://gogalegroup.ez29.capes.proxy.ufrj.br/ps/retrieve.do?tabID=T004&resultListType=RESULT_LIST&searchResultsType=SingleTab&searchType=AdvancedSearchForm¤tPosition=3&docId=GALE%7CA70026863&docType=Brief+article&sort=Relevance&contentSegment=&prodI
- Fortune. (2018). Fortune Global 500 List. Retrieved October 5, 2018, from <http://fortune.com/global500/list/filtered?industry=Petroleum Refining>
- Fuel Cell Today. (n.d.). Fuel Cell History. Retrieved May 30, 2019, from <http://www.fuelcelltoday.com/history>
- FuelCellToday. (2007). BP and Rio Tinto form Hydrogen Energy joint venture. Retrieved December 12, 2018, from <http://www.fuelcelltoday.com/news-archive/2007/may/bp-and-rio-tinto-form-hydrogen-energy-joint-venture>
- Garg, P. (2012). The Evolution of Solar Technology. Retrieved May 29, 2019, from <https://blog.nationalgeographic.org/2012/05/30/the-evolution-of-solar-technology/>
- Gaspar, H. A. C. (2014). *CAPURA E ARMAZENAMENTO DE CO2*. Retrieved from https://run.unl.pt/bitstream/10362/12397/1/Gaspar_2014.pdf
- Gerrity, S. (2012). INFOGRAPHIC: Offshore Wind Outlook. Retrieved May 29, 2019, from <https://www.energy.gov/articles/infographic-offshore-wind-outlook>
- Gilblom, K., Blas, J., & Nussbaum, A. (2018). Exxon, Chevron Climate U-Turn Includes \$300 Million for Research. Retrieved February 24, 2019, from <https://www.bloomberg.com/news/articles/2018-09-20/exxon-chevron-are-said-to-join-industry-climate-group>
- Guardian, T. (2008). Timeline: The history of wind power. Retrieved May 29, 2019, from <https://www.theguardian.com/environment/2008/oct/17/wind-power-renewable-energy>
- Hamilton, W. F. (1985). Corporate strategies for managing emerging technologies.

- Technology in Society*, 7(2–3), 197–212. [https://doi.org/10.1016/0160-791X\(85\)90025-9](https://doi.org/10.1016/0160-791X(85)90025-9)
- Hamilton, W. F. (1990). The dynamics of technology and strategy. *European Journal of Operational Research*, 47(2), 141–152. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(90\)90273-E](https://doi.org/10.1016/0377-2217(90)90273-E)
- Harvey, F. (2005). Biggest Wind Farm Could Power One in Four London Homes. *Financial Times*. Retrieved from <http://gdc-galegroup.ez29.capes.proxy.ufrj.br/gdc/artemis/NewspapersDetailsPage/NewspapersDetailsWindow?disableHighlighting=false&displayGroupName=DVI-Newspapers&docIndex=2&source=fullList&prodId=FTHA&mode=view&limiter=DA+%3C120060101&display-query=TX+lon>
- Harvey, F., & Bream, R. (2008). Shell pulls out of key offshore wind farm project. *Financial Times*. Retrieved from <http://gdc-galegroup.ez29.capes.proxy.ufrj.br/gdc/artemis/NewspapersDetailsPage/NewspapersDetailsWindow?disableHighlighting=false&displayGroupName=DVI-Newspapers&docIndex=1&source=fullList&prodId=FTHA&mode=view&limiter=&display-query=TX+wind+farm+AND+TX+s>
- Hennart, Jean-francois. (1997). The Choice between Mergers / Acquisitions and Joint Ventures: The Case of Japanese Investors in the United States. *Strategic Management Journal*, 18(1), 1–12. <https://doi.org/10.2307/3088192>
- Hennart, Jean-Francois, & Reddy, S. (1997). THE CHOICE BETWEEN MERGERS/ACQUISITIONS AND JOINT VENTURES: THE CASE OF JAPANESE INVESTORS IN THE UNITED STATES. *Strategic Management Journal*, 18, 1–12.
- History of Iogen. (n.d.). Retrieved September 13, 2018, from <https://www.iogen.ca/about-iogen/history.html>
- Hoarau, H., & Kline, C. (2014). Science and industry: Sharing knowledge for innovation. *Annals of Tourism Research*, 46, 44–61. <https://doi.org/10.1016/j.annals.2014.01.005>
- Icelandic New Energy | Promoting Hydrogen in Iceland - About INE. (n.d.). Retrieved September 12, 2018, from <http://www.newenergy.is/en/aboutine/>
- IEA GREENHOUSE. (n.d.). *A Brief History of CCS and Current Status*. Retrieved from https://ieaghg.org/docs/General_Docs/Publications/Information_Sheets_for_CCS_2.pdf
- International Energy Agency. (2008). *World Energy Outlook 2008*. International Energy Agency, Paris, France (Vol. 23). <https://doi.org/10.1049/ep.1977.0180>
- Investment Made in Germany's Choren to Produce Biofuels. (2005). *Financial Times*. Retrieved from <http://gdc-galegroup.ez29.capes.proxy.ufrj.br/gdc/artemis/NewspapersDetailsPage/NewspapersDetailsWindow?disableHighlighting=false&displayGroupName=DVI-Newspapers&docIndex=1&source=fullList&prodId=FTHA&mode=view&limiter=&display-query=TX+shell+AND+TX+chore>
- Junior, H. Q. P., Almeida, E. F. de, Bomtempo, J. V., Iootty, M., & Bicalho, R. G. (2016). *Economia da Energia*. Elsevier Editora Ltda.
- Kim, J., Lee, C., & Cho, Y. (2016). Technological diversification, core-technology competence, and firm growth. *Research Policy*, 45(1), 113–124. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2015.07.005>
- King, D. R., Covin, J. G., & Hegarty, W. H. (2003). Complementary resources and the exploitation of technological innovations. *Journal of Management*, 29(4), 589–606. [https://doi.org/10.1016/S0149-2063\(03\)00026-6](https://doi.org/10.1016/S0149-2063(03)00026-6)

- Kovarik, B. (2013). History of Biofuels. Retrieved May 30, 2019, from http://www.ethyl.environmentalhistory.org/?page_id=58
- Lambe, C. J., & Spekman, R. E. (1997). Alliances, External Technology Acquisition, and Discontinuous Technological Change. *Journal of Product Innovation Management*. <https://doi.org/10.1111/1540-5885.1420102>
- Macedo, A. (2015). Pioneiro no mundo, Proálcool é criado no governo Geisel após ‘choque do petróleo.’ Retrieved May 30, 2019, from <https://acervo.oglobo.globo.com/em-destaque/pioneiro-no-mundo-proalcool-criado-no-governo-geisel-apos-choque-do-petroleo-18046357>
- Macrotrends. (2019). Crude Oil Prices - 70 Year Historical Chart. Retrieved October 4, 2018, from <https://www.macrotrends.net/1369/crude-oil-price-history-chart>
- Mecanismo de Desenvolvimento Limpo vai financiar uso de energia renovável por famílias rurais. (2012). Retrieved September 21, 2018, from <https://nacoesunidas.org/mecanismo-de-desenvolvimento-limpo-vai-financiar-uso-de-energia-renovavel-por-familias-rurais/>
- Monzón, D., Kinbaum, A., Rogers, S., Guzman, R., & Lavelle, A. (2018). *The oil company of the future*. Arthur D Little. Retrieved from http://www.adlittle.com/sites/default/files/viewpoints/adl_enut_report_the_oil_co_of_the_future-min.pdf
- New Energies | Shell Global. (2018). Retrieved September 10, 2018, from <https://www.shell.com/energy-and-innovation/new-energies.html>
- Obermaier, M., Oberling, D. F., Szklo, A. S., & Rovere, E. L. La. (2011). Investments of oil majors in biofuels: scope, integration and diversification. *34th IAEE International Conference*, 6(May 2014).
- Penna, C. C. R., & Geels, F. W. (2015). Climate change and the slow reorientation of the American car industry (1979-2012): An application and extension of the Dialectic Issue LifeCycle (DILC) model. *Research Policy*, *44*(5), 1029–1048. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2014.11.010>
- Pinkse, J., & van den Buuse, D. (2012). The development and commercialization of solar PV technology in the oil industry. *Energy Policy*, *40*, 11–20. Retrieved from https://ac-els-cdn.ez29.capes.proxy.ufrj.br/S0301421510007159/1-s2.0-S0301421510007159-main.pdf?_tid=11bae332-2d22-4da5-bdf0-aa86ce4cb016&acdnat=1549974292_be84bfe88c1b6e40ca9faab10f20c113
- Prade, Y. C., & Rodrigues, N. (2018). Transição energética e diversidade de gênero: o desafio e a oportunidade para as empresas de petróleo e gás. Retrieved March 7, 2019, from <https://infopetro.wordpress.com/2018/12/05/transicao-energetica-e-diversidade-de-genero-o-desafio-e-a-oportunidade-para-as-empresas-de-petroleo-e-gas/>
- Queiroz, R. (2016). O forte ajuste da indústria de petróleo e gás. Retrieved May 30, 2019, from <https://infopetro.wordpress.com/2016/05/30/o-forte-ajuste-da-industria-de-petroleo-e-gas/>
- Right, A. (2011). Evolution of Wind Turbine Technology. Retrieved May 29, 2019, from <http://www.renewablegreenenergypower.com/evolution-of-wind-turbine-technology/>
- Rothaermel, F. T., & Boeker, W. (2008). OLD TECHNOLOGY MEETS NEW TECHNOLOGY: COMPLEMENTARITIES, SIMILARITIES, AND ALLIANCE FORMATION. *Strategic Management Journal*, *29*, 47–77. <https://doi.org/10.1002/smj>
- Sánchez-Peinado, L., & Menguzzato-Boulard, M. (2009). Antecedents of entry mode choice when diversifying. *Industrial Marketing Management*, *38*(8), 971–983.

- <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2008.05.003>
- Sapp, M. (2018). ExxonMobil and Synthetic Genomics announce next phase in joint algae biofuel research program: Biofuels Digest. Retrieved October 23, 2018, from <https://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2018/03/06/exxonmobil-and-synthetic-genomics-announce-next-phase-in-joint-algae-biofuel-research-program/>
- Segers, J. P. (1993). Strategic partnering between new technology based firms and large established firms in the biotechnology and micro-electronics industries in Belgium. *Small Business Economics*, 5(4), 271–281. <https://doi.org/10.1007/BF01516248>
- Shell. (2001). Shell Annual Report and Form 20-F 2001.
- Shell. (2002). Shell Sustainability Report 2002, 1–52.
- Shell. (2009). Shell Annual Report and Form 20-F 2009.
- Shell. (2016). Shell Sustainability Report 2016.
- Shell. (2018). Shell completes acquisition of First Utility | Shell United Kingdom. Retrieved September 10, 2018, from <https://www.shell.co.uk/media/2018-media-releases/shell-completes-acquisition-of-first-utility.html>
- Shell acquires interest in approximately 880 MW of solar in US | Shell United States. (2018). Retrieved September 10, 2018, from <https://www.shell.us/media/2018-media-releases/shell-acquires-interst-in-us-solar-business.html>
- Shell and Virent expand their collaboration on Advanced Biofuels. (2010). *Energy Weekly News*, 176–176. Retrieved from http://go-galegroup.ez29.capes.proxy.ufrj.br/ps/retrieve.do?tabID=T004&resultListType=RESULT_LIST&searchResultsType=SingleTab&searchType=AdvancedSearchForm¤tPosition=11&docId=GALE%7CA231900630&docType=Article&sort=Relevance&contentSegment=&prodId=AONE&contentSet=GALE%7CA231900630&searchId=R4&userGroupName=capes&inPS=true
- Shell sells 99MW Spanish project stake to BayWa | Windpower Monthly. (2011). Retrieved September 12, 2018, from <https://www.windpowermonthly.com/article/1090259/shell-sells-99mw-spanish-project-stake-baywa>
- Tajne, P. (2015). Wind Energy Timeline – From Persian Windmills Crushing Grains to Vesta’s Wind Turbines Churning out 8 MW of Output. Retrieved May 29, 2019, from <https://www.altenergymag.com/article/2015/04/wind-energy-timeline—from-persian-windmills-crushing-grains-to-vesta’s-wind-turbines-churning-out-8-mw-of-output/19496>
- Teece, D. (1986). Transactions cost economics and the multinational enterprise An Assessment. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 7(1), 21–45.
- Teece, D. J. (1992). Competition, cooperation, and innovation. Organizational arrangements for regimes of rapid technological progress. *Journal of Economic Behavior and Organization*, 18(1), 1–25. [https://doi.org/10.1016/0167-2681\(92\)90050-L](https://doi.org/10.1016/0167-2681(92)90050-L)
- The Environmental Literacy Council. (n.d.). Hydrogen Fuel Cells. Retrieved May 30, 2019, from <https://enviroliteracy.org/energy/hydrogen/hydrogen-fuel-cells/>
- The Oil and Gas Journal. (2001). Shell Hydrogen US and United Technologies unit International Fuel Cells (IFC) formed a 50-50 joint venture called HydrogenSource. *The Oil and Gas Journal*, 99(26), 9–9. Retrieved from http://go-galegroup.ez29.capes.proxy.ufrj.br/ps/retrieve.do?tabID=T003&resultListType=RESULT_LIST&searchResultsType=SingleTab&searchType=AdvancedSearchForm¤tPosition=11&docId=GALE%7CA76447433&docType=Brief+article&sort=Relevance&contentSegment=&prod
- U.S. Securities and Exchange Commission. (2009). Form 10-K. Retrieved November

- 27, 2018, from <https://www.sec.gov/fast-answers/answers-form10khtm.html>
- U.S. Securities and Exchange Commission. (2018). *FORM 20-F*. Retrieved from <https://www.sec.gov/files/form20-f.pdf>
- UNFCC. (2015). *ADOPTION OF THE PARIS AGREEMENT*. Retrieved from <https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/109r01.pdf>
- UNFCCC. (2018). What is the Kyoto Protocol? Retrieved November 7, 2018, from <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-kyoto-protocol/what-is-the-kyoto-protocol>
- Utterback, James M; Abernathy, W. J. (1975). A dynamic model of process and product innovation. *Omega*, 3(6), 639–656.
- WEO/IEA. (2016). World Energy Outlook 2016. Retrieved from www.iea.org/t&c
- Weyburn-Midale. (2008). Retrieved September 18, 2018, from <https://hub.globalccsinstitute.com/publications/assessment-capture-and-storage-potential-co2-co-produced-natural-gas-south-east-asia/24-veyburn-midale>
- Apêndice

APÊNDICE A1 – HISTÓRICO DE ATUAÇÃO DA SHELL NO SEGMENTO SOLAR

No ano de 1997, tomado como base para a presente pesquisa de dissertação, a Shell já possuía fábricas de painéis solares cristalinos instaladas no Japão e Holanda. Com intuito de dobrar sua capacidade produtiva, a empresa anunciou sua intenção de construir uma nova fábrica de células solares cristalinas na Alemanha, resultante de uma *joint venture* com a Pilkington Solar International, empresa do segmento de manufatura de vidros. Além disso, a companhia inaugurou uma nova linha de produção de células solares em sua fábrica em Helmond, Holanda.

No ano seguinte, verificou-se que, após um aumento de 34% na demanda global por módulos fotovoltaicos entre 1996 e 1997, houve um inesperado decréscimo do mercado em 1998 de aproximadamente 10%, resultando em um declínio de cerca de 20% nos preços dos painéis solares. Ainda assim, a Shell destacou a instalação de painéis fotovoltaicos em dez mil residências em área rural na Bolívia, sem conexão com a rede elétrica nacional.

O ano de 1999 foi marcado por diversos movimentos da companhia em energia solar. Destaca-se o início de operação da fábrica de células solares de escala mundial, resultante da *joint venture* com a Pilkington, que, na visão da Shell, teria capacidade de contribuir para a redução de custos necessária para o estabelecimento deste mercado. Além disso, novas subsidiárias da Shell na Índia, Sri Lanka e Filipinas foram criadas para comercializar sistemas de energia solar. O relatório de sustentabilidade apresentou que, na África do Sul, em uma *joint venture* com a Eskom, fornecedora de energia elétrica estatal, a Shell propôs uma estratégia de fornecer energia solar para cerca de 50.000 residências em três anos. O sistema foi desenvolvido pela Shell Solar (subsidiária da Shell) e por uma empresa local, a Conlog. Além disso, também no relatório de sustentabilidade, a empresa anunciou um co-patrocínio entre a Deutsche Shell (subsidiária da Shell) e um fornecedor regional de energia na região de Hamburgo, na Alemanha, de um gerador de energia solar para fornecer toda a eletricidade necessária a um instituto de educação das Nações Unidas no Chade, na África.

O ano de 2000 foi marcado pelo rápido crescimento do mercado de energia solar, entre 20 e 25% ao ano. As plantas de painéis solares cristalinos da companhia, localizadas na

Alemanha e Holanda, já possuíam capacidade de atender aproximadamente 15% da demanda do mercado de energia solar. Além disso, a Shell destacou participação em projetos de eletrificação rural em países em desenvolvimento (África do Sul, Bolívia, Índia, Sri Lanka e Filipinas) através de suas subsidiárias locais.

Em 2001, a Shell apresentou dificuldade de produção de painéis solares devido ao preço dos materiais utilizados e à necessidade mão-de-obra intensa. Na tentativa de redução de custos, a unidade de negócios da Shell “Renováveis” priorizou o desenvolvimento de um novo processo para produção de painéis solares de filme fino, de menor custo e que permitiriam uma busca por novas aplicações no mercado. Para isso, a empresa estabeleceu uma *joint venture* com a Akzo Nobel para fomentar o desenvolvimento desta tecnologia, além de parcerias com o governo e universidades da Holanda (Asko Nobel, 2001). Este ano também foi marcado pelo anúncio da formação de uma nova *joint venture* entre a Shell, Siemens e E.ON, estabelecendo o Grupo como o quarto maior fornecedor mundial de painéis solares em um mercado que apresentava crescimento de cerca de 25% ao ano. Além disso, no relatório de sustentabilidade, a companhia informou a participação em um dos maiores projetos de eletrificação rural a partir de energia solar no mundo, em uma área remota da China.

O ano de 2002 foi marcado pela compra das partes da Siemens e E.ON na *joint venture* formada em 2001, passando a integrar a Shell Solar. Nesse momento, a empresa contava com um *marketshare* de 13%, com presença em mais de 90 países. Além disso, a Shell ressaltou a conclusão da instalação de uma das maiores plantas fotovoltaicas do mundo em Munique, com capacidade de atingir um pico de produção de energia de cerca de 2 MW. Nesse ano, também houve a entrega dos primeiros painéis solares para casas rurais na China e Sri Lanka. Por outro lado, a Shell anunciou, em função do excesso de capacidade na fabricação fotovoltaica em todo o mundo e à queda da demanda, o fechamento de suas plantas de produção de painéis solares na Holanda e Alemanha. Percebendo os desafios relacionados a este segmento, apresentou em seu relatório anual que o custo de produção de energia solar correspondia a dez vezes o de energia proveniente de fontes fósseis.

No ano de 2003, a companhia destacou que indústria de energia solar enfrentava persistente sobrecapacidade de produção, forte concorrência e circunstâncias incertas de mercado. No entanto, ainda assim, a companhia apresentou importantes

desenvolvimentos tecnológicos no segmento solar. Na Alemanha, foi aberta uma segunda linha de fabricação de painéis solares com capacidade de produção seis milhões de células por ano, resultante da *joint venture* estabelecida com a Pilkington Solar em 1997.

Apesar do ano de 2004 ter sido novamente marcado pelo excedente de produção de painéis solares, a empresa manteve sua visão quanto ao potencial em longo prazo da energia solar como uma das tecnologias mais promissoras no campo de energia renovável. Em 2004, a Shell Solar, juntamente com os seus parceiros GEOSOL e *WestFonds*, abriu o maior parque solar do mundo na Alemanha, com capacidade produtiva de 5 MW. Além disso, houve lançamento de um novo modelo de painel solar, *Shell PowerMax*, com maior capacidade de geração de energia.

Em 2005, a Shell revisou sua abordagem e passou a investir em painéis solares de filme fino em definitivo, iniciando a estratégia de desinvestimento em painéis cristalinos. Para a Shell, a tecnologia de filme fino seria capaz de fornecer uma melhoria de custo para a energia solar, pois utilizaria apenas 1% dos materiais utilizados nos painéis a base de silicone. Além disso, a empresa destacou que o processo de produção seria mais simples e o material mais resistente, com menor chance de quebra.

Assim, em 2006, a Shell anunciou a saída de seus negócios com foco em painéis de silicone cristalinos, transferindo-os para a SolarWorld. Tendo em vista sua nova abordagem em painéis de filme fino, em 2007, a empresa estabeleceu uma *joint venture* com a Saint Gobain, nomeada Avancis, dando início à construção de uma planta com capacidade de geração de 20 MW.

Por outro lado, em 2007 e 2008, possivelmente em decorrência dos conseguintes resultados negativos obtidos pela empresa desde o início de seus investimentos no segmento, a Shell optou pelo desinvestimento por completo de seus negócios rurais na Índia, Sri Lanka e Filipinas relativos à energia solar. Além disso, em 2007, a companhia anunciou o *downgraded* do segmento de Energia Solar para a divisão *Gas & Power*.

Em 2008, foi finalizada a construção da planta piloto de painéis de filme fino na Alemanha pela Avancis. Além disso, através de sua subsidiária Showa Shell no Japão, a companhia se apresentou envolvida na construção de outra fábrica de filmes finos de 20 MW e de uma planta com o potencial de atingir três vezes esse valor.

Após subseqüentes períodos de rendimentos insuficientes no segmento, em 2009, a companhia optou pela interrupção total de seus investimentos no segmento solar, pois, conforme apresentado no relatório anual não se apresentava economicamente viável.

Apenas em 2016, a Shell retomou sua atenção ao mercado de energia solar. Através do programa *Shell GameChanger*, a empresa se apresentou interessada em ideias disruptivas para conversão da energia solar em elétrons/moléculas para serem utilizadas, em conjunto com outras moléculas, para produção de combustível líquido, com o pré-requisito de que a adição líquida de CO₂ à atmosfera fosse nula. A Shell também participou de duas rodadas de investimento na empresa GlassPoint para desenvolvimento de tecnologia para geração de vapor a partir da energia solar. O projeto pioneiro é resultado de uma parceria com a empresa estatal *Petroleum Development Oman* (PDO), que substituiu a injeção de gás natural por vapor para aumentar a recuperação de petróleo nos campos de produção *onshore* no deserto de Amal, projeto denominado Mirrah com capacidade de produção de 1 GW de energia térmica.

Em 2017, em seu relatório anual, a empresa destacou o desenvolvimento de unidade de energia solar, com capacidade de fornecimento energético de 20 MW, no espaço ocupado por sua própria fábrica de produtos químicos em Moerdijk, na Holanda, com o planejamento de construção para o início em 2018. Além disso, no relatório de sustentabilidade, a Shell relatou a aquisição da empresa MP2 Group, fornecedora de energia solar e eólica, alcançando acesso aos mercados de eletricidade do Texas e do leste dos EUA. A empresa também destacou a compra de mais de 200 MW de energia de parques solares e eólicos na Itália, Holanda, Reino Unido e Espanha, e a participação acionária na unidade de Cingapura da empresa SunseapGroup, responsável pelo fornecimento de cerca de 160 MW de energia solar proveniente de diferentes plantas. A Shell também voltou a se apresentar interessada em projetos de fornecimento energético para regiões remotas, destacando participação na empresa holandesa SolarNow, fornecedora de painéis solares para residências no leste da África, e na empresa inglesa SteamaCo, fornecedora de sistemas de medição *off-grid* para companhias que desenvolvem mini redes elétricas na África, Ásia e América Latina.

Para o último ano de análise (2018), foram utilizadas apenas as informações disponíveis nos *press releases* e jornais e revistas de referência apresentados no capítulo

“Metodologia”. Em fevereiro deste ano, foi realizada a transação de aquisição da FirstUtility, uma empresa fornecedora independente de energia e banda larga domiciliar do Reino Unido (“Shell completes acquisition of First Utility | Shell United Kingdom”). Além disso, em janeiro de 2018, a empresa anunciou um acordo para adquirir uma participação de 43,83% na SiliconRanch Corporation, uma importante incorporadora, proprietária e operadora de ativos solares dos EUA, concluindo a transação em março (“Shell acquires interest in approximately 880 MW of solar in US | Shell United States,” 2018). A Shell também destacou a entrega de um projeto solar em um terminal de distribuição de combustível em Stockton, Califórnia, e anunciou investimento na empresa Husk Power Systems, fornecedora de energia renovável para comunidades rurais na Índia e no leste da África (“New Energies | Shell Global,” 2018).

APÊNDICE A2 – HISTÓRICO DE ATUAÇÃO DA SHELL NO SEGMENTO EÓLICO

O posicionamento da Shell em energia eólica iniciou em 1999, quando aprovou seu primeiro projeto no segmento com previsão do início de construção do parque eólico na Alemanha no ano seguinte. Em 2000, a companhia anunciou o início da operação do parque eólico *offshore* em Blyth com capacidade para atender três mil residências (Blyth *Offshore* Wind Consortium). O consórcio foi resultante da parceria entre as empresas Border Wind, PowerGen Renewables (uma *joint venture* entre o Grupo Abbot and PowerGen, que posteriormente foi adquirida pela E.ON), Nuon UK e Shell Renewables, sendo 33% de participação da Shell

Em 2001, a empresa destacou em seu relatório anual (Shell, 2001) a importância da energia eólica na matriz energética mundial em longo prazo e sua intenção de se posicionar no desenvolvimento e operação de parques eólicos principalmente nos EUA e Europa. Para tanto, a empresa anunciou a criação da subsidiária Shell *Wind Energy* e a aquisição de seus dois primeiros parques eólicos *onshore* em escala comercial, *Rock River* em Wyoming e *White Deer* no Texas, expandindo sua capacidade de geração de energia eólica de 8 MW para 138 MW.

No ano seguinte, na Califórnia, dois novos parques eólicos foram comissionados, *Whitewater Hill* e *Cabazon Pass*, aumentando a sua capacidade instalada total para 240 MW. Na Europa, a Shell participou do projeto de desenvolvimento do parque eólico *offshore* *Near Shore* em Egmond aan Zee, vinculado ao consórcio *Noordzee Wind*, com previsão de geração de até 108 MW de energia.

Em 2003, a companhia foi responsável pela construção de dois novos parques eólicos, Brazos no Texas, resultado de uma *joint venture* com a Padoma *Wind Power*, e *Colorado Green* no Colorado, em parceria com a Avangrid Renewables. Além disso, a Shell adquiriu participação de 40% no parque eólico La Muela da empresa TXU Europe Energy Trading B.V. Essas novas aquisições contribuíram para a capacidade total instalada de energia eólica nos EUA aumentar para além do dobro, atingindo 550 MW.

No entanto, o ano de 2004 foi marcado pela redução de suas participações nos parques eólicos. O parque *White Deer* foi compartilhado em uma *joint venture* com a Entergy e parte de suas participações nos parques eólicos *Whitewater Hill*, *Cabazon Pass* e *Rock*

River foi vendida. A companhia destacou que neste ano a produção de energia foi afetada por velocidades de vento inferiores às esperadas.

Em 2005, o consórcio formado pelas empresas Shell Wind-Energy, E.ON UK Renewables e CORE (uma *joint venture* entre a Farm Energy e Dong Energy) submeteu ao governo inglês o projeto de planejamento do parque eólico *offshore* London Array, com previsão de geração de 1.000 MW de energia, podendo atender um quarto das residências londrinas (Harvey, 2005). Além disso, foram assinados os contratos finais para a construção do primeiro projeto eólico holandês do consórcio NoordzeeWind, Egmond aan Zee. No segmento *onshore*, a Shell ampliou sua presença no mercado dos EUA através da aquisição dos direitos de desenvolvimento do parque eólico Mount Storm em West Virginia, com capacidade de 164 MW, e de licenças apropriadas para o desenvolvimento do projeto Cotterel Mountain em Idaho, com capacidade de 200 MW.

Em 2006, a companhia anunciou a partida de sua primeira planta *offshore*, Egmond aan Zee, resultante de uma *joint venture* entre a Shell e a empresa Nuon, e destacou o progresso no projeto London Array. Além disso, houve a quarta rodada de investimento no projeto Mount Storm e, em 2007, a Shell anunciou a expansão deste projeto, aumentando em 100 MW a sua capacidade produtiva. No entanto, neste mesmo ano, a companhia anunciou o downgrade do segmento de Energia Eólica para a divisão Gas & Power.

No seguinte, a companhia anunciou o início de operação do projeto Mount Storm, com capacidade de geração de energia de 264 MW nos EUA. Com isso, a Shell atingiu a capacidade total de produção de energia eólica de aproximadamente 1.100 MW (aproximadamente 50% de propriedade exclusiva da Shell). Por outro lado, a companhia optou por sair do projeto *offshore* London Array, em que detinha participação de 33%, com o discurso de que preferiria aumentar seus investimentos em parques eólicos *onshore*. No entanto, de acordo com o artigo do *Financial Times* (Harvey & Bream, 2008), o custo do parque London Array estava estimado em £1 bilhão em 2003, aumentando para £1,5 bilhão em 2005 e, então, para £2,5 bilhões em 2008 devido ao aumento do preço dos componentes das turbinas com o aquecimento do mercado. Esse aumento progressivo de custo do projeto pode ter influenciado a decisão da companhia.

Assim como no segmento de energia solar, a Shell optou em 2009 por interromper seus investimentos em energia eólica. No entanto, manteve em operação oito parques eólicos *onshore* nos EUA e dois parques eólicos *offshore* na Europa, conforme apresentado na Tabela 16. Em 2011, A companhia vendeu sua participação de 40% no parque eólico La Muela, localizado na Espanha, para a empresa alemã BayWa (“Shell sells 99MW Spanish project stake to BayWa | Windpower Monthly,” 2011).

Tabela 16 - Parques eólicos mantidos em operação após 2009

Projetos Eólicos	País	Estado	Início do Projeto	Capacidade (MW)	Parceria
Consórcio BlythOffshore Wind	Inglaterra	Northumberland	2000	8	E.ON Border Wind NUON
Rock River	EUA	Wyoming	2001	50	Terra-Gen
White Deer	EUA	Texas	2001	80	Entergy
Whitewater Hill	EUA	Califórnia	2001	61	Terra-Gen
CabazonPass	EUA	Califórnia	2002	41	Terra-Gen
Consórcio NoordzeeWind	Holanda	EgmondaanZee	2002	108	Nuon
Colorado Green	EUA	Colorado	2003	162	Iberdrola Renewables
Brazos	EUA	Texas	2003	160	Mitsui Wind
MountStorm I	EUA	West Virginia	2005	164	Dominion
MountStorm II	EUA	West Virginia	2006	100	Dominion

Em 2015, a Shell voltou a apresentar interesse no segmento de energia eólica, anunciando investimento na modalidade capital de risco na empresa 2-B Energy através do Programa Shell Technology Venture (STV), com o intuito de fomentar o desenvolvimento de turbinas de duas pás para redução de custo de energia eólica *offshore*. Em 2016, seguindo a linha de impulsionar inovações no segmento, a empresa anunciou, também através do Programa STV, investimento na empresa Kite Power Systems (KPS) para o desenvolvimento da tecnologia de geração de energia eólica de alta altitude.

Em 2017, a companhia voltou a se interessar pelo desenvolvimento de projetos eólicos *offshore*, adquirindo 40% das ações para participação no consórcio Borssele III e IV (composto também pelas empresas Diamond GeneratingEurope (DGE), Van Oord e EnecoGroup) para desenvolvimento de dois parques eólicos na costa holandesa, com

capacidade de geração de 680 MW de energia a partir de 2021. Este investimento faz parte da estratégia de Novas Energias da Shell, em que é esperado investir uma média de US \$ 1-2 bilhões por ano até 2020 em áreas novas e de rápido crescimento da indústria de energia (“Blauwwind Consortium reaches Financial Close on Borssele III/IV,” 2018). Até o momento, a produção de energia eólica da companhia era representada por 90% *onshore* e apenas 10% *offshore*, por isso, a companhia destacou o desafio para o desenvolvimento desse novo projeto. Além disso, conforme já destacado no tópico de energia solar da Shell, a empresa relatou a aquisição da empresa MP2 Group, fornecedora de energia solar e eólica, alcançando acesso ao mercado de eletricidade nos EUA, e ressaltou a compra de mais de 200 MW de energia de parques solares e eólicos na Europa.

Em 2018, houve entrada de novo parceiro (PartnersGroup) com participação de 45% no consórcio Borssele III e IV, diluindo a participação da Shell de 40% para 20%. Como também já apresentado em energia solar, neste mesmo ano, a Shell adquiriu a empresa FirstUtility, uma fornecedora independente de energia e banda larga domiciliar do Reino Unido (“Shell completes acquisition of FirstUtility | Shell United Kingdom”).

APÊNDICE A3 – HISTÓRICO DE ATUAÇÃO DA SHELL NO SEGMENTO DE HIDROGÊNIO

A Shell iniciou seu posicionamento no segmento de hidrogênio como combustível para transporte em 1998 através de parceria com a empresa *DBB FuelCellEngines*, uma subsidiária da Daimler Benz, para desenvolvimento de células a combustível de hidrogênio para a indústria automobilística. No ano seguinte, a companhia criou a subsidiária Shell Hydrogen, contribuindo para abertura da primeira estação de abastecimento de hidrogênio da Europa para veículos experimentais, localizada na Alemanha. Além disso, foi estabelecida uma *joint venture* público-privada com as empresas Daimler Chrysler e NorskHydro, nomeada Icelandic New Energy, para desenvolvimento de projetos para substituição de combustíveis fósseis por hidrogênio na Islândia (“Icelandic New Energy | Promoting Hydrogen in Iceland - About INE,” n.d.). A companhia destacou que, apesar de acreditar na possibilidade do hidrogênio se destacar como combustível no futuro, ainda havia muitos problemas relacionados a armazenamento e distribuição a serem superados.

Em 2000, a Shell anunciou uma parceria público-privada em projeto para desenvolvimento da tecnologia e do mercado de células de hidrogênio na Califórnia. As empresas e instituições envolvidas no projeto foram do segmento de manufatura de células combustíveis (Ballard Power Systems), da indústria automobilística (DaimlerChrysler, Ford, Honda e Volkswagen), do setor público (California Air Resources Board e California Energy Commission) e do setor de óleo e gás (Texaco e Arco).

Em 2001, no segmento de hidrogênio, foram criadas quatro *joint ventures*, duas das quais focadas em startups voltadas para o desenvolvimento de novas tecnologias de hidrogênio e células combustíveis. As outras duas se concentraram no desenvolvimento de sistemas de armazenamento de hidrogênio, sendo uma em parceria com as empresas Hydro-Quebec, estatal de fornecimento de energia em Quebec, e GfE, do segmento metalúrgico, (“Firms Form Hydrogen Storage JV,” 2001) e a outra com uma subsidiária da empresa *United Technologies* de manufatura de células combustíveis (The Oil and Gas Journal, 2001). A Shell destacou que velocidade da evolução da economia de hidrogênio dependeria fortemente do ritmo das percepções políticas quanto ao

suprimento energético mundial e das leis estabelecidas, especialmente em relação às emissões atmosféricas.

No ano seguinte, a Shell continuou explorando novas possibilidades no segmento de hidrogênio, destacando a capacidade das células combustíveis de atingirem as futuras necessidades energéticas do mundo de forma sustentável e sem emissões de carbono. Nesse sentido, anunciou um plano para construir a primeira estação de abastecimento de hidrogênio em Tóquio, em parceria com o governo japonês. Além disso, a companhia adquiriu uma participação acionária na QuestAir Technologies de 10,6%, objetivando o desenvolvimento de uma tecnologia para purificação do hidrogênio. A Shell também destacou que permanecia trabalhando nas *joint ventures* estabelecidas anteriormente para o desenvolvimento de células combustíveis comercialmente atrativas e sistemas de armazenamento de hidrogênio seguros e convenientes.

Em 2003, a Shell Hydrogen participou de uma série de projetos para desenvolvimento de estações de abastecimento para veículos movidos a hidrogênio, sendo apoiada por governos de diferentes países na Europa. Neste ano, a companhia foi responsável pela inauguração de quatro estações na Islândia, Tóquio, Amsterdã e Luxemburgo. A empresa destacou sua intenção de formar parcerias com empresas líderes no segmento e com governos para acelerar o desenvolvimento do hidrogênio como combustível de transporte e torná-lo comercialmente viável. No ano seguinte, a Shell inaugurou uma estação abastecimento integrada em Washington, capaz de fornecer combustíveis fósseis e hidrogênio. Também houve o lançamento do projeto "Lighthouse", com objetivo de demonstrar a viabilidade de projetos de larga escala a partir da criação de mini-redes de abastecimento de hidrogênio em cidades ou regiões específicas. A primeira parceria estabelecida nesse projeto foi com a empresa General Motors.

Em 2005, a Shell Hydrogen destacou seu trabalho para promover e apoiar o desenvolvimento de *infraestruturas* e tecnologias para fomentar a utilização de hidrogênio para atendimento às futuras necessidades energéticas. Para isso, a companhia apresentou um acordo com a TokyoGasCompany para realizar um estudo de viabilidade de um terminal combinado de GNL, hidrogênio líquido e CO₂ em Tóquio. Também destacou a parceria com a Universidade de Tongji, o governo local e o Ministério de Ciência e Tecnologia da China para construir a primeira estação de hidrogênio de Xangai, contribuindo com assessoria técnica e financiamento parcial.

Em 2006, a Shell Hydrogen se manteve focada no desenvolvimento de projetos de demonstração nos EUA, Japão, Islândia, Luxemburgo, Holanda e China com o objetivo de introduzir o hidrogênio como produto comercial nos setores de transporte rodoviário e industrial. Nesse sentido, estabeleceu parceria com as empresas Connexion, do setor de transporte público, e MAN, do segmento automobilístico voltada para fabricação de veículos de grande porte, para desenvolver uma grande operação de fornecimento de hidrogênio para frotas de ônibus em Roterdã, Países Baixos. Além disso, a Shell anunciou um projeto conjunto com as empresas Total, BMW, DaimlerChrysler, Ford Motor, General Motors, MAN e Volkswagen para promover a utilização de hidrogênio como combustível futuro de transporte rodoviário.

No entanto, em 2007, a companhia anunciou o *downgrade* do segmento de Hidrogênio para a divisão *OilProducts Business*. Apesar deste movimento, a Shell destacou em seu relatório de sustentabilidade o início de operação da primeira estação de hidrogênio de Xangai e a abertura de outra estação de hidrogênio em White Plains, Nova York. Em 2008, a companhia não relatou nenhum novo posicionamento no segmento de hidrogênio e, no ano seguinte, conforme já apresentado para energia solar e eólica, a companhia optou por também interromper seus movimentos no segmento de Hidrogênio.

Em 2014, a Shell retomou seu posicionamento em hidrogênio, estabelecendo parceria com as empresas Air Liquide, Daimler, Linde, OMV e Total para criação da *joint venture* H2 Mobility (Shell com participação de 27,6%), com o objetivo de expandir a rede de reabastecimento de hidrogênio da Alemanha de 17 para 400 estações até 2023.

Em 2015, a companhia destacou a operação de três estações de abastecimento de hidrogênio na Alemanha e duas na Califórnia. Além disso, projetos semelhantes encontravam-se em avaliação no Reino Unido, Áustria, Bélgica, França, Luxemburgo, Holanda, Suíça e EUA. Em 2016, a Shell adquiriu quatro estações de abastecimento de hidrogênio na Alemanha e duas estações em Los Angeles, e iniciou parceria com a empresa ITM Power para disponibilizar hidrogênio em três locais no sudeste do Reino Unido. A companhia também ressaltou a inauguração das duas primeiras estações de abastecimento do projeto da H2 Mobility neste ano.

Em 2017, resultante da parceria com a ITM Power, a Shell destacou a inauguração da primeira estação de abastecimento de hidrogênio no Reino Unido. Também estabeleceu parceria com as empresas Honda e Toyota e com o governo do Estado da Califórnia para construir sete novas estações de abastecimento no norte da Califórnia. Além disso, neste ano, a Shell participou do lançamento do HydrogenCouncil, uma coalizão global de trinta e nove empresas dos segmentos de energia, transporte e indústria que trabalham juntas para promover o hidrogênio como um componente-chave da transição energética. Em 2018, também resultado da parceria com a ITM Power, a companhia destacou o início da construção da primeira planta de eletrólise de hidrogênio na Alemanha.

APÊNDICE A4 – HISTÓRICO DE ATUAÇÃO DA SHELL EM BIOCOMBUSTÍVEIS

O início do posicionamento da Shell em biocombustíveis avançados ocorreu em 2002 através do anúncio de participação de 22,5% na *Iogen Energy*, uma empresa canadense de biotecnologia focada no desenvolvimento de uma rota tecnológica eficiente e economicamente viável para conversão de resíduos celulósicos em etanol. Em 2004, a Shell destacou o início da venda comercial de etanol celulósico a partir de sua planta de demonstração em parceria com a *Iogen* (“History of Iogen,” n.d.).

Em 2005, a companhia anunciou participação minoritária na empresa *CHOREN* - especializada na tecnologia de gaseificação de carvão para produção de gás de síntese - para instalação da primeira planta comercial do mundo para conversão de resíduos de madeira e palha em biocombustível sintético de alta qualidade, com previsão de produção de 15 mil toneladas de biocombustíveis por ano (“Investment Made in Germany’s Choren to Produce Biofuels”, 2005). Além disso, uma carta de intenção foi assinada pela Shell, Volkswagen e *Iogen Corporation*, anunciando um estudo conjunto quanto ao potencial de comercialização da tecnologia da *Iogen* na Alemanha.

Em 2007, a Shell anunciou que quadruplicou seus investimentos em biocombustíveis avançados, estabelecendo outras parcerias para acelerar o desenvolvimento tecnológico e viabilizar a produção comercial. A companhia destacou um projeto de pesquisa de cinco anos com a empresa de biotecnologia *Codexis* nos EUA, para o desenvolvimento de enzimas para conversão de resíduos celulósicos em biocombustíveis. Apesar de não apresentar em seus relatórios, verificou-se que a parceria com a *Codexis* foi iniciada em 2006 e, após resultados positivos deste movimento, a Shell anunciou sua intenção em estender o projeto (Crooks, 2007). Além disso, a companhia destacou a criação da *joint venture* *Cellana*, em parceria com a empresa *HR Biopetroleum*, para a construção de uma planta piloto no Havaí para o cultivo de algas marinhas para produção de óleo vegetal para conversão em biodiesel.

O ano de 2008 foi marcado por importantes desenvolvimentos no segmento de biocombustíveis. A Shell anunciou o projeto conjunto de pesquisa com a *Virent Energy Systems* nos EUA para conversão de açúcares vegetais diretamente em biogásolina. Além disso, a Shell aumentou sua participação na *Iogen* no Canadá de 26,3% para 50%

para acelerar o desenvolvimento de etanol celulósico e reforçou sua participação na *CHOREN* (produção de biocombustíveis a partir de resíduos de madeira) e na *Cellana* (produção de biocombustíveis a partir de algas). Também foram acordados seis novos projetos de pesquisa de biocombustíveis com instituições acadêmicas em todo o mundo com duração de dois a cinco anos. Com esses novos investimentos e parcerias, a Shell informou sua intenção em investigar novas possibilidades de matérias-primas e novos processos de produção de biocombustíveis com foco no aumentada eficiência e redução de custos.

Em 2009, através de sua parceria com a *Ilogen*, a Shell atingiu a produção de 0,5 milhão de litros de etanol celulósico em sua planta piloto no Canadá. Com isso, a Shell e a *Ilogen* passaram a estudar com mais entusiasmo a viabilidade de construir uma planta comercial para produção de etanol de segunda geração. Além disso, a Shell reforçou sua parceria com a *Codexis* para desenvolver melhores enzimas e processos para a conversão dos resíduos celulósicos. Mesmo com esses avanços no segmento, a Shell destacou sua percepção de que o desenvolvimento desta tecnologia necessitaria de pelo menos uma década para se tornar comercialmente disponível. Neste ano, a Shell optou por descontinuar sua parceria com a empresa alemã *Choren*, vendendo sua participação para as demais partes (Obermaier, Oberling, Szklo, & Rovere, 2011).

No início de 2010, a Shell anunciou sua intenção em formar uma *joint venture* com a *Cosan*, a maior produtora de etanol no Brasil, para a produção, fornecimento, distribuição e comercialização de etanol de primeira geração. Em 2011, a Shell acordou a participação de 50% nesta *joint venture*, nomeada *Raízen*. A companhia apresentou que o percentual de mistura global de biocombustíveis em combustíveis fósseis para transporte poderia aumentar de 3% até cerca de 9% em 2050. Além disso, nesse período, a Shell anunciou início de produção de biogasolina em escala de demonstração em parceria com a *Virent*, o que resultou em um novo projeto com esta empresa para desenvolvimento de uma nova rota tecnológica para conversão de açúcares vegetais diretamente em biodiesel (“Shell and Virent expand their collaboration on Advanced Biofuels,” 2010).

Em 2011, a Shell anunciou a venda de sua participação na *Cellana* e, em 2012, a interrupção do seu desenvolvimento norte-americano de biocombustíveis celulósicos, transferindo suas participações na *IlogenEnergy* e *Codexis* para a *Raízen* (“History of

Iogen,” n.d.). Em 2013, a Shell anunciou o início da construção de sua primeira unidade de produção de etanol celulósico no Brasil, resultante de tecnologia desenvolvida pela *Iogen Energy*, para produzir cerca de 40 milhões de litros de etanol celulósico por ano a partir de folhas, bagaço, cascas e outros resíduos de cana-de-açúcar. Em novembro de 2014, a Raízen iniciou a operação desta planta em escala comercial.

A Shell destacou que o desenvolvimento da unidade de etanol de segunda geração foi de extrema importância para que pudesse se preservar quanto às questões relativas à utilização de terras férteis para produção de combustíveis. Com a utilização dos resíduos da cana-de-açúcar, a companhia informou que conseguiria, de certa forma, se distanciar desta polêmica e desenvolver suas competências antecipadamente para um futuro incerto em relação às terras aráveis.

Em 2015, a companhia apresentou que três rotas para a fabricação de biocombustíveis celulósicos encontravam-se em desenvolvimento e que possuía três plantas piloto em diferentes estágios de conclusão. A planta construída em Houston, Texas, em 2012, teria como objetivo fornecer dados para melhorar a digestão da biomassa. Uma segunda planta, também em Houston, para testar um processo de pré-tratamento para etanol celulósico encontrava-se em estágio de comissionamento e uma terceira planta havia sido aprovada para instalação em Bangalore, na Índia. Além disso, a companhia destacou o início de operação da planta de Costa Pinto para produção de etanol celulósico através de *joint venture* Raízen.

Em 2016, a planta de etanol em Costa Pinto da Raízen atingiu a produção anual de 6,9 milhões de litros de etanol de segunda geração, aproximadamente 17% da capacidade de produção da planta. A Raízen apresentou a intenção de construir mais sete plantas de etanol celulósico próximas às usinas de etanol de primeira geração até 2024.

Em 2017, a Shell informou a finalização do comissionamento da planta de demonstração para conversão de resíduos florestais, agrícolas e municipais em biocombustíveis, iniciada em 2016, através da nova tecnologia IH² no Centro de Tecnologia de Bangalore da Shell. De acordo com a companhia, o grande diferencial desta tecnologia é a possibilidade de transformar uma ampla gama de insumos em diferentes tipos de biocombustíveis. A *CRI Catalyst Company*, empresa global de tecnologia de catalisadores de propriedade integral da Shell, localizada em Houston,

Texas, detém direitos exclusivos de licenciamento mundial desta tecnologia. Em 2017, esta companhia concedeu um contrato de licenciamento da tecnologia IH² para a empresa norueguesa Biozin Holding AS, uma *joint venture* entre a BergeneHolm AS, uma das maiores empresas de processamento de madeira da Noruega, e a refinaria de petróleo sueca Preem AB, para produção de biocombustíveis em larga escala na Noruega (“Biozin granted IH2 technology license,” 2017).

No Brasil, a companhia alcançou a produção de 10 milhões de litros de etanol de segunda geração, atingindo 25% da capacidade instalada da planta de Costa Pinto em 2017. A Shell também assinou um acordo com a SBI Bioenergy no Canadá para o desenvolvimento exclusivo e direito de licenciamento da tecnologia de processamento de resíduos oleosos em biodiesel, biocombustível de aviação e biogasolina.

APÊNDICE A5 – HISTÓRICO DE ATUAÇÃO DA SHELL EM TECNOLOGIA CCS

A Shell apresentou pela primeira vez seu interesse pelo desenvolvimento da tecnologia de captura e armazenamento de carbono em seu Relatório de Sustentabilidade de 2002 (Shell, 2002). A empresa destacou a participação no *CO₂ Capture Project*, uma iniciativa envolvendo empresas do segmento de petróleo, o Departamento de Energia dos EUA (DOE), a União Européia, entre outros, para explorar as aplicações da tecnologia de captura e armazenamento de CO₂ para a indústria. Além disso, a companhia anunciou o co-patrocínio do projeto RECOPOL na Polônia para armazenamento de CO₂ em jazidas de carvão esgotadas associado ao posterior estudo da segurança do armazenamento de CO₂ no subsolo em longo prazo.

Em 2004, a Shell apresentou seu Relatório de Sustentabilidade (Shell, 2004b) a importância dos investimentos na tecnologia CCS para reduzir o impacto do aumento do uso de combustíveis fósseis, destacando seu trabalho em linhas de pesquisa próprias em iniciativa *CO₂ Capture Project*.

Em 2005, a Shell destacou em seu Relatório Anual (Shell, 2005) a criação de medidas mais severas pelos governos para o controle de emissões de CO₂ pelas indústrias, aumentando os riscos de entrega de projetos futuros e de conformidade para instalações existentes que não forem capazes de demonstrar gerenciamento de emissões adequado. Observa-se uma crescente preocupação da Shell quanto ao impacto financeiro que o não atendimento aos limites de emissões carbônicas pode causar para a companhia. Tendo em vista este cenário, a companhia apresentou que uma possibilidade de “esverdeamento” da produção de petróleo seria através do desenvolvimento da tecnologia CCS. Nesse sentido, a companhia destacou a aliança estratégica com a Mitsubishi para explorar tecnologia de captura e recuperação de CO₂. Além disso, a Shell destacou a parceria com as empresas do segmento de O&G, BP e ConocoPhillips, e do setor de geração e fornecimento de eletricidade e gás, a escocesa SSE, para desenvolvimento do projeto de reinjeção de CO₂ em um campo de produção de petróleo no Mar do Norte.

Em 2006, a Shell anunciou sua intenção em contribuir para a redução de custos e demonstrar a segurança da tecnologia CCS. Para isso, anunciou a participação em dois

novos projetos: ZeroGen e Halten. Em parceria com a *Stanwell Corporation*, empresa estatal australiana de geração de eletricidade, o projeto ZeroGen foi iniciado na Austrália para captura de carbono de uma planta de produção de eletricidade a partir de carvão e posterior armazenamento de CO₂ em aquíferos salinos. No Projeto Halten, em parceria com a Statoil, a Shell buscou a utilização de CO₂ para a recuperação de petróleo em campos *offshore* e a conseqüente redução das emissões de CO₂. Ambos os projetos encontravam-se na fase inicial de estudo de viabilidade.

Em 2007, a Shell destacou a previsão de 90% de todas as usinas de energia a carvão e gás nos países desenvolvidos utilizarem tecnologia CCS até 2050. A companhia se apresentou interessada em auxiliar os governos a criar os incentivos e os regulamentos necessários para acelerar o desenvolvimento dos projetos de captura e armazenamento de carbono através da Coalizão ZEP, envolvendo diversos atores da indústria, governo e instituições de pesquisa da Europa. Por outro lado, a Shell anunciou que o Projeto Halten, iniciado no ano anterior, não se mostrou economicamente viável, fazendo com que a empresa optasse pelo desinvestimento.

Em 2008, a Shell ressaltou que seu envolvimento em diferentes programas de P&D em tecnologia CCS ao redor do mundo ajudou a garantir sua participação em novos projetos de demonstração da tecnologia. A companhia apresentou destaque para dois projetos: Weyburn-Midale no Canadá e CO₂SINK na Alemanha. O projeto Weyburn-Midale, parceria com diversas empresas dos segmentos de O&G e Energia, tinha como objetivo a recuperação de petróleo através da injeção de CO₂, recuperado da produção de gás natural sintético pela empresa Dakota Gasification Company (“Weyburn-Midale”, 2008). O projeto CO₂SINK, em parceria com universidades e institutos de pesquisa, tinha a intenção de demonstrar a possibilidade de armazenamento *onshore* de CO₂ em um aquífero salino. Além disso, a Shell também se apresentou envolvida em outras vinte pesquisas com universidades e institutos de pesquisa relacionadas ao desenvolvimento desta tecnologia.

Em 2009, a Shell anunciou o início do desenvolvimento do projeto Quest no Canadá, recebendo o subsídio do governo de Alberta e do governo nacional no valor de \$0,8 bilhão para seu financiamento. O projeto tinha como objetivo capturar CO₂ da instalação de exploração de betume *Athabasca Oil Sands*, em que a Shell era operadora e acionista

majoritária, com posterior armazenamento subterrâneo deste gás em uma formação rochosa porosa.

Além disso, a Shell destacou participação de 25% no projeto Gorgonna Austrália, em parceria com as empresas Chevron Australia, ExxonMobil, TokyoGas, Osaka Gas and Chubu Electric. O projeto previa o armazenamento *onshore* de CO₂ proveniente de uma planta de processamento de gás natural. Até então, este era o maior projeto de captura e armazenamento de carbono do mundo, sendo apoiado pelo governo da Austrália, que destinou \$60 milhões para este fim. Além disso, a Shell anunciou sua participação no projeto de demonstração da tecnologia CCS mais avançado do mundo no Centro de Tecnologia de Mongstad, Noruega, em parceria com o governo norueguês (Gassnova) e as empresas de O&G Statoil e Sasol.

Em 2010, a Shell destacou a previsão da Agência Internacional de Energia de que tecnologia CCS seria um complemento necessário para as plantas de produção de combustíveis fósseis e para outras grandes instalações emissoras de CO₂, podendo contribuir em aproximadamente 19% para a mitigação das emissões de gás carbônico requeridas em 2050.

Em 2012, a Shell apresentou, em parceria com a empresa escocesa SSE, uma proposta de projeto ao governo inglês para armazenamento de CO₂, proveniente de usina elétrica a gás, em um reservatório de gás esgotado no Mar do Norte (Projeto *Peterhead*). Neste ano, a empresa também anunciou o início do comissionamento das instalações do Projeto Quest.

No ano seguinte, a Shell apresentou seu interesse pelo desenvolvimento de novas maneiras para capturar emissões, destacando sua nova tecnologia *Cansolv* para capturar os gases industriais CO₂ e SO₂. A companhia ressaltou que o CO₂ poderia ser vendido para recuperação de petróleo ou armazenado em segurança no subsolo. Assim, anunciou parceria com a RWE nPower, empresa do Reino Unido de geração e distribuição de energia elétrica, para captura de SO₂ e CO₂ na primeira planta de demonstração do mundo desta tecnologia. Além disso, a companhia destacou que a aceitação pelas Nações Unidas dos projetos de captura e armazenamento de carbono como atividade de

compensação no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo¹⁶ facilitaria o progresso desta tecnologia.

Em 2014, a Shell assinou um acordo com o governo do Reino Unido para avançar com o detalhamento do projeto Peterhead, em que era prevista a captura e armazenamento de cerca de 10 milhões de toneladas de CO₂. A Shell destacou que os projetos em que se encontrava envolvida faziam parte de uma importante fase de demonstração da tecnologia CCS, durante a qual o apoio do governo seria essencial. Além disso, a companhia apresentou o início de operação da tecnologia Cansolvna usina BoundaryDam no Canadá, a maior central elétrica a carvão da SaskPower. O CO₂ capturado seria utilizado para a recuperação de petróleo em campos de próximos e, em seguida, permanentemente armazenado no subsolo. As emissões de SO₂ também seriam capturadas e processadas em ácido para uso industrial.

Em 2015, a Shell destacou o início das operações de captura e armazenamento de carbono do Projeto Quest, com a projeção de armazenamento de até 1 milhão de toneladas de CO₂ por ano. Por outro lado, a companhia anunciou a saída do Projeto Peterhead por falta de suporte financeiro do governo e destacou a importância do estabelecimento de um mecanismo robusto de precificação do carbono pelas agências regulamentadoras para possibilitar o desenvolvimento da tecnologia CCS.

Em 2017, a Shell destacou a previsão da IEA de que a tecnologia CCS seria essencial para alcançar a meta de limitar o aquecimento global a menos de 2°C até 2050, o que exigiria o armazenamento de seis bilhões de toneladas de CO₂, equivalente a cerca de cem vezes a capacidade global da tecnologia CCS existente até o momento.

Nesse ano, a Shell manteve o desenvolvimento tecnológico dos projetos em que se mostrava envolvida, melhorando os processos de captura e aumentando a capacidade de armazenamento de carbono. A companhia destacou que no Projeto Quest, em dois anos desde seu início de operação, dois milhões de toneladas de CO₂ haviam sido armazenadas, o que representava um terço das emissões de CO₂ da planta

¹⁶ O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo permite que projetos de redução de emissões nos países em desenvolvimento ganhem Certificados de Redução de Emissões (CRE), cada um equivalente a uma tonelada de dióxido de carbono. Os CRE's podem ser negociados e vendidos, podendo ser usados pelos países industrializados em suas metas de redução de emissões no âmbito do Protocolo de Kyoto ("Mecanismo de Desenvolvimento Limpo vai financiar uso de energia renovável por famílias rurais," 2012).

AthabascaOilSands. Da mesma forma, a companhia destacou a captura e armazenamento de mais de dois milhões de toneladas de carbono da usina *BoundaryDam* no Canadá, da SaskPower, através da tecnologia Cansolv. No Centro de Tecnologia de Mongstad, a Shell reafirmou seu compromisso em participar de testes contínuos da tecnologia até 2020. Quanto ao Projeto Gorgon na Austrália, a companhia reforçou seu comprometimento para que seja capaz de atingir a maior capacidade de separação e reinjeção de CO₂ do mundo, entre três e quatro milhões de toneladas por ano.

APÊNDICE B1 – HISTÓRICO DE ATUAÇÃO DA EXXONMOBIL NO SEGMENTO SOLAR

Em 2005 e 2006, através do programa *Global Climate and Energy Project (GCEP)*, em parceria com a Universidade de Stanford, a ExxonMobil se apresentou envolvida nos seguintes projetos de P&D:

- Desenvolvimento de bactérias geneticamente modificadas para captura de energia solar e transformação em energia química, armazenada na forma de hidrogênio, que poderia ser utilizado para geração de energia ou como combustível para automóveis avançados;
- Desenvolvimento de células solares flexíveis, projetadas em nível molecular, para fornecer eletricidade a menor custo e mais eficiente a partir da luz solar.
- Desenvolvimento de células solares de baixo custo a partir de matéria orgânica.

Em 2016, a ExxonMobil anunciou a contribuição de US\$ cinco milhões em cinco anos para a Universidade de Princeton para avançar na pesquisa de soluções energéticas de ponta, voltadas para energia solar, fusão nuclear, armazenamento de energia e previsão climática.

APÊNDICE B2 – HISTÓRICO DE ATUAÇÃO DA EXXONMOBIL NO SEGMENTO EÓLICO

No período analisado, a companhia não apresentou envolvimento em projetos voltados para o segmento eólico.

APÊNDICE B3 – HISTÓRICO DE ATUAÇÃO DA EXXONMOBIL NO SEGMENTO DE HIDROGÊNIO

Em 2003, a ExxonMobil apresentou-se engajada em atividades voltadas para enfrentar os desafios relacionados à disponibilização de hidrogênio para o consumidor final na indústria automobilística, destacando a formação de parcerias com departamentos públicos, que contavam com outras empresas privadas, que possibilitassem esse desenvolvimento (Parceria *FreedomCarandFuel* e Painel *HydrogenSafetyReview*, vinculadas ao Departamento de Energia dos EUA, e Parceria *CaliforniaFuelCell*). No relatório “*A Report on Energy Trends, GreenhouseGasEmissionsandAlternative Energy*”(ExxonMobil, 2004), a ExxonMobil apresentou que os principais desafios no segmento estavam relacionados aos altos custos de produção de hidrogênio a partir de energia renovável e à segurança de armazenamento do gás. Nesse sentido, a companhia ressaltou que, no melhor cenário, as células combustíveis a hidrogênio apenas estariam comercialmente disponíveis apenas a partir de 2020.

Em 2005, através do programa *Global Climateand Energy Project (GCEP)*, em parceria com a Universidade de Stanford, a ExxonMobil destacou envolvimento nos seguintes projetos de P&D:

- Desenvolvimento de bactérias geneticamente modificadas para captura de energia solar e transformação em energia química, armazenada na forma de hidrogênio, que poderia ser utilizado para geração de energia ou como combustível para automóveis avançados (esse projeto alia os segmentos de energia solar e hidrogênio, por isso é citado duas vezes na presente dissertação);
- Pesquisa de materiais de alta capacidade de armazenamento de hidrogênio, que permitam a fácil liberação do gás no momento de utilização;

Em 2007, a companhia citou pela primeira vez seu envolvimento em projetos de P&D de células combustíveis a hidrogênio no Relatório Anual. Além disso, a companhia destacou em seu Relatório de Sustentabilidade a parceria para o desenvolvimento de um sistema de produção de hidrogênio no próprio veículo com as empresas *QuestAir Technologies*, do segmento de purificação de hidrogênio no Canadá, com a *Plug Power*, voltada para o desenvolvimento de células combustíveis a hidrogênio nos EUA, e a *Ben GurionUniversity*, em Israel. Esta tecnologia converteria gasolina ou óleo Diesel em

hidrogênio para alimentar uma célula combustível instalada no próprio veículo, podendo reduzir as emissões de CO₂ em até 45%.

APÊNDICE B4 – HISTÓRICO DE ATUAÇÃO DA EXXONMOBIL EM BIOCOMBUSTÍVEIS

Em 2006, a ExxonMobil destacou pela primeira vez o desenvolvimento de óleo Diesel a partir de matéria-prima biológica em parceria com a Universidade de Stanford através do Programa *Global Climate and Energy Project (GCEP)*.

Em 2009, a companhia anunciou aliança com a empresa *SyntheticGenomics*, dedicada ao campo de biologia sintética, para o desenvolvimento de algas geneticamente modificadas para produção de óleos e posterior transformação em biocombustíveis, denominados biocombustíveis de terceira geração. A ExxonMobil destacou que o projeto seria um esforço de longo prazo e, com resultados positivos, poderia dedicar US\$ 600 milhões no período de dez anos para seu desenvolvimento. O maior desafio, segundo a companhia, seria identificar e desenvolver uma linhagem de algas que fosse produtiva e robusta para a conversão de CO₂ em óleo com as estruturas moleculares desejadas. Além disso, seria necessário identificar os melhores sistemas de produção para o cultivo das algas e como desenvolver os grandes sistemas integrados necessários para a produção econômica em larga escala.

Em 2010, a ExxonMobil destacou a inauguração de uma estufa na sede da *SyntheticGenomics* na Califórnia para avançar o desenvolvimento de biocombustíveis a partir de algas. Desta forma, conforme apresentado no Relatório Anual, os pesquisadores envolvidos poderiam experimentar diferentes sistemas de crescimento de algas, níveis de luz, condições de temperatura, quantidades de dióxido de carbono e concentrações de nutrientes para melhor avaliar se grandes volumes de biocombustíveis a preços acessíveis poderiam ser produzidos a partir de algas.

No ano seguinte, a ExxonMobil em parceria com a *SyntheticGenomics* e o Instituto de Tecnologia de Massachusetts realizou um estudo para avaliar o impacto da produção de biocombustível de algas nas emissões de gases de efeito estufa, no uso da terra e consumo de água. O estudo mostrou que, com o avanço da pesquisa e desenvolvimento, os biocombustíveis de algas poderiam ser produzidos com consumo de água doce equivalente ao utilizado para o refino de petróleo e permitir menores emissões de carbono.

Após três anos sem apresentar progresso nos projetos em que se encontrava envolvida no segmento de biocombustíveis avançados, em 2015, a companhia anunciou a parceria com a Universidade Estadual de Michigan para avançar nas pesquisas de biocombustíveis e bioprodutos a partir de algas, principalmente voltadas para entender a diferença de produtividade de cada cepa de alga. Além disso, neste ano, a ExxonMobil também destacou a participação de projetos voltados para o desenvolvimento de biocombustíveis avançados com as seguintes universidades e institutos de pesquisa: *Colorado School of Mines, Iowa State University, Northwestern University e University of Wisconsin*.

Em 2016, a ExxonMobil estabeleceu uma parceria com a empresa *Renewable Energy Group (REG)*, fornecedora líder de produtos e serviços de baixo teor de carbono nos EUA, para estudar a viabilidade da produção e biodiesel a partir de resíduos celulósicos agrícolas.

Em 2017, a empresa destacou a dedicação de mais de US\$ 250 milhões para o segmento de biocombustíveis avançados desde que iniciou seu posicionamento no segmento. Além disso, ressaltou avanços na pesquisa de biocombustíveis a partir de algas em parceria com a *Synthetic Genomics*, aumentando o potencial de escalonamento da tecnologia. De acordo com a ExxonMobil, a modificação de uma cepa de alga dobrou a capacidade de produção de óleo sem inibir significativamente seu crescimento, demonstrando um grande avanço nas pesquisas. A companhia espera que, até 2025, 10 mil barris de biocombustível de algas possam ser produzidos por dia (Sapp, 2018).

APÊNDICE B5 – HISTÓRICO DE ATUAÇÃO DA EXXONMOBILEM TECNOLOGIA CCS

Em 2005, através do Programa *Global Climate and Energy Project (GCEP)*, a ExxonMobil anunciou seu envolvimento no projeto de pesquisa de integridade geológica de reservatórios subterrâneos para armazenamento de carbono.

Em 2007, a companhia destacou apoio técnico e financeiro ao projeto CO₂ReMoVe, voltado para o desenvolvimento de tecnologias inovadoras para o monitoramento e a verificação do armazenamento geológico de CO₂. O projeto é resultado de uma iniciativa da Comissão Européia e organizações industriais com experiência no segmento. Além disso, a companhia ressaltou participação no *Carbon Capture and Sequestration Technologies Program*, desenvolvido pelo Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT) com apoio de diversos segmentos industriais (O&G, automobilístico, mineração, etc.). Ao acessar a página web deste programa, foi identificado o apoio da ExxonMobil ao projeto desde 2001 (“Carbon Capture and Sequestration Technologies @ MIT”, n.d.).

No ano seguinte, a companhia anunciou o comprometimento de mais de US\$ 100 milhões para concluir o desenvolvimento da tecnologia patenteada *Controlled Freeze Zone (CFZ)*, um processo inovador que remove as impurezas do gás natural, podendo tornar a captura e o armazenamento de carbono mais acessível e eficiente na redução das emissões de gases de efeito estufa. A tecnologia CFZ separa o CO₂ e outras impurezas do gás natural e libera o CO₂ como um líquido de alta pressão para ser injetado nos reservatórios.

Ainda em 2008, a ExxonMobil destacou em seu Relatório de Sustentabilidade (*Corporate Citizenship Report*) sua dedicação, desde 1987, para o desenvolvimento dos processos de captura, transporte e venda de CO₂ de sua instalação de processamento de gás ShuteCreek em LaBarge, Wyoming, EUA. Até 2008, a companhia apresentou que vendia até quatro milhões de toneladas de CO₂ por ano provenientes desta instalação para a recuperação de petróleo de campos maduros e encontrava-se em processo de expansão dessa capacidade em aproximadamente 50%. Além disso, a companhia ressaltou a parceria no Campo Sleipner no Mar do Norte, onde já havia injetado mais de 10 milhões de toneladas de CO₂ para armazenamento desde 1996.

Em 2009, a ExxonMobil assinou o Memorando de Entendimento com o governo australiano para se tornar membro fundador do Instituto Global de Captura e Armazenamento de Carbono (GCCSI). A companhia apresentou sua expectativa da Iniciativa GCCSI ajudar a superar as barreiras comerciais, regulamentares e técnicas à implantação em larga escala de projetos de demonstração de CCS. A companhia também destacou a qualificação da tecnologia CFZ em escala comercial em uma nova planta de demonstração em suas instalações de LaBarge.

Em 2011, a companhia apresentou que, apesar dos avanços no desenvolvimento da tecnologia CCS, o alto custo associado à captura de CO₂ a partir de gás natural tornava a tecnologia pouco econômica para usinas de energia, onde o maior potencial de redução de CO₂ existe. Nesse sentido, a ExxonMobil destacou seu comprometimento com a pesquisa de materiais e sistemas que poderiam reduzir o custo da tecnologia. Ainda assim, a companhia ressaltou que não esperaria que a tecnologia CCS se tornasse amplamente aplicável nas décadas seguintes.

Em 2012, a companhia destacou sua participação de 25% no projeto Gorgon na Austrália, que, quando operacional, teria a possibilidade de ser o maior reservatório salino de armazenamento de CO₂ do mundo. Em 2009, a ExxonMobil havia apresentado seu envolvimento no projeto Gorgon para o comissionamento de uma planta de Gás Natural Liquefeito (GNL), dando pouca relevância ao sistema de seqüestro de CO₂ que seria desenvolvido em conjunto.

Em 2016, a ExxonMobil destacou sua participação em aproximadamente um quarto da capacidade instalada de captura e armazenamento de carbono do mundo. Além disso, neste ano, a companhia anunciou uma nova parceria com a *FuelCell Energy* para desenvolver células combustíveis de carbonato para a captura de CO₂ de correntes industriais de gás, o que, segundo a ExxonMobil, poderia reduzir substancialmente os custos, permitindo a aplicação da tecnologia em larga escala. Em seu relatório de P&D *“Inovating energy solutions”* (ExxonMobil, 2017), a ExxonMobil apresentou que os processos existentes para a captura de CO₂ têm o consumo de energia alto, aumentando os custos do processo; porém as células de combustível de carbonato seriam capazes de produzir eletricidade enquanto captam e concentram os fluxos de CO₂. Como resultado, essas células de combustível poderiam reduzir significativamente o custo do CCS.

Em princípio, a ExxonMobil e a *FuelCell Energy* testariam a tecnologia CCS em desenvolvimento na planta de geração de energia elétrica a partir de carvão e gás James M. Barry, localizada no Alabama, EUA, e, caso obtivessem resultados positivos, procurariam implantar em outras unidades industriais.

Em 2018, a companhia apresentou que possuía participação em mais de um terço da capacidade mundial de captura e seqüestro de carbono.

APÊNDICE C1 – HISTÓRICO DE ATUAÇÃO DA BPEM ENERGIA SOLAR

A BP apresentou-se como atuante no segmento solar desde 1983, com plantas para fabricação de painéis e módulos solares nos países Espanha, Austrália, EUA, Índia, Tailândia e Arábia Saudita. Em 1998, a companhia destacou sua liderança no mercado de energia solar e apresentou as seguintes atuações no segmento ao longo do ano:

- Construção de unidade solar para abertura do encontro do G8 em Birmingham na Inglaterra;
- Progresso na introdução do painel solar de filme fino no mercado. Os módulos foram utilizados em sistemas solares conectados à rede instalados no Japão, Alemanha, Suécia e EUA.
- Expansão da capacidade de produção de painéis solares de sua fábrica na Espanha de 4 MW para 10 MW.
- Inauguração de planta para produção de painéis solares na Califórnia, EUA;
- Com a fusão com a companhia de petróleo Amoco em 1998, a BP passou a ter a participação de 50% na *joint venture* Solarex, voltada para a fabricação de painéis solares, em parceria com a empresa de distribuição de energia Enron nos EUA. A BP destacou o crescimento das vendas da companhia de 15% em relação ao ano de 1997, atingindo a receita de US\$ 58 milhões.
- Participação de projeto para eletrificação solar de 400 vilas remotas em duas ilhas nas Filipinas;
- Participação de projeto para eletrificação de zonas remotas na Argélia.

Em 1999, a companhia anunciou a compra da parte da Enron na *joint venture* Solarex no valor de US\$ 45 milhões. De acordo com a BP, a nova empresa, nomeada BP Solarex, detinha a participação de 20% no mercado global e era uma das maiores fabricantes de módulos e sistemas fotovoltaicos, com fábricas nos EUA, Espanha, Austrália e Índia. Além disso, o grupo adquiriu a empresa APEX, uma empresa de produção e instalação de painéis solares com sede na França. A companhia também destacou seu projeto *Plug in the Sun*, voltado para a instalação de módulos solares em

200 estações de abastecimento em onze países, e ganhou o contrato para fornecimento de energia solar para 665 casas na vila dos atletas e 19 torres de iluminação durante as Olimpíadas de Sydney, Austrália. .

Em 2000, a companhia destacou o crescimento de 31% em sua produção de módulos solares em relação a 1999. Além disso, anunciou participação acionária de 18,5% na companhia *GreenMountain*, a maior distribuidora de energia limpa dos EUA.

Em 2002, a BP apresentou aumento de aproximadamente 50% na sua produção de módulos solares em relação a 2000, se consolidando como fornecedora líder de painéis fotovoltaicos. A companhia destacou o início de operação de uma nova planta na Espanha para produção de sistemas fotovoltaicos de alta eficiência, com tecnologia *Saturn* de propriedade da BP. Por outro lado, a BP descontinuou a produção de painéis solares de filme fino com intuito de racionalizar sua gama de produtos.

No ano seguinte, a companhia ressaltou a desaceleração na demanda por painéis solares devido à sobrecapacidade de produção da indústria. Novas linhas de produção entraram em operação nos EUA, Índia, Austrália e Espanha em 2003, permitindo que a companhia interrompesse a produção das tecnologias que não se mostravam competitivas. Em seu Relatório de Sustentabilidade de 2003, a BP destacou a participação nos seguintes projetos de eletrificação de zonas remotas a partir de energia solar:

- Solar Power Technology Support (SPOTS): Fornecimento de energia solar para mais de 400 mil pessoas nas regiões isoladas de Mindana nas Filipinas. Houve financiamento de US\$ 48 milhões pelo governo espanhol;
- Programa Prodeem: Programa financiado pelo governo brasileiro para o desenvolvimento de estados e municípios, em que a BP foi responsável pelo fornecimento de energia solar a 1.852 escolas rurais;
- No Marrocos, a companhia realizou a instalação de sistemas solares em residências, beneficiando mais de 20 mil pessoas;
- Estabelecida *joint venture* na Índia com a empresa local Tata para fornecer energia solar para 8700 residências na região de Ladaque, onde a altitude da maior parte do território é superior a 3 000 metros.

Ainda em 2003, a companhia anunciou o lançamento do Programa *BP Solar Home Solutions* para simplificar a aquisição de sistemas solares para residências na Califórnia em parceria com o governo. Além disso, a companhia destacou a participação nos programas de parceria público-privada: *Renewable Energy and Energy Efficiency Partnership*, para acelerar o mercado global de energia renovável, e *Global Village Energy Partnership*, voltado principalmente para possibilitar o acesso à energia por comunidades carentes. Por fim, em 2003, a companhia ressaltou a abertura de um parque solar com capacidade de 4MW, podendo fornecer energia para até mil residências de até quatro pessoas.

Em 2004, após simplificação de suas operações e foco no mercado, a companhia destacou seu primeiro lucro no segmento. A BP apresentou a parceria com a companhia Romag, líder na fabricação de painéis fotovoltaicos na Inglaterra, para desenvolvimento de tecnologia para integração total de painéis solares a edifícios (BiPV). Em seus projetos para eletrificação de comunidades remotas, a companhia ressaltou o financiamento pelo Ministério de Desenvolvimento Rural da Malásia de US\$ 39 milhões para instalação de sistemas solares em comunidades propensas a inundação na Malásia. Além disso, em parceria com o governo tailandês (*Thailand's Provincial Electricity Authority*), a companhia foi responsável pela eletrificação de mais de 120 mil casas em áreas remotas do país, e, através do apoio do governo do Reino Unido, participou da instalação de sistemas solares em vilas rurais de Angola.

Em 2005, a companhia apresentou que sua capacidade instalada de produção de painéis solares já havia atingido 100 MW, com plantas em operação nos EUA, Espanha, Índia e Austrália, sendo seus principais mercados da Alemanha, Espanha, EUA e Índia. Após o primeiro lucro no segmento em 2004, a BP apresentou que estava em processo de dobrar sua capacidade de produção. Com esse intuito, a BP destacou a finalização da expansão da planta solar em Maryland, EUA, e a formação da *joint venture* com a empresa chinesa *Xinjiang Sun Oasis Company*, líder na produção de módulos fotovoltaico e no fornecimento de sistemas solares na China.

Apostando no crescimento de energia alternativa, a BP anunciou a formação da subsidiária *BP Alternative Energy* para desenvolvimento da geração e comercialização de energia solar, eólica, hidrogênio, biocombustíveis e gás natural. De acordo com a companhia, nos primeiros três anos, seria destinado 1,8 bilhão para esses segmentos,

que corresponderia à primeira fase do investimento total planejado de US\$ 8 bilhões em 10 anos.

Em relação aos seus projetos sociais, ainda em 2005, a companhia apresentou a finalização da primeira fase do programa SPOTS, com a instalação de seis mil sistemas solares no sul das Filipinas, beneficiando mais de 240 mil pessoas, aproximadamente 40 comunidades. Com esses resultados positivos, a BP assinou um contrato com o Departamento de Reforma Agrária das Filipinas para iniciar a segunda fase de investimento, expandindo a instalação dos sistemas para mais 44 comunidades. Além disso, a companhia destacou avanço em seus projetos de eletrificação das comunidades de Ladaque, Índia, e o início do projeto “*Sustainable Assistance Water Management Project*” no Sri Lanka, em parceria com o Ministério da Agricultura, voltado para o uso de energia solar para impulsionar instalações de irrigação em grande escala.

Em 2006, a companhia dedicou seus esforços para o desenvolvimento de novas tecnologias para aumentar a capacidade de geração de energia por módulo solar e para redução de custos. A BP apresentou o desenvolvimento da tecnologia Mono², com capacidade de aumentarem 7% a eficiência das células em comparação com as células solares tradicionais; anunciou o programa de pesquisa com o Instituto de Tecnologia da Califórnia para explorar um novo processo produtivo de células solares para tornar a energia solar mais competitiva em custo; e o projeto com o Instituto de Crescimento de Cristais (Institut für Kristallzüchtung– IKZ) na Alemanha para reduzir a quantidade de silicose depositada por célula solar.

Além disso, a companhia destacou a expansão de suas instalações na Índia e Espanha, duplicando a capacidade produtiva painéis solares de 100 MW para 200 MW. A BP apresentou sua intenção de triplicar capacidade produtiva de 2004 até 2008, ressaltando que o projeto de ampliação de sua planta em Maryland, EUA, estimado em US\$ 70 milhões, contribuiria para este propósito, além da continuidade de expansão das plantas da Espanha e Índia. Por fim, o grupo ressaltou a aliança com o Banco Santander para instalação de até 278 sistemas solares na Espanha, com capacidade total de 18 a 25 MW.

Em 2007, a BP destacou a entrega dos primeiros painéis solares com a tecnologia Mono². A companhia também ressaltou a entrega de 14 MW dos 25 MW de sistemas

solares planejados com o Banco Santander e a parceria com o Wal-Mart para instalação de módulos solares em sete lojas. Além disso, BP apresentou sua participação em um programa de pesquisa e desenvolvimento de US\$ 40 milhões, sendo 50% financiado pela BP Solar e 50% pelo Departamento de Energia dos EUA, com o objetivo de diminuir o custo das células solares e aumentar sua eficiência. A companhia também destacou avanço nos projetos solares em comunidades remotas: Concluiu a primeira fase do projeto “*Sustainable Assistance Water Management Project*” no Sri Lanka, e prosseguiu na segunda etapa do projeto SPOTS para fornecer energia solar em áreas remotas das Filipinas.

Em 2008, a BP apresentou que seu modelo de negócios global no segmento solar abrangia toda a cadeia de valor solar - desde a aquisição de silício como matéria-prima, produção de *wafers* e células até a criação de painéis solares que são vendidos e distribuídos como sistemas solares. Devido a condições de mercado cada vez mais competitivas, a BP Solar anunciou planos para reorientar as operações em suas fábricas de maior escala para alcançar um baixo custo de produção. Isso resultou no início de um programa intensivo de melhoria da eficiência operacional nas plantas remanescentes da BP Solar e planos para fechar a fábrica da Austrália. Com intuito de reduzir o custo de produção dos módulos solares, sem perder a qualidade, a BP Solar assinou contratos com um conjunto de parceiros estratégicos na Ásia, especializados na produção de *wafers* e células solares. Além disso, a companhia ressaltou avanços no desenvolvimento tecnológico da tecnologia Mono².

Nos EUA, em 2008, a BP forneceu um sistema solar para a *FedExFreight* na Califórnia e outras seis instalações para o Wal-Mart. Além disso, destacou que era um membro de um consórcio liderado pela DuPont em conjunto com a Universidade de Delaware, financiado pela *DefenseAdvancedResearchProjectsAgency* (DARPA), para desenvolver células solares de alta eficiência. Na Europa, a companhia expandiu o relacionamento com o Banco Santander para instalação de parques solares na Espanha, com a proposta de construção de uma fazenda solar de pico de 8 MW em Toledo e um projeto de 6MW em Tenerife. Na Ásia, a BP concluiu a instalação de um projeto de demonstração de energia solar no *Guangdong Science Center* (SolarSail) e, na Austrália, houve o lançamento do programa *Solar Cities*, em parceria com o governo, para instalar e distribuir energia solar em sete cidades australianas.

Em 2009, a companhia destacou que o ano havia sido bastante desafiador no mercado de energia solar devido à fraca demanda no primeiro semestre e uma redução significativa nos preços de venda de módulos em cerca de 40%. No entanto, a BP apresentou que havia conseguido aumentar as vendas em 25% em relação a 2008. Durante o ano de 2009, a BP Solar continuou a reestruturar os custos de fabricação e, como parte deste programa, a linha de montagem de módulos foi desativada em Maryland, EUA, e as fábricas de células e montagem de módulos em Madri, Espanha, foram fechadas. As instalações de fabricação de *wafers* e células solares em Maryland e as fábricas na China e na Índia foram mantidas operacionais. Além disso, a companhia estabeleceu aliança com a *Interuniversity Microelectronics Centre* (IMEC) para demonstrar a eficiência das células solares com tecnologia Mono².

Em 2010, a BP declarou um aumento de 60% nas vendas de módulos. Por outro lado, a companhia optou por manter nos EUA apenas suas atividades de desenvolvimento tecnológico, distribuição e comercialização de painéis solares, interrompendo suas operações de produção no estado de Maryland, pois, o custo de fabricação nas plantas da China e Índia era muito menor comparativamente. Após a reestruturação da localização de suas plantas de fabricação de módulos solares, a companhia assinou no início de 2011 acordos de suprimento de células com as fabricantes chinesas *JA Solar Holdings* e *Hareon Solar Technology*, fornecendo à BP Solar acesso a cerca de 200MW de células solares monocristalinas e policristalinas.

Além disso, o grupo se manteve ativo no desenvolvimento de células solares, destacando a tecnologia *InnerCool*, projetada para aumentar a eficiência das células em temperaturas extremamente altas, em parceria com uma universidade na Arábia Saudita. Além disso, a companhia introduziu um novo revestimento de vidro anti-reflexo para módulos solares, aumentando a geração de energia em até 4% em comparação com os módulos de vidro simples.

No fim de 2011, após 35 anos de atuação no segmento solar, a companhia optou por encerrar todas as suas operações, justificando que a energia solar havia evoluído para uma commodity de baixa margem no mercado e não estaria mais alinhada com sua estratégia de negócios. Em 2012, a BP anunciou que havia finalizado a transferência de suas obrigações e ativos para seus afiliados ou terceiros.

Em 2017, a companhia voltou a apresentar interesse no segmento, estabelecendo aliança com a empresa *Lightsource*, a maior empresa de desenvolvimento e implantação de projetos solares de larga escala na Europa, passando a chamar-se *Lightsource BP*. A BP adquiriu 43% de participação acionária na empresa com o compromisso de investimento US\$ 200 milhões na empresa ao longo de três anos.

APÊNDICE C2 – HISTÓRICO DE ATUAÇÃO DA BPEM ENERGIA EÓLICA

O posicionamento da BP no segmento iniciou em 2002 com a instalação de turbinas para geração de até 22,5 MW energia eólica em uma refinaria na Holanda, de propriedade conjunta com a Chevron (BP, 2002).

Em 2005, apostando no crescimento de energia alternativa, a BP anunciou a formação da subsidiária *BP Alternative Energy* para desenvolvimento da geração e comercialização de energia solar, eólica, hidrogênio, biocombustíveis e gás natural. De acordo com a companhia, nos primeiros três anos, seria destinado 1,8 bilhão para esses segmentos, que corresponderia à primeira fase do investimento total planejado de US\$ 8 bilhões em 10 anos (BP, 2005a). Neste ano, a companhia também anunciou a conclusão da construção e comissionamento de um parque eólico de 9MW em Amsterdã, em parceria com a Chevron, e foi solicitada a permissão de instalação de 10 turbinas em um terminal de combustível da BP em *Isle of Grain*, no Reino Unido, para geração de 18MW de energia (BP, 2005a). No relatório de sustentabilidade de 2005 (BP, 2005b), a BP destacou sua intenção de entrar no mercado eólico em larga escala, aumentando a capacidade instalada de 30 MW para 450 MW até 2008.

Em 2006, a BP estabeleceu parceria com a companhia *Clipper Wind Power* para fornecimento de turbinas eólicas com capacidade de geração de até 2250 MW de energia (BP, 2006). Esta aliança estava em alinhamento com a sua intenção de construir cinco parques eólicos com capacidade de entrega de até 550 MW de energia (BP, 2006). Além disso, a companhia adquiriu duas companhias especializadas na geração de energia eólica, *Orion Energy LLC* e *Greenlight Energy*, adicionando ao seu portfólio mais de 100 projetos eólicos a serem desenvolvidos com potencial de geração total de cerca de 15.000 MW (BP, 2006).

De 2005 para 2007, a BP aumentou a capacidade instalada de seus parques eólicos de 32 MW para 172 MW e apresentou planos para geração de até 1.000 MW em 2008 (BP, 2007a). Em parceria com a empresa *Clipper Wind Power*, desenvolvedora de turbinas, a companhia iniciou a construção do parque eólico *Silver Star I* com capacidade de 60 MW no Texas, EUA (BP, 2007a). Junto à empresa *NRG Energy*, especializada na implantação de projetos de energia renovável, a BP iniciou o comissionamento do parque eólico *Sherbin* com capacidade de 150 MW também no Texas (BP, 2007b).

Além disso, houve o início da operação comercial do parque eólico *Cedar Creek* para geração de 300 MW de energia no Colorado, EUA, em parceria com a empresa Babcock & Brown, empresa global de investimentos e consultoria (BP, 2007a). A companhia também iniciou a operação comercial de um parque eólico em Dhule, Índia, para geração de 40 MW de energia (BP, 2007a).

De 2007 para 2008, a BP aumentou sua capacidade instalada de parques eólicos de 172 MW para 432 MW (BP, 2008a). Houve também a aquisição da participação da Chevron na refinaria e no parque eólico que possuíam em conjunto na Holanda (BP, 2008a). Para garantir o fornecimento de turbinas para os diversos projetos eólicos em que estava envolvida, a BP anunciou parceria com as empresas Nordex, na Alemanha, e GE, nos EUA, com contrato de fornecimento de turbinas para geração de 900 MW (BP, 2008a). Além disso, pela primeira vez, a companhia destacou seu interesse pelo desenvolvimento de parques eólicos *offshore* (BP, 2008b).

Em 2009, a companhia anunciou o início de operação comercial dos parques eólicos *Fowler Ridge* com capacidade total de 600 MW, em parceria com as empresas americanas focadas em energia renovável *Dominion* e *Sempra Generation*, e o parque eólico *Titan I* de propriedade privada da BP com capacidade de geração de 25 MW, ambos localizados nos EUA (BP, 2009). Além disso, houve o início de construção do parque eólico *Fowler Ridge II* em Indiana, EUA, e a finalização da primeira fase do projeto eólico *Flat Ridge* em Kansas, EUA, em parceria com a companhia de geração e distribuição de energia *Westar Energy* (BP, 2009). A BP também anunciou a parceria com o *Energy Technologies Institute (ETI)* para um projeto de P&D focado em parques eólicos *offshore* (BP, 2009).

Em 2010, a BP optou por vender seus ativos eólicos localizados na Índia (BP, 2010). Focada no mercado americano, a companhia destacou o início das operações comerciais do parque eólico *Goshen North* com capacidade total de 125 MW em Idaho, e houve início da construção do parque eólico *Cedar Creek II* (250 MW) no Colorado, ambos localizados nos EUA (BP, 2010). Além disso, a BP iniciou o teste de nova tecnologia de turbinas eólicas para aumentar o desempenho de geração de energia (BP, 2010).

No ano seguinte, houve início da operação comercial do parque eólico *Sherbino II* com capacidade de 150 MW, no Texas, e *Cedar Creek II* com capacidade de 250 MW, no

Colorado, no qual a BP contava com uma participação de 50% (BP, 2011). A companhia também comunicou a finalização da construção do parque *Trinity Hills* (225 MW), no Texas, e início da construção dos parques *Mehoopany*(141MW), na Pensilvânia, e *Flat Ridge* (470 MW), no Kansas (BP, 2011).

Em 2012, a BP, juntamente com seus parceiros, concluiu a construção de outros três parques eólicos no Kansas, na Pensilvânia e no Havaí, atingindo o total de 16 parques eólicos em nove estados americanos e a capacidade instalada de sua propriedade de 1558 MW(BP, 2012). Em 2013, a companhia optou por investir na otimização do desempenho de seus parques eólicos (BP, 2013).

De 2014 a 2016, a companhia se manteve operadora de 14 dos 16 parques eólicos que possuía ou detinha participação, no entanto, registrou perdas por imparidade durante todos esses anos (BP, 2014, (BP, 2015a) e 2016).

APÊNDICE C3 – HISTÓRICO DE ATUAÇÃO DA BPNO SEGMENTO DE HIDROGÊNIO

O primeiro posicionamento da BP no segmento de hidrogênio ocorreu em 2000 com o anúncio de um projeto para fornecimento de hidrogênio para protótipos de veículos que usam células a combustível de emissão zero (BP, 2000). Além disso, a companhia estabeleceu parceria com a DaimlerChrysler do segmento automobilístico para abastecimento de ônibus movidos a hidrogênio em várias das principais cidades do mundo (BP, 2000). Em 2001, a BP apresentou participação no projeto de introdução de ônibus de célula a combustível de hidrogênio em Londres até 2003 (BP, 2001).

No ano de 2003, a BP anunciou diversos projetos de demonstração em diferentes cidades para avaliar os desafios técnicos e econômicos para desenvolvimento da produção, distribuição e varejo de hidrogênio como combustível veicular (BP, 2003). A companhia destacou o fornecimento de infraestrutura de reabastecimento de veículos a hidrogênio em Londres, Barcelona e Porto, além de expertise técnica para apoiar parceiros em Stuttgart e Hamburgo. Esta ação está relacionada ao projeto de ônibus a hidrogênio da iniciativa *Clean Urban Transport for Europe (CUTE)*, financiado pela Comissão Europeia. A BP também destacou o fornecimento de infraestrutura para reabastecimento de hidrogênio para um projeto complementar em Perth, Austrália (BP, 2003).

Ainda em 2003, a companhia foi responsável pela instalação de diversas estações de reabastecimento de hidrogênio. Houve a abertura da primeira estação pública para reabastecimento de hidrogênio através de sua subsidiária Vebano aeroporto de Munique, Alemanha. Além disso, a companhia destacou o início do comissionamento de duas estações de reabastecimento de hidrogênio em Cingapura, projeto em parceria com a Daimler Chrysler para apoiar uma frota de carros de célula a combustível da Daimler Chrysler. A BP também apresentou seu envolvimento na instalação de uma estação de abastecimento de hidrogênio no aeroporto de Los Angeles, em parceria com a empresa Praxair do segmento de produção de gases industriais. Também na Califórnia, a BP apresentou-se como integrante do *California Fuel Cell Partnership*, que inaugurou sua primeira estação de reabastecimento de hidrogênio em Sacramento em 2000 (BP, 2003).

Em 2004, a BP assinou um Memorando de Entendimento com o governo chinês para fornecimento de estações de reabastecimento de hidrogênio para a demonstração de ônibus movidos a célula a combustível nos Jogos Olímpicos de 2008. O projeto foi estabelecido pelo Ministério da Ciência e Tecnologia em Pequim e Xangai (BP, 2004).

Em 2005, apostando no crescimento de energia alternativa, a BP anunciou a formação da subsidiária *BP Alternative Energy* para desenvolvimento da geração e comercialização de energia solar, eólica, hidrogênio, biocombustíveis e gás natural. De acordo com a companhia, nos primeiros três anos, seria destinado 1,8 bilhão para esses segmentos, que corresponderia à primeira fase do investimento total planejado de US\$ 8 bilhões em 10 anos (BP, 2005a). Diferente dos anos anteriores, dedicados principalmente à distribuição e comercialização de hidrogênio, em 2005, a BP iniciou seu posicionamento no desenvolvimento de plantas para geração de hidrogênio com baixa emissão de carbono. A companhia anunciou planos, em conjunto as companhias Shell (O&G), ConocoPhillips (O&G) e SSE (geração de energia), para o desenvolvimento do primeiro grande projeto do mundo para fornecimento de hidrogênio para gerar eletricidade em uma planta em Peterhead, Escócia, reduzindo as emissões de CO₂ através de sua reinjeção para recuperação de petróleo no Mar do Norte (tecnologia CCS). A segunda planta de produção de hidrogênio para geração de eletricidade seria instalada na Califórnia, EUA, com posterior armazenamento de CO₂ em reservatórios subterrâneos (tecnologia CCS). Esse projeto foi resultado da parceria com a companhia do segmento de energia Edison Mission Group e a previsão para início de operação era para 2011 (BP, 2005a).

Em 2006, a BP destacou um novo relacionamento estratégico com a companhia *General Electric* para acelerar projetos de P&D das tecnologias de hidrogênio. Além disso, o projeto de instalação de planta de hidrogênio na Califórnia recebeu US\$ 90 milhões em créditos de Investimento Federal dos EUA. A companhia também destacou progresso na construção da planta de hidrogênio em Peterhead, Escócia (BP, 2006).

Em 2007, a companhia anunciou a formação de *joint venture Hydrogen Energy*, em parceria com a companhia Rio Tinto, do segmento de mineração, para produção de hidrogênio para geração de energia usando energia fóssil e posterior armazenamento de carbono em reservatórios subterrâneos (BP, 2007a). A *joint venture* se tornou responsável pelos projetos na Califórnia e *Peterhead* que a BP estava desenvolvendo

(FuelCellToday, 2007). No entanto, devido ao atraso na resposta do governo para aprovação da capacidade de armazenamento de carbono no campo de petróleo de Miller, a BP optou por abandonar o projeto (BBC News, 2007).

No ano seguinte, a BP destacou a parceria com a companhia de energia renovável Masdar, com sede em Adu Dhabi, para o desenvolvimento de uma planta de geração de eletricidade a partir de hidrogênio em Abu Dhabi. O CO₂ gerado seria utilizado para recuperação de petróleo, substituindo a injeção de gás natural em reservatórios de petróleo.

Em 2009, a BP anunciou a compra da participação da *Rio Tinto International* na *joint venture Hydrogen Energy*. A companhia Rio Tinto California manteve sua participação no projeto de geração de hidrogênio na Califórnia. Em 2009, este projeto recebeu um financiamento do *Department of Energy* dos EUA (DoE) no valor de US\$ 308 milhões. Além disso, a BP destacou que o projeto *Hydrogen Power* em Abu Dhabi associado à tecnologia CCS obteve a aprovação do órgão regulador ambiental de Abu Dhabi quanto ao seu impacto ambiental e social (BP, 2009).

Em 2010, a BP destacou que o projeto de geração de hidrogênio associado à tecnologia CCS encontrava-se em fase de demonstração de viabilidade. Por outro lado, o projeto de Abu Dhabi necessitava de definições tecnológicas quanto ao transporte de CO₂ para utilização na recuperação de petróleo (BP, 2010).

Em 2011, a companhia vendeu seu projeto *Hydrogen Energy* da Califórnia para a companhia americana de geração de energia *SCS Energy* (BP, 2011), permanecendo, dessa forma, apenas com o projeto de Abu Dhabi.

APÊNDICE C4 – HISTÓRICO DE ATUAÇÃO DA BPEM BIOCOMBUSTÍVEIS

A BP apresentou pela primeira vez seu envolvimento no desenvolvimento de biocombustíveis em 2005. A companhia destacou sua participação na elaboração do projeto *Biofuels Assurance Scheme*, criado pela *UK Low Carbon Vehicle Partnership*, um grupo formado por indústrias, governos, universidades e ONGs ambientais para acelerar a mudança para veículos e combustíveis com baixo teor de carbono (BP, 2005b). Além

disso, a BP apresentou interesse pelo desenvolvimento de biocombustíveis avançados, provenientes de óleos não-comestíveis e resíduos celulósicos (BP, 2005b).

Em 2006, a BP e a DuPont anunciaram uma parceria para desenvolver, produzir e comercializar biocombustíveis avançados. O primeiro produto anunciado para desenvolvimento tecnológico foi o biobutanol, um aditivo para a gasolina, que seria comercializado inicialmente no Reino Unido.

Em 2007, o segmento de biocombustíveis da BP foi transferido da divisão de Refino e Marketing para a divisão de Energia Alternativa, aumentando o enfoque da companhia para seu desenvolvimento (BP, 2007a). Além disso, dois institutos de pesquisas apoiados pela BP foram inaugurados: o *Energy Biosciences Institute* (EBI) nos EUA e o *Energy Technologies Institute* (ETI) no Reino Unido. O EBI foi uma parceria estratégica entre a BP, a Universidade da Califórnia, o Laboratório Nacional de Lawrence Berkeley e a Universidade de Illinois, para o desenvolvimento de pesquisas inicialmente focadas em biocombustíveis avançados para transporte terrestre. No Reino Unido, o ETI foi estabelecido como uma parceria público-privada 50:50, financiada igualmente por empresas associadas, incluindo a BP, e o governo. O instituto visava acelerar o desenvolvimento, demonstração e eventual implantação comercial de um portfólio focado em energia com baixa emissão de carbono (BP, 2007a).

Além disso, em 2007, a BP formou a *joint venture* Vivergo, junto às empresas DuPont e Associated British Foods para desenvolvimento de uma planta comercial de bioetanol em Hull, Reino Unido, com aporte financeiro de US\$ 400 milhões, através de sua subsidiária *BP Alternative Energy* (BP, 2007b). A companhia também anunciou a formação da *joint venture* D1-BP FuelCrops Limited, em parceria com a companhia produtora de biodiesel, D1 Oils, para desenvolvimento de plantações de jatropha, uma matéria-prima não-comestível para produção de biodiesel. O BP planejou o investimento de US\$ 160 milhões em 5 anos neste projeto (BP, 2007b).

A BP também destacou sua participação nas seguintes Mesas Redondas para promover a produção responsável de biocombustíveis: Mesa Redonda para Biocombustíveis Sustentáveis, Mesa Redonda para Óleo de Palma Sustentável e Mesa Redonda para a Soja Responsável (BP, 2007b).

Em 2008, a BP anunciou sua intenção de investir mais de US\$ 1 bilhão na estruturação de suas próprias operações de biocombustíveis, incluindo parcerias com outras empresas para desenvolver as tecnologias, insumos e processos necessários para produzir biocombustíveis avançados (BP, 2008a). Esses investimentos incluíram: Participação de 50% na Tropical BioEnergia, uma *joint venture* com a Santelisa Vale (empresa brasileira produtora de bioetanol) e o Grupo Maeda (empresa agrícola brasileira), para produzir bioetanol a partir da cana-de-açúcar; e um investimento de US\$ 90 milhões na aliança estratégica com a empresa de biotecnologia industrial Verenium Corporation, focada no desenvolvimento e a comercialização de biocombustíveis produzidos a partir de resíduos lignocelulósicos (BP, 2008a).

Em 2009, a companhia anunciou um investimento de US\$ 45 milhões em uma *joint venture* com a Verenium para desenvolvimento de uma planta de demonstração em escala comercial para produzir bioetanol celulósico na Flórida, EUA (BP, 2009). A BP também anunciou um acordo de investimento de US\$ 10 mi na empresa Martek Biosciences Corporation, líder no segmento de fermentação, para demonstração da produção de biodiesel em larga escala por meio da fermentação de açúcares (BP, 2009). Além disso, a BP e a DuPont formaram a *joint venture* Butamax Advanced Biofuels com a missão de comercializar biobutanol como combustível de transporte.

Em 2010, a BP adquiriu os ativos para produção de etanol lignocelulósico da Verenium por US\$ 98 milhões, o que incluía plantas piloto e de demonstração, instalações de P&D, tecnologia de biocombustíveis lignocelulósicos e propriedade intelectual relacionada, e tecnologia de enzimas lignocelulósicas e propriedade intelectual relacionada. Com isso, a BP passou a ser a única proprietária da Vericipia Biofuels, que havia iniciado a comercialização de sua produção de etanol lignocelulósico. (BP, 2010).

Em 2011, a BP destacou os avanços nas pesquisas do instituto EBI, EUA, particularmente no segmento de conversão celulósica para possibilitar a comercialização de biocombustíveis avançados (BP, 2011). No Reino Unido, através da *joint venture* Butamax, foi finalizado o comissionamento da planta de demonstração para acelerar a produção em escala comercial do biobutanol (BP, 2011). Em relação aos biocombustíveis de primeira geração, a BP destacou a participação acionária de 83% na Companhia Nacional de Açúcar e Álcool (CNAA) por US\$ 705 milhões, além da

aquisição das partes da Santelisa Vale e do Grupo Maedana companhia Tropical Bioenergia, onde já possuía 50%, por US\$ 71 milhões (BP, 2011).

Em 2012, a BP estabeleceu aliança com a empresa DSM, especializada no segmento de fermentação, para desenvolvimento de tecnologia para conversão de açúcares em biodiesel (BP, 2012). A companhia também destacou o abastecimento dos Jogos Olímpicos de Londres com biocombustíveis que estavam em desenvolvimento pela companhia: etanol lignocelulósico, diesel a partir de açúcar e biobutanol (BP, 2012). Além disso, a BP finalizou o comissionamento da planta de etanol da *joint venture* Vivergo em Hull, Reino Unido, com capacidade de produção de 420 milhões de litros de etanol (BP, 2012). Nos EUA, a BP tomou a decisão estratégica de focar seu segmento de biocombustíveis na pesquisa, desenvolvimento e comercialização de etanol celulósico em suas instalações em San Diego, Califórnia, e Jennings, Louisiana (BP, 2012). Por outro lado, a companhia anunciou uma perda por imparidade no valor de US\$ 320 milhões por não prosseguir com o investimento em uma unidade de produção de biocombustíveis em desenvolvimento nos EUA (BP, 2012).

Em 2013, a BP destacou que a unidade de produção de etanol da *joint venture* Vivergo encontrava-se em processo de aumento de escala de produção e, quando alçasse sua capacidade máxima, poderia representar cerca de 20% do total dos requisitos legais de biocombustíveis no Reino Unido (BP, 2013).

Em 2015, a companhia anunciou a venda de sua participação na *joint venture* Vivergo no Reino Unido. Por outro lado, a BP apresentou-se como a primeira companhia do mundo a comercializar biocombustível para aviação, fornecendo para as companhias Lufthansa, SAS e KLM no aeroporto de Oslo, Noruega (BP, 2015b).

Em 2016, a BP anunciou que mantinha o desenvolvimento de biobutanol em parceria com a DuPont na *joint venture* Butamax, destacando que, comparado a outros biocombustíveis, o biobutanol poderia ser misturado a gasolina em maiores proporções sem afetar seu desempenho, além de ser mais facilmente transportado e armazenado (BP, 2016a). Em 2017, a companhia destacou a aquisição da planta Nesikano Kansas, EUA, para comercializar biobutanol através da *joint venture* Butamax (BP, 2017). Além disso, a companhia destacou a expansão do fornecimento de biocombustível de aviação para a Suécia (BP, 2017).

APÊNDICE C5 – HISTÓRICO DE ATUAÇÃO DA BPEM TECNOLOGIA CCS

A BP apresentou seu primeiro posicionamento no segmento em 2000 através de participação no projeto *CO₂Carbon Capture*, o primeiro projeto industrial de larga escala para desenvolvimento da tecnologia CCS, em parceria com as empresas de O&G BP, Chevron, Petrobras e Suncor(BP, 2003).

Em 2004, a companhia anunciou a parceria com as empresas Sonatrach (petrolífera estatal da Argélia) e Statoil para desenvolvimento do Projeto In Salah para captura e armazenamento de CO₂ de uma planta de processamento de gás na Argélia(BP, 2004). No ano seguinte, a BP destacou o início das operações no projeto, armazenando aproximadamente 1 milhão de toneladas de CO₂ anualmente (BP, 2005a).

Em 2005, a BP destacou o início de uma nova fase do projeto *CO₂Carbon Capture* com a entrada de uma série de outras empresas e apoiado pelos governos do Reino Unido, EUA e Noruega. O projeto recebeu um novo aporte financeiro no valor de US\$ 50 milhões, com foco na segurança e proteção do armazenamento geológico e na redução das incertezas relacionadas ao custo e desempenho da tecnologia(BP, 2005b).

Além disso, em 2005, conforme apresentado no histórico de atuação da companhia no segmento de hidrogênio, a BP iniciou seu posicionamento no desenvolvimento de plantas para geração de hidrogênio com baixa emissão de carbono. A companhia anunciou planos, em conjunto as companhias Shell (O&G), ConocoPhillips (O&G) e SSE (geração de energia), para o desenvolvimento do primeiro grande projeto do mundo para fornecimento de hidrogênio para gerar eletricidade em uma planta em Peterhead, Escócia, reduzindo as emissões de CO₂ através de sua reinjeção para recuperação de petróleo no Mar do Norte (tecnologia CCS). A segunda planta de produção de hidrogênio para geração de eletricidade seria instalada na Califórnia, EUA, com posterior armazenamento de CO₂ em reservatórios subterrâneos (tecnologia CCS). Esse projeto foi resultado da parceria com a companhia do segmento de energia Edison MissionGroup e a previsão para início de operação era para 2011(BP, 2005a).

Em 2007, a companhia anunciou a formação de *joint ventureHydrogenEnergy*, em parceria com a companhia Rio Tinto, do segmento de mineração, para produção de hidrogênio para geração de energia usando energia fóssil e posterior armazenamento de carbono em reservatórios subterrâneos (BP, 2007a). A *joint venture* se tornou

responsável pelos projetos na Califórnia e *Peterhead* que a BP estava desenvolvendo (FuelCellToday, 2007). No entanto, devido ao atraso na resposta do governo para aprovação da capacidade de armazenamento de carbono no campo de petróleo de Miller, a BP optou por abandonar o projeto (BBC News, 2007).

No ano seguinte, a BP destacou a parceria com a companhia de energia renovável Masdar, com sede em Adu Dhabi, para o desenvolvimento de uma planta de geração de eletricidade a partir de hidrogênio em Abu Dhabi. O CO₂ gerado seria utilizado para recuperação de petróleo, substituindo a injeção de gás natural em reservatórios de petróleo.

Em 2009, a BP anunciou a compra da participação da *Rio Tinto International* na *joint venture Hydrogen Energy*. A companhia Rio Tinto California manteve sua participação no projeto de geração de hidrogênio na Califórnia. Em 2009, este projeto recebeu um financiamento do *Department of Energy* dos EUA (DoE) no valor de US\$ 308 milhões e obteve aprovação ambiental para armazenamento de carbono. Além disso, a BP destacou que o projeto *Hydrogen Power* em Abu Dhabi associado à tecnologia CCS obteve a aprovação do órgão regulador ambiental de Abu Dhabi quanto ao seu impacto ambiental e social (BP, 2009).

Em 2010, a BP destacou que o projeto de geração de hidrogênio associado à tecnologia CCS encontrava-se em fase de demonstração de viabilidade. Por outro lado, o projeto de Abu Dhabi necessitava de definições tecnológicas quanto ao transporte de CO₂ para utilização na recuperação de petróleo (BP, 2010). No projeto In Salah, a BP iniciou a segunda fase do projeto para o desenvolvimento de quatro campos de gás restantes com o posterior armazenamento de carbono (BP, 2010).

Em 2011, a companhia vendeu seu projeto *Hydrogen Energy* da Califórnia para a companhia americana de geração de energia *SCS Energy* (BP, 2011), permanecendo, dessa forma, apenas com o projeto de Abu Dhabi.

Em 2016, a companhia se tornou membro da *Oil and Gas Climate Initiative* (OGCI) para ajudar a acelerar o uso da tecnologia CCS (BP, 2016b). A BP também destacou avanços nas pesquisas pelo projeto *CO₂ Carbon Capture*, que encontrava-se realizando testes para utilização da tecnologia e demonstração da contenção geológica dos reservatórios (BP, 2016b). Além disso, a BP ressaltou sua participação no *Carbon Mitigation Initiative*

(*CMI*), um programa da Universidade de Princeton, EUA, focado na descoberta de novos reservatórios geológicos para armazenamento seguro de carbono (BP, 2016b).

Em 2017, a companhia se comprometeu a financiar, por meio da iniciativa OGCI, o projeto de uma planta de geração de energia a partir de gás natural em larga escala associada à tecnologia CCS, com o objetivo de receber apoio do governo e atrair investidores do setor privado (BP, 2017).

APÊNDICE D1 – HISTÓRICO DE ATUAÇÃO DA CHEVRON EM ENERGIA SOLAR

O primeiro posicionamento da Chevron no segmento solar ocorreu em 2001 através de aliança com a companhia Energy Conversion Devices (ECD) para desenvolvimento de materiais para painéis solares flexíveis.

Em 2002, a companhia destacou a instalação de um sistema fotovoltaico na Califórnia, EUA, em um de seus campos de petróleo na Califórnia, com o objetivo de ganhar experiência no projeto e na aplicação da tecnologia de energia solar (Chevron, 2002a).

Em 2004, para avançar no desenvolvimento da tecnologia de energia solar, a Chevron investiu através de capital de risco na Konarka, uma empresa de Massachusetts (EUA) dedicada ao desenvolvimento e comercialização de módulos solares fotovoltaicos flexíveis e de baixo custo. Além disso, a Chevron foi responsável pela instalação do maior parque solar dos EUA no Centro de Processamento e Distribuição da U.S. Postal Service (USPS) na Califórnia, podendo reduzir o consumo de energia anual em mais de 33%. Também em parceria com a USPS, a Chevron anunciou a instalação de uma usina de energia renovável híbrida - incluindo uma célula a combustível e duas tecnologias de energia solar - nos maiores centros de processamento e distribuição da USPS em São Francisco. A companhia também destacou a instalação de painéis solares na biblioteca pública de Richmond, Califórnia (Chevron, 2004).

Em 2007, a companhia destacou a instalação de um sistema solar para a Universidade Estadual da Califórnia, localizada em Fresno, que poderia fornecer até 20% do consumo energético anual da instituição (Chevron, 2007a). A Chevron também ressaltou sua parceria com a instituição San Jose Unified School District e com o Bank of America, ambos em San Jose, Califórnia, para instalação de um sistema solar com capacidade de fornecimento de até 5 MW de energia (Chevron, 2007b). Em 2008, a companhia realizou a instalação um sistema solar de 55 kW em refinaria própria na Califórnia (Chevron, 2008a).

Em 2009, a Chevron destacou um projeto, em parceria com a companhia do segmento solar BrightSource, para uso de energia solar para produção de vapor, utilizando-o para recuperação de óleos pesados em San Joaquin Valley, Califórnia (Chevron, 2009b). A previsão de início de operação do projeto seria 2011. Além disso, a companhia finalizou

a instalação de um sistema fotovoltaico solar de 100 kW para Departamento de Receitas do estado de Colorado e um sistema solar de 10 kW no edifício do Capitólio do estado. A companhia também realizou a instalação de um sistema solar para a companhia de metrô de Los Angeles, podendo produzir até 1,2 MW de energia renovável.

Em 2010, a companhia instalou um sistema solar de 1 MW em uma de suas unidades de rejeito da mina de molibdênio em Questa, Novo México. Além disso, a Chevron foi responsável pela construção e instalação de um sistema solar de 740 kW em um antigo local de refinaria em Bakersfield, Califórnia. Sete tecnologias de painéis solares estão sendo testadas para verificar sua viabilidade para uso em outras instalações da Chevron (Chevron, 2010).

Em 2011, a companhia concluiu a construção e comissionou o maior projeto de geração solar a vapor do mundo para uso em operações de recuperação avançada de petróleo em Coalinga, Califórnia. Além disso, a companhia apresentou brevemente três novos projetos em 2011: Projeto solar Cidade de Dinubana Califórnia, Projeto de eficiência energética e renovável do Houston Independent School District no Texas e Projeto solar Oceanic Time Warner no Havaí (Chevron, 2011).

Em 2012, a companhia apresentou avanço em diversos projetos solares e destacou a inauguração do Centro de Eficiência Energética Sustentável no Catar, de propriedade da Chevron. Em dezembro de 2012, o primeiro teste solar em grande escala no Qatar foi realizado para iniciar a avaliação das tecnologias solares mais apropriadas para o Oriente Médio (Chevron, 2012).

Em 2014, a Chevron apresentou que continuava realizando testes de tecnologias solares em Questa, Novo México. A empresa também concluiu o projeto de demonstração solar para geração de vapor para produção de petróleo em Coalinga, Califórnia (Chevron, 2014).

APÊNDICE D2 – HISTÓRICO DE ATUAÇÃO DA CHEVRONEM ENERGIA EÓLICA

O primeiro posicionamento da Chevron em energia eólica ocorreu em 2002 através da instalação de um parque eólico de 22,5 MW na refinaria Nerefco, localizada na Holanda e de propriedade conjunta com a BP (Chevron, 2002a).

Em 2004, a companhia anunciou a intenção de projeto de transformar plataformas de petróleo antigas em parques eólicos *offshore*, que poderia fornecer energia para as operações *offshore* de produção de petróleo da Chevron e o excesso seria comercializado para a rede elétrica nacional. A Chevron também destacou sua intenção em desenvolver projetos no Texas (Midland) e no Colorado (RangelyCreek) para instalar parques eólicos próximos a seus ativos de produção de petróleo existentes, de forma a compensar uma parte da energia comprada das concessionárias locais (Chevron, 2004).

Em 2009, a Chevron iniciou a operação de um parque eólico de 16,5 MW de sua propriedade em Casper, Wyoming, projetado para realizar o uso eficiente de uma refinaria desativada para entrega de energia renovável à rede de distribuição local.

APÊNDICE D3 – HISTÓRICO DE ATUAÇÃO DA CHEVRON NO SEGMENTO DE HIDROGÊNIO

A Chevron iniciou seu posicionamento no segmento de hidrogênio em 2000 através de *joint venture* Cobasys, em parceria com a companhia Energy Conversion Devices, para desenvolvimento de sistemas de armazenamento de hidrogênio e células combustíveis (Broyles, 2000). Em 2001, a companhia anunciou sua estratégia para identificação e comercialização de tecnologias emergentes para novas aplicações energéticas. A gama de negócios abrangia desde o investimento em capital de risco em tecnologias emergentes, até a formação de *joint ventures* para explorar novos sistemas de energia, como baterias, células a combustível e armazenamento de hidrogênio (Chevron, 2001a). Como resultado desse programa, a Chevron estabeleceu parceria com a GE para desenvolvimento de células a combustível de hidrogênio para veículos híbridos, além da parceria já formada com a companhia Energy Conversion Devices (ECD) (Chevron, 2001b).

Em 2002, a companhia anunciou o teste do primeiro processador de combustível para conversão de gás natural em hidrogênio para veículos híbridos, tecnologia proprietária HALIAS, em parceria com o governo americano e universidades (Chevron, 2002a).

Em 2003, o Departamento de Energia dos EUA (DOE) concedeu à Chevron um prêmio para explorar novas tecnologias de processamento de combustível baseadas em hidrogênio com foco no fornecimento de energia elétrica para empresas, residências e veículos (Chevron, 2003a). Além disso, no início de 2004, a Chevron e as empresas Hyundai Motor Company e UTC Fuel Cells foram selecionadas pelo DOE para liderar a instalação de seis estações de abastecimento de hidrogênio na Califórnia (Chevron, 2003b). A Chevron também anunciou um acordo de cooperação com a agência de trânsito AC Transit para construir uma estação de abastecimento de hidrogênio em Oakland (Chevron, 2003b).

No início de 2005, a companhia atingiu um marco importante com a inauguração da primeira estação de energia de hidrogênio da Chevron em Chino, Califórnia. A Chevron também destacou o comissionamento de uma estação de abastecimento de hidrogênio em Oakland, Califórnia, para ônibus operados com célula a combustível e futuras frotas de veículos leves. Além disso, a companhia iniciou o projeto da primeira estação de

abastecimento de hidrogênio da Flórida em parceria com as empresas Ford Motor, do segmento automobilístico, e Progress Energy, de geração de energia. O projeto seria responsável pelo fornecimento de combustível para os ônibus de traslado no Aeroporto Internacional de Orlando, com previsão de início de operação em 2007 (Chevron, 2004). Além disso, a companhia estabeleceu um acordo cooperativo de P&D com o Centro de Pesquisa, Desenvolvimento e Engenharia de Tanques e Automotivo do Exército dos EUA para promover as unidades de abastecimento de hidrogênio (Chevron, 2005).

Em 2006, a Chevron inaugurou a segunda estação de abastecimento de hidrogênio na Califórnia, resultante do projeto com o DOE e as empresas AC-Transit, Hyundai-Kia Motors e UTC Power. Além disso, a companhia iniciou o comissionamento de uma estação de hidrogênio em Selfridge, Michigan, como parte do acordo de cooperação com o Centro de Pesquisa, Desenvolvimento e Engenharia de Tanques e Automotivo do Exército dos EUA. A Chevron também iniciou um novo projeto com a AC-Transit para produzir combustível de hidrogênio no local para uma frota de ônibus de célula a combustível e outros veículos movidos a hidrogênio. A companhia destacou que o maior desafio é a integração da distribuição de hidrogênio com a *infraestrutura* existente para abastecimento de veículos (Chevron, 2006b).

Em 2007, foram inauguradas mais três estações de abastecimento de hidrogênio pela Chevron, em Selfridge, Michigan, Rosemead, California e Orlando, Flórida (Chevron, 2007c). Quatro das cinco estações em operação fazem parte do programa do Departamento de Energia dos EUA para estudo da viabilidade de introdução de frotas de veículos movidos a hidrogênio nos EUA, além de demonstração e validação de *infraestrutura* (Chevron, 2007b).

Em 2008, a companhia iniciou testes de campo para a segunda unidade de produção de hidrogênio *on-site*, fornecendo combustível para uma frota de carros movidos a célula a combustível, localizada em Michigan (Chevron, 2008b).

Em 2009, a companhia concluiu um estudo de cinco anos com o DOE relativo a estações de abastecimento de hidrogênio. A Chevron concluiu que as tecnologias testadas poderiam ser operadas com segurança, mas diversas barreiras para a ampla utilização de hidrogênio como combustível de transporte foram verificadas, incluindo custo e

densidade de energia. O estudo sugeriu que poderia levar décadas para desenvolver as tecnologias de produção, armazenamento e distribuição necessárias para tornar o hidrogênio disponível comercialmente para a população em uma ampla área geográfica(Chevron, 2009a). Em 2010, a companhia concluiu o descomissionamento de quatro estações de reabastecimento de hidrogênio e transferiu um protótipo de estação para um terceiro(Chevron, 2010).

APÊNDICE D4 – HISTÓRICO DE ATUAÇÃO DA CHEVRONEM BIOCOMBUSTÍVEIS

Em 2006, a Chevron formou a unidade de negócios de biocombustíveis para promover a tecnologia e buscar oportunidades comerciais em etanol e biodiesel nos Estados Unidos. Com isso, a companhia iniciou diversas alianças para possibilitar o desenvolvimento de competências relacionadas ao segmento de biocombustíveis. A companhia adquiriu participação acionária de 22% em uma instalação de biodiesel da companhia GalvestonBay Biodiesel, que encontrava-se em fase de construção no Texas. Além disso, a Chevron formou duas alianças de pesquisa - com o GeorgiaInstituteof Technology e a Universidade da Califórnia, em Davis - para desenvolver biocombustíveis celulósicos avançados. A companhia também estabeleceu uma aliança de pesquisa com o Laboratório Nacional de Energia Renovável do DOE para promover o desenvolvimento de combustíveis de transporte renováveis. Em colaboração com as empresas General Motors e Pacific Ethanol, do segmento de biocombustíveis, e com o estado da Califórnia, a Chevron desenvolveu um teste de desempenho de uma mistura de 85% de etanol e 15% de gasolina (Chevron, 2006a).

Em 2007, a companhia estabeleceu novas parcerias com intuito de avançar nas pesquisas de biocombustíveis. A Chevron iniciou uma aliança de pesquisa com a Texas A&M University para acelerar a produção de biocombustíveis celulósicos. Além disso, a companhia entrou em um acordo colaborativo de P&D com o Laboratório Nacional de Energia Renovável para desenvolver tecnologia de produção de biocombustíveis a partir de algas. Também houve a aliança com o Colorado Center for BiorefiningandBiofuels, voltado para o desenvolvimento de tecnologias de conversão de matéria orgânica em biocombustíveis (Chevron, 2007c).

No ano seguinte, a Chevron anunciou a formação da *joint venture* Catchlight Energy LLC, em parceria com uma das maiores proprietárias de madeira do mundo, Weyerhaeuser Company, para o desenvolvimento e comercialização de biocombustíveis rentáveis e com baixo teor de carbono a partir de recursos não-alimentícios e florestais (Chevron, 2008b). A companhia também destacou o avanço de diversos projetos de P&D em biocombustíveis avançados, evoluindo de escala laboratorial para a fase de planejamento para testes em escala piloto (Chevron, 2008a).

Em 2010, a companhia concluiu um projeto piloto que utilizou suas próprias tecnologias de hidroprocessamento e desparafinação para refinar bio-óleos não comestíveis em combustível renovável que atendesse às especificações de Diesel rodoviário.

Em 2012, a Chevron anunciou o início de comissionamento da planta de conversão de resíduos florestais em biocombustíveis, resultante da *joint venture* Catchlight Energy LLC (Chevron, 2012).

Na seção de energia renovável do site da Chevron, a companhia destacou que em 2017 começou a distribuir diesel com 6 a 20 por cento de diesel renovável, proveniente de alguns de seus terminais de combustível na Califórnia (Chevron, 2017).

APÊNDICE D5 – HISTÓRICO DE ATUAÇÃO DA CHEVRON EM TECNOLOGIA CCS

No relatório de sustentabilidade de 2002 (Chevron, 2003b), a Chevron anunciou participação das seguintes iniciativas e projetos de captura de CO₂ e armazenamento geológico:

- Projeto Global de Captura de CO₂;
- Projeto GEOSEQ de sequestro geológico, uma *joint venture* entre três Laboratórios Nacionais dos EUA;
- GEODISC, administrado pelo Centro Australiano de Pesquisa Cooperativa de Petróleo para estudar o armazenamento de CO₂ a longo prazo;
- Weyburn-Midale CO₂ Project, iniciativa do governo canadense também concentrada no sequestro geológico.

Além disso, a companhia destacou a injeção de CO₂ no campo de Rangely, Colorado, desde 1986, com a finalidade de melhorar a recuperação de petróleo (Chevron, 2002b).

Em 2003, a companhia destacou sua liderança na operação no Projeto Gorgon, em que as empresas Shell, ExxonMobil, TokyoGas, Osaka Gase Chubu Electric também possuíam participação. O projeto previa a captura e armazenamento *onshore* de até 3 milhões de toneladas de CO₂ por ano, proveniente da planta de processamento de gás natural do Projeto Gorgon (Chevron, 2003b). Além disso, a companhia ressaltou sua participação no *Carbon Sequestration Leadership Forum*, um fórum multigovernamental composto por dezessete governos nacionais ou órgãos intergovernamentais, com uma visão acordada de desenvolvimento e implantação da tecnologia CCS. Outro projeto em que a companhia se envolveu foi o *Intergovernmental Panel on Climate Change Special Report on CO₂ Capture and Storage*, fornecendo informações técnicas para possibilitar a aprovação de projetos de captura e armazenamento de carbono (Chevron, 2003b).

Em 2006, a companhia realizou o primeiro dos três workshops do *Carbon Sequestration Leadership Forum*, referente a “Oportunidades a Curto Prazo para Captura e Armazenamento de Carbono”. A Chevron também destacou sua colaboração

para publicações importantes do Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática (IPCC): Relatório especial de Captura e Armazenamento de Dióxido de Carbono, Diretrizes para Relatórios de Inventário Nacional de Emissões e a seção Mitigação das Mudanças Climáticas do Quarto Relatório de Avaliação, que seria publicado em 2007.

Em 2012, a Chevron destacou participação de 20% no projeto Quest, no Canadá, que tinha como objetivo capturar CO₂ da instalação de exploração de betume Athabasca Oil Sands, em que a Shell era operadora e acionista majoritária, com posterior armazenamento subterrâneo deste gás em uma formação rochosa porosa (Chevron, 2012; Shell, 2009).

APÊNDICE E – ARTIGO (REVISTA – Renewable Sustainable Energy Review)**STRATEGIC MOVES FROM OIL COMPANIES IN DIRECTION TO THE LOW CARBON ECONOMY**

Gabriela Abreu; Student of Master - School of Chemistry, Federal University of Rio de Janeiro / RJ, Brazil. (gabriela.abreu@live.com)

Flávia Alves; D.Sc. - School of Chemistry, Federal University of Rio de Janeiro / RJ, Brazil. (falves@eq.ufrj.br)

José Vitor Bomtempo; D.Sc - School of Chemistry, Federal University of Rio de Janeiro / RJ, Brazil. (vitor@eq.ufrj.br)

Abstract

Growing concerns about global warming and energy security are pressing governments and companies to transition to a cleaner energy matrix. In this context, oil companies can have their businesses directly impacted by the need to reduce their carbon emissions and the loss of market share for renewable energy sources. In order to identify how oil companies have positioned themselves against this scenario, this dissertation sought to identify the strategic positioning dynamics of four major O&G companies (Shell, ExxonMobil, BP, and Chevron) in low emission technologies since the signing of the Kyoto Protocol (1997). The methodology used in work consisted of a search for actions related to solar and wind energy, hydrogen, biofuels and CCS technology in the annual and sustainability reports, disclosed by the companies. The study allowed the understanding of the process of entry and evolution of the companies in new low carbon segments. Shell and BP showed similar positioning dynamics in solar, wind and biofuels, with structured moves in an attempt to establish themselves in these segments. On the other hand, the companies ExxonMobil and Chevron acted mainly in embryonic projects of R&D, without great relevance for the portfolio of the company. This difference in behavioral profile between companies from Europe and North America evidences the influence that the environment has on their business strategies. The work also identified that there are three positioning steps in each segment, related to the value chain, which require different strategies. In addition, the positioning dynamics of oil companies in alternative low carbon technologies is not linear, that is, it does not have a sequential process of entry and varies according to the opportunities and adversities identified in these segments.

Keywords: Renewable Energy, Oil Companies, Diversification, Strategy.

1. Introduction

The path to achieve sustainability in global energy supply is one of the major challenges for the 21st century. Since the industrial revolution, there has been a worldwide dependence on fossil energy sources to achieve economic growth. However, concerns about climate change and energy security, particularly due to the high dependence on oil, pressure governments to review the energy matrix and companies to diversify their energy supply portfolio.

Pressures to transition to a cleaner energy matrix are mainly due to agreements between countries at global conferences to reduce greenhouse gas emissions, such as the Kyoto Protocol and the Paris Agreement, or through carbon pricing mechanisms. In this way,

the development of sustainable projects to reduce CO₂ emissions is encouraged, either through public incentives or investments by the companies that fear financial impact to their operations.

The oil majors are identified as fundamental in this transformation process of the energy industry. Their main role is related to the development, deployment and commercialization of technologies, which can reduce atmospheric carbon emissions (Pinkse & van den Buuse, 2012). However, this movement is still considered risky for these companies, because they are part of an established industry threatened by the emergence of new alternative energy technologies, still replete of barriers to its implementation and uncertainties regarding its participation in the energy matrix. For this reason, the construction of an integrated portfolio, which includes hydrocarbon and low carbon assets, is signaled as a way out of this dilemma involving oil companies (Fattouh, Poudineh, & West, 2018).

Given that a major dependency on oil is still foreseen in the coming decades, renewable energy technologies are expected to be developed in parallel to the search for solutions to reduce carbon emissions from oil exploration and production. Monzón, et al. (2018) pointed out that in the last 15 years, the major oil companies have invested more than US\$ 6 billion in clean energy businesses, including solar, wind, biofuels, CCS technology and battery, with solar energy attracting most of the investment, followed by wind power. In terms of percentages, the amount invested in clean energy is still very low in relation to the total capital invested by the oil companies, representing around 1 to 2% of the total (Prade & Rodrigues, 2018).

The companies' investment in the low-carbon economy is not equally distributed over the years, but varies depending on several factors, such as the difficulties encountered in the development of alternative energy technologies, oil market prices, the strategic visions of the companies, the political-economic situation in which companies are inserted, the requirements of environmental organizations, etc. In addition, in order to operate in emerging segments, established companies face the challenge of internally incorporating their new business strategy. The speed of this transition varies according to the development of capacities to deal with the diversification to new markets, as well as a cultural change related to the mindset of these companies, which needs to remain open to the different way of strategic positioning (Prade & Rodrigues, 2018).

In this sense, the analysis from a static angle of the movements of the oil companies toward the low carbon economy does not allow to identify how the positioning dynamics of these companies occurs. Thus, in this work, it is intended to answer the following questions:

- How does the strategic positioning of oil companies in the segments of analysis occur? Is there a behavioral pattern?
- Is it possible to use the literature, related to the way established companies operate in emerging technologies, to understand the strategic positioning dynamics of oil companies in emerging low carbon technologies?

To answer these questions, we attempted to analyze the positioning dynamics of oil companies Shell, ExxonMobil, BP and Chevron in five emerging technologies related to carbon emissions reduction (solar energy, wind energy, hydrogen, biofuels and CCS technology). For this, the model proposed by Hamilton (1985, 1990) was used as the

basis of analysis for the companies' strategies. Hamilton (1985) presents three entry strategies that established companies can use to access emerging technologies: "Opening Windows", "Creating Options" and "Establishing Positions". These options are related to the degree of development of the emerging technology and the commitment level of the established company with the new technology.

In order to identify the moves in the alternative energy segments, we used the annual and sustainability reports published by the oil companies in the period of 1997 (when the Kyoto Protocol was signed) until 2017. The moves were classified into four dimensions of analysis: Positioning Type, Positioning Subtype, Positioning Stage and Positioning Strategy. The Positioning Type dimension consists of a primary classification related to the type of diversification; the Positioning Subtype dimension is a subdivision of the previous dimension; the Positioning Step dimension is related to the value chain and subdivided into Technological Development, Production or Distribution / Marketing; and the Positioning Strategy dimension follows the model proposed by Hamilton (1985, 1990). Finally, analytical frameworks were drawn up with a color scheme to classify the companies' strategic positioning in each segment.

In addition to this introduction, the present dissertation is structured as follows: Chapter 2 consists of a bibliographical review with the main theoretical arguments that help in the elaboration of the analytical framework. Chapter 3 presents the methodology used for the development of the work, showing the dimensions considered important for the analysis, the data collection period chosen, the oil companies studied and the selection of sources of information. Then, the methodology for elaborating the analytical framework is presented. Chapter 4 presents the analysis of the behavioral profile of companies by segment in order to identify their positioning strategies. Chapter 5 presents the conclusion, limitations of the present study and proposals for future studies.

2. Theoretical Review (Bibliographic Review)

Hamilton (1985, 1990) defines established firms as those with positions demarcated in existing technologies and markets at the time a new technology emerges. These companies suffer threats to their existing businesses, strategies and structures from new opportunities presented to the market with technological advancement. This is because, although established firms typically control significant complementary assets, they generally have limited skills associated with the new technology (Hamilton & Singh, 1991). According to Segers (1993), these companies have financial, technical and production resources that would allow the development of a radical innovation. Although, due to problems related to bureaucracy, internal inertia and risk aversion, often lack the dynamism and flexibility that could enable its development.

By emerging companies, Hamilton (1985, 1990) considers to be those created to exploit a new technology. Normally, these new firms focus their efforts strictly on a given technology and market niches, accounting for a disproportionately large share of radical innovations in certain industries. They face financial, organizational and market hurdles in attempting to commercialize their technology and establish viable competitive positions. To obtain economic returns from this technical knowledge, it must be traded in one or more markets. It generally requires this technical knowledge to be combined in some way with other resources or complementary assets, usually made available by established firms (Hamilton 1985, 1990).

Segers (1993) argues that combining an emerging firm's know-how with an established company's resources opens up opportunities for synergies that can contribute to both firm's competitive advantage and to the creation of a regional growth potential.

The company's expansion into markets other than its original area of activity is defined as diversification, allowing the company to overcome the barriers imposed by competing markets and increase its potential for accumulation (Britto, 2013). Britto (2013) points out that diversification is a natural strategic process for companies established in mature industries. They need to keep pace with the evolution of the market to try to keep their business profitability in a rapidly changing environment. Cooper & Schendel (1976) argue that the origin of a technological innovation usually occurs outside the established firm's industry, mainly developed by emerging companies.

The literature suggests three main diversification types for companies to enter into a new market segment: Internal Development, Acquisition and Strategic Alliance (Lambe & Spekman, 1997; Sánchez-Peinado & Menguzzato-Boulard, 2009). Several academic papers were previously developed highlighting the performance of a company associated to the selected diversification mode. The choice of entry mode is a matter of high strategic importance, as each mode offers specific benefits and risks (Chang & Rosenzweig, 2001). These are related to the degree of maturity of the company industry, the need to protect intellectual assets, the volume of resources that the company wishes to compromise, the need to share risks, etc. Table 1 presents the benefits and risks associated with the diversification types presented.

Table 1 – Benefits and Risks of the Diversification Types

	Benefits	Risks
Internal Development	<ol style="list-style-type: none"> 1) Protection of intellectual property and the tacit nature of the information involved; 2) Control of the capacities developed internally; 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Long time horizon; 2) Opportunity Cost; 3) Increased commitment of resources;
Strategic Alliances	<ol style="list-style-type: none"> 1) Risk sharing; 2) Access to complementary assets or technical know-how; 3) Learning Instrument; 4) Possibility of terminating the partnership at a comparatively lower cost; 5) Reduced commitment of resources; 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Possibility of opportunistic behavior by the alliance partner; 2) Loss of strategic control capacity over the business;
Aquisition	<ol style="list-style-type: none"> 1) High specificity of investment; 2) Access to resources that would be difficult to develop internally or would not be available through alliances; 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Overpayment risk of assets acquired; 2) Difficulty of organizational integration; 3) Accumulation of unwanted assets;

Source: Own elaboration based on: Lambe & Spekman (1997); Chang & Rosenzweig (2001); Hennart (1997); Hennart & Reddy (1997); Anand, Oriani, & Vassolo (2010); Balakrishnan & Koza, (1993); Barney (1996); Sánchez-Peinado & Menguzzato-Boulard (2009).

However, most of the academic work has been devoted to examining the diversification as a static decision-making process, when the company's first access to new business occurs. Such an approach does not recognize diversification as sequential process, consisting of numerous investments made over time (Chang & Rosenzweig, 2001).

Hamilton's work (1985, 1990) circumvents this existing gap in the literature by proposing an analytical framework to understand the dynamic positioning of established companies in emerging technologies. Hamilton (1985, 1990) suggests that the strategic moves of established companies entering into new technologies present a temporal dynamic, so that three distinct strategies can be identified: "Opening Windows", "Creating Options" and "Establishing Positions".

The "Opening Windows" strategy is related to the phase when companies want to monitor the new technology to understand the possible impacts on its own businesses. Such an approach may involve internal programs (e.g., exploratory research, technology monitoring, etc.) or external linkages (e.g., research grants, equity investments) or both with primary emphasis on increased awareness and understanding of the emerging technology and its implications. This typically involves a limited commitment of resources, and permits broad scope and flexibility in technology and market coverage.

The "Creating Options" strategy is related to creating opportunities for future active participation in emerging technologies and commercial applications. This strategy implies greater investments of time and funds in fewer targeted developmental areas than does the Window strategy. To this end, the company focuses on the establishment of external R&D contracts with emphasis on results or internal development projects.

The last strategy presented by Hamilton (1985, 1990) is the one of "Establishing Positions". The author defines that firms pursuing this strategy are staking out their competitive positions in selected technologies and markets with the intention of continued commitments in these or related commercial areas. As this phase requires even greater levels of commitment, the most noticeable strategic moves are joint ventures and technology licenses.

As shown, in addition to the moment of entry into an emerging segment, it is also up to the company to decide how much it wishes to commit to explore the new technology. The level of commitment is mainly related to the volume of tangible and intangible resources that the company is willing to direct to the sector of interest. This is directly associated with each company strategy presented by Hamilton.

Considering the various strategic options that can be adopted by companies established to enter in emerging segments, this article try to understand how the positioning dynamics of oil companies in the face of the alternative energy sources occurs. Therefore, the concepts discussed in the present theoretical framework are used to develop the analysis.

3. Methodology

This work methodology consisted in the construction of a data bank with the moves of oil companies Shell, ExxonMobil, BP and Chevron related to the segments of solar energy, wind energy, hydrogen, biofuels and CCS technology from 1997 to 2017. These

moves were classified into four dimensions of analysis in order to identify the evolution of the company's strategic positioning in each of the alternative technology segments.

First, the period to analyze the oil companies' strategic moves was defined. The year 1997 was taken as a basis because of the signing of the Kyoto Protocol, when 37 industrialized countries committed to reduce greenhouse gas emissions to an average of five percent against 1990 levels in the period of 2008 to 2012 (UNFCCC, 2018). The final year of analysis was 2017, the last year all official annual reports (Forms 10-K and 20-F) of oil companies were available.

The oil companies were selected according to Fortune magazine classification, which considers total revenues for their respective fiscal years. The largest private oil majors in the analysis period were Royal Dutch Shell and BP, from Europe, ExxonMobil and Chevron, from USA.

For the survey of strategic moves, the Annual Reports 10-K or 20-F, Sustainability Reports and Press Releases of these companies were used. Searches were also conducted in newspapers and online journals of international reference, mainly: Oil & Gas Journal, Petroleum Economist, Wall Street Journal, The Financial Times and Biofuels Digest.

Then, four dimensions of analysis were defined: "Positioning Type", "Positioning Subtype", "Positioning Step" and "Positioning Strategy", which are described below.

The first dimension ("Positioning Type") is subdivided into five categories related to the types of diversification: Internal Development, Acquisition, Strategic Alliance, Positioning Reinforcement (relative to new financial contributions, increase of scale, plant commissioning, among others) and Divestment.

The second dimension of analysis ("Subtype of Positioning") is a subclassification of the first. The Internal Development category is subdivided into Internal Program of R&D and Own Project, which can be Local or Global. The Alliance category is subdivided into an External R&D Program, Technology Licensing, Equity, Joint Venture and Partnership Project, either Local or Global. The difference between local and global projects lies in the impact and benefits they can bring to a particular community or region (in the case of local projects) or to different global regions (in the case of global projects). The Acquisition category is subdivided into Company Acquisition or Asset Acquisition. The Positioning Reinforcement category is subdivided into New financial contribution, New partnership, Plant start-up or Plant scale up. The Divestment category is subdivided into Reduction of shareholding participation, Project exit, Assets Sale or Plant Closing.

In the third dimension of analysis ("Positioning Stage"), the companies' moves are categorized into three main stages: Technological Development, Production and Distribution/Marketing. The Technological Development stage occurs since the moment when there is no dominant design or enabling technology (Utterback & Abernathy, 1975) until the technology testing phase, which may become commercialized in the market. The Production stage is related to the installation of industrial plants, from the design phase to the start-up. The last step deals with the Distribution or Marketing of a particular product, service or technology.

The companies have a positioning strategy in each of these stages, which is defined taking into account the previous dimensions, besides the evolutionary process of the company's performance in the emerging technology. In this sense, the fourth dimension deals with the classification of these positioning strategies according to the model presented by Hamilton (1985, 1990): "Opening Windows", "Creating Options" and "Establishing Positions".

After organizing this information in spreadsheets, the companies' strategic moves in each segment were analyzed and then a comparative analysis was carried out. This was done through the elaboration of an analytical framework. The analytical framework presents a color scheme to classify the companies' strategic moves in each positioning stage. The colors represent each positioning strategy: Opening Windows (yellow), Creating Options (green), Establishing Position (blue) and Divesting (red).

4. Results and Discussion

In the sub-items below, a comparison of the companies' performance in each segment is presented. To allow visual identification, analytical frameworks with color scheme related to the companies' positioning strategy were elaborated.

4.1) Solar Energy

Table 2 presents a comparison between the positioning strategies of oil companies in solar energy.

Table 2 - Comparison of companies' strategic positioning in solar energy

	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
SOLAR ENERGY																							
SHELL																							
Technological Dev.					2			1	-1			-T									2		
Production	2		1	1	-2	2	1	1		-1	1	2	-T										
Distrib./Marketing		1	2	1	1	1						-T									1	5	4
EXXONMOBIL																							
Technological Dev.					1				2	1											1		
Production																							
Distrib./Marketing																							
BP																							
Technological Dev.	1							1		3	1	2	1	2	-T								
Production	1	3	2			-1	1	2		2	1		-1	-2	-1	-T						1	
Distrib./Marketing		3	2	1			7	3	4	1	1	2			-1	1						1	
CHEVRON																							
Technological Dev.				1				1								1		1					
Production														1									
Distrib./Marketing					1			3			2	1	3	1	2				1				

Legend:	
Opening Windows	
Creating Options	
Establishing Positions	
Divestment	

Through the analysis of Table 2, it is possible to identify an analog profile of positioning in the solar segment between Shell and BP. Companies began their movement in the industry in the 1980s, but since 1997 it is possible to identify greater efforts to establish themselves in the sector. Subsequently, both opted to end their activities, as they classified solar technology as economically uninteresting for large-scale diffusion. From 2016 on, there is a trend towards restoration of position in the sector, but dedicated to the generation and commercialization of energy.

In the first moment, the companies presented deliberate strategies to establish themselves in the stage of production of solar modules, in order to obtain advantages of scale to achieve cost competitiveness and gain market share. It is possible to identify that Shell and BP sought through alliances and acquisitions access to resources and skills for the development of solar technology.

After decades operating in solar segment, Shell announced its decision to exit the sector in 2008 and BP opted to close its operations in 2011. Both companies reported that the industry faced persistent overcapacity of production and uncertain market circumstances, which had a direct impact on the profitability of the sector. One relevant point that may have led to the decision to disinvest in the sector is the fact that the manufacture of solar panels escapes the companies' core business strategy. The main form of action of the oil companies is the generation and commercialization of energy. When they choose to pursue a strategy that runs away from their core business, they are subject to a learning curve that can impact their performance in the industry. Pinkse & van den Buuse (2012) point out that in the last few years of solar panel production, oil companies have been superseded by solar cell producers such as Q-Cells, First Solar, Suntech and Sharp, losing much of its market share. It is also important to note that BP's divestment option followed the accident with its Deep Horizon oil platform, which negatively impacted the company's finances.

In the distribution and marketing segment, it is possible to identify that the companies served two distinct markets: installation of solar panels connected to the grid and rural electrification. Initially, its movements were directed to the installation of panels in developing countries' remote communities. Later there was greater activity in the implementation of photovoltaic power stations to supply electricity to distribution networks of developed countries. In both cases, it can be said that the companies have identified opportunities to exploit niche markets.

When Shell and BP back to work in the segment, they seek to explore the opportunities related to the generation and commercialization of solar energy, but more focused on replacing the space already occupied by fossil energy sources. In this sense, it is no longer a niche market, but a direct competition for greater participation of renewable sources in the energy matrix.

In relation to technological development of solar panels, it is observed that the companies followed opposite directions. Shell initially bet on crystalline panels, but identified greater opportunities in the development of thin film panels, identified as greater performance. BP began a migration strategy for thin film panels, but it stepped back, justifying the rationalization of its product range, and directed its production to crystalline panels.

In relation to Chevron and ExxonMobil, there are few movements in the solar segment. ExxonMobil has been involved in research projects with universities focused on the development of solar cell technologies. Chevron was focused on generating steam from solar energy for heavy oil recovery, suggesting a form of oriented positioning for the integration of renewable energy technologies to its operations focused on the oil & gas segment.

By the performance in the sector, it seems that ExxonMobil and Chevron are not betting on an effective participation of solar energy in the future. However, by the end of 2018, the companies declared their participation in the "Oil & Gas Climate Initiative", which is focused on the oil companies' carbon emission reduction (Gilblom, Blas & Nussbaum, 2018). This movement can bring new perspectives in relation to american oil companies' positioning in alternative energy.

4.2) Wind Energy

Table 3 presents a comparison between the positioning strategies of oil companies in wind energy.

Table 3 - Comparison of companies' strategic positioning in wind energy

	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18
WIND ENERGY																						
SHELL																						
Technological Dev.																				1	1	
Production			1	1	1	2	3	1	3	2	1	1	1								1	1
Distrib./Marketing																					2	1
EXXONMOBIL																						
Technological Dev.																						
Production																						
Distrib./Marketing																						
BP																						
Technological Dev.													1									
Production					1			4	4	4	3	4	3	3	1	1						
Distrib./Marketing																						
CHEVRON																						
Technological Dev.																						
Production													1			1						
Distrib./Marketing																						

Legend:	
Opening Windows	
Creating Options	
Establishing Positions	
Divestment	

Through the analysis of Table 3, it is possible to verify that Shell and BP had very similar positioning strategies in the wind segment, but with different entry times. Both have chosen to operate primarily in the installation of onshore wind farms in the US, in partnership with companies from the renewable energy segment. The propensity of

companies to establish themselves in the segment is identified through the consistent increase of their installed wind power generation capacity.

Unlike BP, it is noted that Shell also sought to develop projects focused on offshore wind energy, in partnership with established companies. However, greater difficulties were reported for the implementation of these projects, in addition to a progressive increase of costs for their commissioning. As a result, the company chose to focus its efforts on the US onshore market.

In 2009, Shell announced the discontinuation of its wind energy investments, however, it kept in operation eight onshore wind farms in the US and two offshore wind farms in Europe. In 2013, BP presented a similar decision, opting to only act to optimize the performance of its wind farms.

In 2015, Shell was again active in the sector, directing its strategic positioning towards the establishment of partnerships and acquisitions of generation and distribution of energy companies. In addition, the company bet again on the development of offshore wind farms. In this way, a possible verticalization strategy is identified, from the generation of renewable energy to the commercialization and final distribution.

In 2015, Shell was again active in the sector, directing its strategic positioning towards the establishment of partnerships and acquisitions of generation and distribution of energy companies.

The ExxonMobil and Chevron companies did not present any significant moves in the segment to be discussed.

4.3) Hydrogen

Table 4 presents a comparison between the positioning strategies of oil companies in the hydrogen segment.

Table 4 - Comparison of companies' strategic positioning in hydrogen

	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
HYDROGEN																							
SHELL																							
Technological Dev.		3		1	4	1		1	1				-T									1	
Production																						1	1
Distrib./Marketing					1	1	1	1	3	2			-T				1	1	3	3			
EXXONMOBIL																							
Technological Dev.				1	1			2		1													
Production																							
Distrib./Marketing																							
BP																							
Technological Dev.																							
Production								2	2	-T	1	1	3	1	-T								
Distrib./Marketing			2	1		6	1	1															
CHEVRON																							
Technological Dev.			1	2	1	1	1	1	1	1			1	-T									
Production																							
Distrib./Marketing						1		2	2		1												

Legend:	
Opening Windows	
Creating Options	
Establishing Positions	
Divestiment	

The ways of companies' positioning in the hydrogen segment followed very different profiles. Shell sought to be mainly involved in projects for the installation of hydrogen supply stations through alliances with companies in the automotive segment. It is possible to identify targeted moves to try to establish itself at the fuel distribution stage, which is aligned with its core business strategy. In the beginning, Shell also had an active participation in R&D projects in partnership with established companies, focused on fuel cells, hydrogen storage systems, hydrogen purification systems, etc.

BP was focused on hydrogen production projects from fossil energy sources integrated with CCS technology. To this end, a joint venture with a mining company was established in an attempt to accelerate the implementation of the projects. However, BP reported difficulties in obtaining responses from environmental agencies regarding the geological storage of carbon, which may have discouraged the continuity of its actuation in the sector.

Chevron initially engaged in demonstration projects, subsidized by the DOE, aimed at studying the feasibility of introducing hydrogen fleet vehicles in the US. The conclusion that it would take decades to develop production, storage and distribution technologies can have discouraged the company to keep its operations in the segment.

ExxonMobil highlighted its involvement in some R&D projects focused on the development of hydrogen cells and high-capacity hydrogen storage materials. However, ExxonMobil hadn't reported the evolution of these projects.

Through Table 4, it is possible to identify that most of companies' moves occurred until 2007/8. Penna & Geels (2000) pointed out that between 2000 and 2007 the enthusiasm for fuel cells resulted in increasing numbers of hydrogen-cell prototypes, as well as optimistic promises about technological development and commercialization. However, gradually these promises were projected further into the future (about 10 to 15 years), causing deflation of projects in the segment after 2006/7. In general, it is necessary to overcome several technical and economic barriers so that the hydrogen can be widely used as vehicular fuel.

4.4) Biofuels

Table 5 presents a comparison between the positioning strategies of oil companies in biofuels.

Table 5 - Comparison of companies' strategic positioning in biofuels

	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18
BIOFUELS																						
SHELL																						
Technological Dev.				1		1	2	1	4	3	2	1	-2	1	1	1	1	1	1	1		
Production														1		1	1	1	1	1	1	
Distrib./Marketing																						
EXXONMOBIL																						
Technological Dev.				1				1			1	1	1					2	1	1		
Production																						
Distrib./Marketing																						
BP																						
Technological Dev.								2	1	4	2	3	2	2	2					1	1	
Production									1	1				2	1					-1		
Distrib./Marketing															1			1			1	
CHEVRON																						
Technological Dev.									4	3	1		1									
Production									1		1				1							
Distrib./Marketing																						1
Legend:																						
Opening Windows																						
Creating Options																						
Establishing Positions																						
Divestment																						

By analyzing the companies' moves in biofuels, it is possible to identify different behavioral profiles between the European companies Shell and BP and the American companies ExxonMobil and Chevron. Shell and BP were involved in different projects for the development of advanced biofuels and first generation ethanol, while ExxonMobil and Chevron were focused on a single biofuel production route.

Shell has shown interest in both the development of new conversion processes and new products, initially focusing on five different projects. It is identified at that stage a tendency to exploit the possibilities that technologies of different natures (biotechnological, thermochemical and chemical) could offer. With its greater maturity

in the sector, Shell opted to discontinue two developing platforms, focusing on the development of biofuels from cellulosic waste. It is interesting to note that most of the alliances established by Shell were with technology-based companies.

After approximately a decade of advanced biofuels development, Shell chose to change its way of positioning and started investing in the production of first generation ethanol in Brazil, forming the Raízen joint venture. As a result, its projects for the conversion of cellulosic waste into biofuels were transferred to this joint venture. Therefore, the company was able to explore the synergies between the production of first and second generation ethanol.

Since the beginning of BP's operations in the segment, the parallel growth of strategies for first and second generation biofuels has been identified. The company focused on forming partnerships with established companies from different industrial segments to identify possibilities for producing cellulosic biofuels. In relation to first-generation biofuels, BP established two important partnerships in Brazil for the production of ethanol from sugar cane.

As shown, both Shell and BP sought to engage in technological development of second generation biofuels. However, due to the difficulty of technology's scaling and the need for cost reduction, the companies chose to establish position in the production of first-generation ethanol. Although companies point out that some of their commercial and demonstration plants for second generation biofuels are in operation, their production capacity is still incomparable with the first-generation plants. This behavior demonstrates the companies' commitment to the participation of advanced biofuels in the long term, besides demonstrating the strategic importance of having an active participation in the production of first generation ethanol.

ExxonMobil and Chevron were mainly focused on the technological development of a single route for the production of advanced biofuels. ExxonMobil has been involved in the development of third generation biofuels from genetically modified algae, in partnership with a biotech startup. The company highlighted advances in the project, but stressed that its commercial viability was for long term. This form of positioning suggests the distancing of the Establishing Position strategy.

Chevron's main position in the segment was through the formation of a joint venture, in partnership with an established company from the wood industry, for research, development and commercialization of biofuels from non-food resources and forestry. However, little has been reported regarding the evolution of the projects, suggesting that the segment is not strategically important for the company.

Comparing the performance profiles of ExxonMobil and Chevron in biofuels, we can see ExxonMobil's commitment to technological development and Chevron to the production stage. Chevron's behavior can be considered risky due to its lack of experience in the industry, as well as its partner. The companies have opted to act in the production stage, which requires more technical know-how to allow the progress of their project. ExxonMobil, despite appearing slower in its modus operandi, has a consistent behavior for the technological development of third generation biofuels.

4.5) CCS Technology

Table 6 presents a comparison between the positioning strategies of oil companies in CCS Technology.

Table 6 - Comparison of companies' strategic positioning in CCS Technology

	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18
CCS TECHNOLOGY																						
SHELL																						
Technological Dev.					1			2	1		1	2	1				2					1
Production					1				1	2	-1	1	1			3		1	-1	1	1	2
Distrib./Marketing																		1				1
EXXONMOBIL																						
Technological Dev.					1				1		1	1	2									1
Production												2					1					
Distrib./Marketing																						
BP																						
Technological Dev.				1					1												2	1
Production								1	3	1	-1	1	1	4	2	-1						1
Distrib./Marketing																						
CHEVRON																						
Technological Dev.				1	2					2												
Production				1			1										1					
Distrib./Marketing																						

Legend:	
Opening Windows	
Creating Options	
Establishing Positions	
Divestment	

Shell presented a very particular behavior profile in the CCS technology segment, when compared to other companies. It is possible to identify the company's constant effort to establish itself in the segment. Shell acted in parallel in projects of R&D and of integrating the technology to the fossil energy processing facilities. It is possible to identify the intensification of Shell's moves in CCS technology at the moment it announces the divestment of the solar, wind and hydrogen segments.

ExxonMobil and Chevron exhibited very similar positioning profiles. Both had their main projects focused on the development of CCS technology. It is observed that the established partnerships were directed mainly to the study of the viability of the geological storage of CO₂. In addition, the companies have engaged in few but industry-relevant projects to integrate CCS technology into fossil fuel processing facilities. Through the analysis of its movements, it is still not possible to identify a tendency to Establish Positions in the segment. The companies appear to be pursuing a strategy that allows their shallow involvement with the technology to be a future investment option, if necessary.

Finally, it is identified that BP sought to position itself mainly in the production stage through the integration of the CCS technology to the plants of hydrogen production.

However, several of its projects have not advanced due to the difficulty in obtaining approval from the competent authorities. In addition, BP's timid positioning in R&D projects may have impacted the implementation of its projects in the production stage.

5. Conclusion

Through the analysis of the strategic positioning, it was possible to understand the process of entry and evolution of the companies into new low carbon segments. The classification of the moves in different dimensions of analysis allowed the perception of its strategic relevance for the company. It was also verified that the choice of a long period for analysis allowed the identification of the evolution of the strategic positioning of the companies in the segments. It is interesting to note that the development of analytical frameworks with color scheme enabled an important visual analysis for the conclusions.

In general, it is identified that Shell and BP presented similar positioning strategies in the solar, wind and biofuel segments. It is possible to verify that the companies started mainly from strategies of Creation of Options to access these segments, evolving to the ones of Establishment of Positions, to position themselves in the stage of production. However, unlike the wind and biofuels segments, the companies have completely disrupted their solar sector movements for the production of solar panels. In the wind segment, even after the announcement of the discontinuation of its investments, Shell and BP kept their wind farms in operation. In biofuels, it is observed their strategic redirection for the production of first generation ethanol, but maintaining their R&D projects in advanced biofuels. This difference in positioning was possibly due to the fact that the manufacture of solar panels escape the companies' core business strategy, which is the generation and commercialization of energy.

On the other hand, ExxonMobil and Chevron mainly engaged in embryonic R&D projects, with little relevance to the company's portfolio, in partnership with universities and research institutes or through government subsidies. Chevron, in the solar segment, presented a strategy to integrate solar panels into its oil recovery operations. It was identified a tendency of the companies to monitor the technologies through strategies of Opening Windows or Creating Options.

As for the adherence of the results found to the model proposed by Hamilton (1985), it was observed that the positioning dynamics of the studied companies brings specificities not observed in the case of biotechnology. First, it was found that there are several ways for companies to enter a new industry sector, whether through their involvement in R&D, investment in production plants or distribution / marketing of their tangible or intangible resources. For example, the company may present a Positioning Strategy in the production stage, but it does not yet have the expertise in the stages of technological development or marketing. It is identified that the company's performance in different stages requires access to new resources or skills development, which may require a different strategic positioning in each one.

In addition, the positioning dynamics is not linear, that is, it does not necessarily follow the order of Opening Windows, Creating Options and Establishing Positions. For example, an oil company that has chosen to position itself through the Establishing Positions strategy can identify challenges in the emerging segment that lead to the disruption of its movements (disinvestment) or the reduction of resources directed to the segment, prioritizing strategies of Opening Windows or Creating Options. It may also occur that the company identifies great potential of a certain technology through the Opening Windows strategy, and move to act in order to establish position in the segment. That is, due to the opportunities and adversities observed, companies can identify that certain way of positioning is more aligned with their business strategy and redirect their movements to allow this adjustment. However, it is worth emphasizing that the company's internal adherence to a particular entry strategy requires time, so fast and constant changes in positioning strategies can negatively impact its performance in a new segment.

Through the analysis of the formed alliances, it was possible to identify that, in most cases, companies opted for partnerships with established companies from different industrial segments. However, Hamilton (1985, 1990) suggests that established firms tend to form alliances with emerging firms. This behavior towards the formation of partnerships between established companies can be understood as a way of sharing risks in emerging sectors. In this sense, companies become less hostage to the possible adversities faced in the new business.

It is interesting to note that the positioning dynamics of European companies, Shell and BP, follow very different profiles of US companies, ExxonMobil and Chevron. In most of the segments, companies of same geographic origin presented entry forms and positioning strategies that follow the same profile, which shows the influence that the environment has on their behavior. While in Europe there is a greater incentive to public policies to transition to a scenario of less dependence on fossil sources, in the US, it is possible to identify a greater stimulus to the exploitation of these sources. The US non-ratification of the Kyoto Protocol and the Paris Accord demonstrates this behavior.

It is important to emphasize that the present work did not attempt to analyze the environment, the pressures and external influences that can interfere in the positions of oil companies in the low carbon segments. However, all these are fundamental aspects to understand the context in which the process of development of alternative sources of energy is inserted. Thus, for future work, the suggestion is to carry out a broader analysis of how company moves and their positioning dynamics are influenced by the variables of the external environment.

The main limitation of the work is related to the classification of the companies' moves according to the positioning strategies presented by Hamilton (1985, 1990). The way of classifying movements based on the researcher's perception may present difficulties for the reproducibility of the analysis. For future work, it is suggested the creation of metrics to classify the moves in each of the strategies, taking into account, in addition to the type and subtype of positioning, the dedicated financial capital, the useful life of the project, among others. In this way, it would be possible to develop indicators for a quantitative analysis of the companies' strategic positioning.

6. Bibliography

- Anand, J., Oriani, R., & Vassolo, R. S. (2010). Alliance Activity as a Dynamic Capability in the Face of a Discontinuous Technological Change. *Organization Science*, 21(6), 1213–1232. <https://doi.org/10.1287/orsc.1090.0502>
- Balakrishnan, S., & Koza, M. P. (1993). Information assymetry, adverse selection and joint-ventures. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 20, 99.
- Barney, J. B. (1996). Cooperative Strategies: Strategic Aliances. In *Gaining and Sustaining Competitive Advantage*.
- Britto, J. (2013). Diversificação, Competências e Coerência Produtiva. In *Economia Industrial* (2a, p. 382). Elsevier.
- Chang, S. J., & Rosenzweig, P. M. (2001). The choice of entry mode in sequential foreign direct investment. *Strategic Management Journal*, 22(8), 747–776. <https://doi.org/10.1002/smj.168>
- Cooper, A. R. N. O. L. D. C., & Schendel, D. A. N. (1976). Strategic Responses to Technological Threats.
- Fattouh, B., Poudineh, R., & West, R. (2018). The rise of renewables and energy transition: what adaptation strategy for oil companies and oil-exporting countries? OIES PAPER: MEP 19. <https://doi.org/10.26889/9781784671099>
- Hamilton, W. F. (1985). Corporate strategies for managing emerging technologies. *Technology in Society*, 7(2–3), 197–212. [https://doi.org/10.1016/0160-791X\(85\)90025-9](https://doi.org/10.1016/0160-791X(85)90025-9)
- Hamilton, W. F. (1990). The dynamics of technology and strategy. *European Journal of Operational Research*, 47(2), 141–152. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(90\)90273-E](https://doi.org/10.1016/0377-2217(90)90273-E)
- Hamilton, W. F., & Singh, H. (1991). Strategic alliances in technological innovation: cooperation in biotechnology. *Journal of High Technology Management Research*, 2(2), 211–221. [https://doi.org/10.1016/1047-8310\(91\)90005-9](https://doi.org/10.1016/1047-8310(91)90005-9)
- Hennart, J. (1997). The Choice between Mergers / Acquisitions and Joint Ventures : The Case of Japanese Investors in the United States. *Strategic Management Journal*, 18(1), 1–12. <https://doi.org/10.2307/3088192>
- Hennart, J., & Reddy, S. (1997). THE CHOICE BETWEEN MERGERS/ACQUISITIONS AND JOINT VENTURES: THE CASE OF JAPANESE INVESTORS IN THE UNITED STATES. *Strategic Management Journal*, 18, 1–12.
- Lambe, C. J., & Spekman, R. E. (1997). Alliances, External Technology Acquisition, and Discontinuous Technological Change. *Journal of Product Innovation Management*. <https://doi.org/10.1111/1540-5885.1420102>
- Pinkse, J., & van den Buuse, D. (2012). The development and commercialization of solar PV technology in the oil industry. *Energy Policy*, 40, 11–20. Retrieved from <https://ac-els-cdn.ez29.capes.proxy.ufrj.br/S0301421510007159/1-s2.0->

S0301421510007159-main.pdf?_tid=11bae332-2d22-4da5-bdf0-aa86ce4cb016&acdnat=1549974292_be84bfe88c1b6e40ca9faab10f20c113

Sánchez-Peinado, L., & Menguzzato-Boulard, M. (2009). Antecedents of entry mode choice when diversifying. *Industrial Marketing Management*, 38(8), 971–983. <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2008.05.003>

Segers, J. P. (1993). Strategic partnering between new technology based firms and large established firms in the biotechnology and micro-electronics industries in Belgium. *Small Business Economics*, 5(4), 271–281. <https://doi.org/10.1007/BF01516248>

Utterback, James M; Abernathy, W. J. (1975). A dynamic model of process and product innovation. *Omega*, 3(6), 639–656.