



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**

**Curso de Doutorado em Engenharia de Produção**

**GERAÇÃO DISTRIBUÍDA DE ENERGIA: Estratégias para Empresas**

**Globais em Mercados em Desenvolvimento**

**MARINA GUIMARÃES MATTOS**

**Belo Horizonte, 16 de dezembro, de 2016**

**Marina Guimarães Mattos**

**GERAÇÃO DISTRIBUÍDA DE ENERGIA: Estratégias para Empresas  
Globais em Mercados em Desenvolvimento**

Tese de Doutorado apresentada ao Curso de Doutorado em Engenharia de Produção da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Engenharia de Produção.

Área de concentração: Pesquisa Operacional e Engenharia de Manufatura.

Orientador: Professor Leonardo P. Santiago.

**Belo Horizonte**  
**Escola de Engenharia da UFMG**  
**2016**

A defesa da tese é só o final da jornada de um PhD na qual os obstáculos  
enfrentados são o que constroem o doutor.

Dedico esse trabalho aos meus pais, Agda e Renato.

Eles são as pessoas especiais que me incentivaram e apoiaram durante todo esse  
percurso!

## AGRADECIMENTOS

Não é só a teoria que nos qualifica, mas toda a bagagem que acumulamos para chegar até aqui. Desde a ansiedade da admissão, a dedicação para cursar os créditos, o desafio de cada exame, a disciplina para escrever, o alívio alcançado com cada aceite após as críticas dos revisores, passando pela aventura dos cursos de férias, a satisfação dos trabalhos publicados e a preparação para os congressos.

Esse caminho não foi uma jornada fácil, mas durante o percurso encontrei pessoas que a tornaram mais leve, segura e desafiadora!

Agradeço a todos que me ajudaram a chegar aqui e contribuíram para o meu desenvolvimento:

Ao meu orientador, Professor Leonardo Santiago, todos os agradecimentos por ter sempre me motivado, desafiado e "lançado luz" mesmo diante das minhas limitações.

À Professora Katherine Ortegon, da *Icesi University*, por todo apoio e contribuição ao longo da pesquisa.

Aos funcionários da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), professores que se tornaram colegas, colegas que hoje são amigos, membros e participantes do Euroma, revisores do *Academy of Management*, representantes da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Conselho Nacional do Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG).

Espero que este não seja o final da minha viagem acadêmica e proponho que pesquisas futuras e muitas outras jornadas ainda possam vir!

## RESUMO

Com o advento da geração distribuída, muitas empresas estão revendo suas abordagens em relação ao suprimento de energia, fundamentando-se no fato de que a eletricidade pode ser tratada como suprimento estratégico. A partir de 10 estudos de caso, foi investigada a estratégia para o suprimento de energia em empresas globais que atuam em mercados em desenvolvimento. O objetivo deste trabalho foi identificar as principais razões que levam tais companhias a investir em iniciativas de geração distribuída para consumo próprio e analisar os fatores que motivam essas decisões. Um quadro de análise foi desenvolvido combinando os pilares legal, estratégico e econômico com os cinco fatores-chave que direcionam a gestão da cadeia de suprimentos: sustentabilidade, escassez de recursos, preço das *commodities*, inovação tecnológica e alternativas de suprimento. A contribuição deste trabalho tem dois desdobramentos: primeiro, os estudos de caso e o quadro de análise proposto devem ser utilizados como uma plataforma conceitual para abordar decisões acerca de geração própria de energia. Segundo, a partir da análise dos estudos de caso, uma série de proposições foi desenvolvida para destacar os principais ganhos e considerações sobre as estratégias de suprimento de energia.

Palavras-chave: Cadeia de suprimentos. Energia geração distribuída. *Insourcing* mercados em desenvolvimento. Empresas globais. Sustentabilidade.

## **ABSTRACT**

With the advent of distributed generation, many companies are revisiting their approaches for energy consumption based on the fact that power can be treated as a strategic supply. Through ten case studies, the strategies for energy consumption of global corporations in emerging markets was studied. The goal of this work is to clarify the main reasons that lead these companies to insource an energy generation facility and to analyze the triggers of such decision. A framework to assess energy insourcing decisions which combines legal, economic, and strategic triggers with five energy supply chain aspects, namely sustainability, resources scarcity, commodities price, technological innovation, and sourcing options is proposed. The contribution of this research is twofold. First, the case studies together with the framework proposed could be used as a conceptual platform to appraise an energy insource decision. Second, by delving into the cases, a series of key propositions that highlights the main trade-offs and triggers of an energy insource decision are presented.

**Keywords:** Supply chain. Energy insourcing. Distributed Generation. Global Corporations. Emerging Markets. Sustainability.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CEPAL	Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe
CI	<i>Colombia Intelligence</i>
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
GD	Geração distribuída
IEA	<i>International Energy Agency</i>
IEEE	Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos
INEE	Instituto Nacional de Eficiência Energética
KW	Quilowatts
ONU	Organização das Nações Unidas
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PRIC	Programa Nacional de Redes Inteligentes
TAC	Termos de ajuste de conduta
TCT	Teoria dos custos de transação
UPME	<i>Unidad de Planeación Minero Energética</i>

## **LISTA DE FIGURAS**

FIGURA 1 - Cadeia de suprimentos X cadeia energética .....	50
--	----



## **LISTA DE QUADROS**

QUADRO 1 – Quadro de análises .....	80
QUADRO 2 - Resumo dos estudos de caso de empresas globais .....	85
QUADRO 3 - Resultado do questionário de autoavaliação - continua .....	90
QUADRO 4 – Quadro final com consolidação das respostas .....	92

# SUMÁRIO<sup>1</sup>

<b>CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
1.1 Formulação do problema .....	15
1.2 Objetivos .....	16
1.3 Contribuição do trabalho .....	18
1.4 Organização do trabalho .....	19
<b>CAPÍTULO 2 METODOLOGIA.....</b>	<b>21</b>
2.1 Pesquisa bibliográfica e levantamento de dados.....	22
2.2 Protocolo de pesquisa .....	23
2.3 Justificativa do método .....	25
2.4 Qualidade e replicabilidade .....	26
<b>CAPÍTULO 3 GERAÇÃO DE ENERGIA.....</b>	<b>30</b>
3.1 Geração distribuída .....	31
3.2 Benefícios .....	33
3.3 Cenário energético global .....	37
3.4 O cenário brasileiro.....	39
3.5 O cenário colombiano.....	42

---

<sup>1</sup> Este trabalho foi revisado de acordo com as novas regras ortográficas aprovadas pelo Acordo Ortográfico assinado entre os países que integram a Comunidade de Países de Língua Portuguesa (CPLP), em vigor no Brasil desde 2009. E foi formatado de acordo com a ABNT NBR 14724 de 17.04.2014, à exceção do espaçamento.

<b>CAPÍTULO 4 CORPORAÇÕES GLOBAIS E A ESTRATÉGIA DE ENERGIA .....</b>	<b>46</b>
4.1 Diretrizes das cadeias de suprimentos .....	49
4.2 Interesses comerciais sobre geração distribuída .....	58
4.3 Gestão estratégica da cadeia .....	62
<b>CAPÍTULO 5 DESENVOLVIMENTO DO QUADRO DE ANÁLISES .....</b>	<b>69</b>
<b>CAPÍTULO 6 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS ESTUDOS DE CASO .....</b>	<b>81</b>
6.1 Estudos de caso .....	84
6.2 Análise dos resultados .....	91
6.3 Discussão .....	101
<b>CAPÍTULO 7 CONCLUSÃO.....</b>	<b>107</b>
7.1 Implicações práticas.....	110
7.2 Implicações teóricas.....	111
7.3 Limitações e pesquisas futuras .....	113
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>115</b>

## **CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO**

A geração distribuída de energia vem desempenhando importante papel nas empresas globais como uma forma de consumo e produção sustentáveis. Baseando-se nos conceitos de gestão das cadeias de suprimentos e no pressuposto de que a energia elétrica deve ser entendida como um suprimento, várias empresas vêm revendo suas estratégias acerca do consumo energético, fundamentadas em modelos e padrões de consumo internacionais (KOCH, 2000) e princípios de gestão das cadeias de suprimentos, (HALLDORSSÓN; SVANBERG, 2013).

A geração distribuída é uma abordagem recente da indústria energética e, neste trabalho, foi considerada como pequenas fontes de geração ou armazenagem elétrica, que podem ser primarizadas por grandes empresas. Isso significa que uma empresa ou indústria pode gerar sua própria energia em vez de comprá-la de concessionárias e

grandes fornecedores. Em particular, é uma ferramenta vital para gestão de riscos e pode, potencialmente, reduzir custos, complexidade e ineficiências quando comparada a grandes unidades centralizadas de geração.

Vários aspectos levam a novas perspectivas de configuração da cadeia de suprimento de energia na busca de vantagens competitivas em mercados locais e mundiais. Exemplos de tais aspectos incluem a eficiência melhorada, respeito pelo ambiente, flexibilidade e escalabilidade de novas tecnologias aplicadas na geração de energia (DONDI *et al.*, 2002).

Esse novo processo de planejamento e revisão da estratégia de suprimentos inclui decisões sobre fornecedores alternativos, extensão das fronteiras para novas instalações, contratação de novos serviços e redesenho da cadeia de abastecimento e de aprendizagem pela disseminação das melhores práticas globais (MOLLENKOPF *et al.*, 2010). Com tudo isso, as alternativas de geração distribuída têm se colocado no ponto focal de estratégias de produção de energia e fontes de eletricidade.

O assunto vem sendo cada vez mais discutido, assim como o número de pesquisas científicas e empreendimentos que crescem a cada ano motivados pela busca de tecnologias e modelos de negócios que minimizem o impacto ambiental e, ao mesmo tempo, promovam o atendimento à crescente demanda (HALLDÓRSSON; SVANBERG, 2013; HAMMONS; BARROSO; RUDNICK, 2006; HOLCOMB; HITT, 2007; JIAYI; CHUANWEN; RONG, 2008; LASSILA *et al.*, 2011; MOLLENKOPF *et al.*, 2010; MONTABON; PAGELL; WU, 2016).

Esse tipo de geração de energia traz uma gama de oportunidades de negócios para empresas globais à medida que pode ser utilizada para atender à demanda local de eletricidade e também para aumentar a confiabilidade operacional das empresas que controlam a sua própria geração.

Outra forte motivação para o crescente uso das fontes de energia distribuída se dá pelo aumento da eficiência de conversão de energia, o uso generalizado de recursos renováveis, os incentivos para a utilização de fontes de carbono-neutro e baixo teor de carbono do combustível, além da possibilidade de mais flexibilidade no processo de geração.

Adicionalmente ao avanço nas inovações tecnológicas, a recente liberação de alguns mercados, especialmente em relação à geração, contribuiu para o surgimento de novos agentes no cenário de eletricidade. Os novos produtores independentes, que vendem ou não seu excedente energético para o *grid*, reforçam a importância do modelo de geração distribuída.

Esse modelo vem sendo também favorecido frente às dificuldades de financiamento para grandes centrais de geração elétrica, em função dos impactos ambientais decorrentes da implantação desse tipo de empreendimento (RODRÍGUEZ, 2002).

Como nem todos os tipos de combustíveis modernos e a eletricidade em si não são universalmente acessíveis, existe grande desigualdade mundial de origens morais, políticas e práticas que tornam o atual sistema de energia pouco confiável, do ponto de vista de fornecimento e de custos ao consumidor (GOLDEMBERG, 2000). Impactos ambientais locais, regionais e globais decorrentes da produção e utilização de energia ameaçam a saúde e o bem-estar das gerações atuais e futuras.

Esse novo processo de planejamento e revisão da estratégia de suprimentos inclui decisões sobre fornecedores alternativos, extensão das fronteiras para novas instalações, contratação de novos serviços, redesenho da cadeia de abastecimento e de aprendizagem pela disseminação das melhores práticas globais (MOLLENKOPF *et al.*, 2010). Com tudo isso, as alternativas de geração distribuída têm se colocado no ponto

focal de estratégias de produção de energia e fontes de eletricidade.

Esse tipo de geração introduz novas oportunidades de negócio, uma vez que pode ser usada para o atendimento local de demandas de energia, além do aumento do aumento da confiabilidade, da eficiência de conversão energética, a utilização e o aproveitamento de recursos renováveis, incentivo a fontes combustíveis com baixo teor de carbono, sem mencionar a grande flexibilidade nos modos de geração. Exemplo notável a se citar é o da IKEA, uma empresa global de varejo, cuja meta é gerar, até o final de 2020, o mesmo volume de energia renovável que irá consumir (IKEA, 2014).

### 1.1 Formulação do problema

Para aumentar a eficiência, tornar-se ambientalmente amigável, flexível e empregar novas tecnologias aplicadas à geração energética, a geração distribuída tem estado no centro das estratégias energéticas (DONDI *et al.*, 2002). Tudo isso leva à necessidade de mudanças na forma como as empresas planejam e se beneficiam de vantagens competitivas nos mercados locais e globais.

Numa visão ampliada, o advento da geração distribuída tem se colocado no foco central das estratégias de consumo e produção de energia de várias empresas. Mas, para que tais sistemas alcancem a devida importância, a capacidade dessas plantas precisa ser desenvolvida para que eles atendam à demanda de consumo que tende a crescer nas próximas décadas.

Considerando a energia elétrica como uma *commoditie*<sup>2</sup>, o crescimento da

---

<sup>2</sup> *Commoditie* é qualquer bem em estado bruto, ger. de origem agropecuária ou de extração mineral ou vegetal, produzido em larga escala mundial e com características físicas homogêneas, seja qual for a sua origem, ger. destinado ao comércio externo.

população, da industrialização e do consumo são forças motrizes para a crescente demanda energética nas economias em desenvolvimento (ISMA, 2012). Além disso, como consequência do aquecimento global, existe crescente pressão para as empresas tornarem-se mais eficientes em relação ao consumo de energia, muito embora o impacto dessa demanda no ambiente não tenha sido ainda bem documentado (SANDERSON, 1999).

Vale mencionar que as cadeias de suprimentos hoje existentes foram projetadas e implementadas em um contexto industrial em que a disponibilidade de energia elétrica não era um recurso restritivo (HALLDÓRSON; KOVÁCS, 2010). Todavia, nos últimos anos, a energia elétrica deixou de ser um recurso barato e fácil de ser adquirido.

Com tudo isso, o problema atual das empresas globais é saber como estruturar sua cadeia de suprimentos de energia considerando as opções existentes do ponto de vista econômico, legal e estratégico frente a todas as forças que afetam as operações dessas cadeias no cenário global.

## **1.2 Objetivos**

O objetivo geral deste trabalho é conhecer as principais razões que levam as empresas a optarem pela geração própria de energia elétrica e que justificam esse tipo de reestruturação da cadeia. Para isso, propõe-se investigar a estratégia de empresas globais pela ótica da gestão de cadeias de suprimento e dos objetivos corporativos pela geração distribuída. Mais especificamente, visa-se conduzir estudo exploratório sobre o comportamento vigente das empresas globais considerando fontes alternativas de energia a sua estratégia de suprimentos.

Com base em estudos de caso, este trabalho busca identificar o papel potencial



da geração distribuída de energia, endereçando requisitos de segurança, eficiência energética e estratégias sustentáveis. Para identificar como o suprimento de energia pode endereçar essas questões, este estudo propõe uma plataforma para engajar gestores considerando a relevância e configuração dos sistemas de geração energética. Consideraram-se as seguintes perguntas de pesquisa: primeiro, quais são as principais razões que motivam a geração distribuída pelas empresas? Segundo, quais são os elementos-chave da estratégia organizacional que motivam essa decisão?

Focou-se especificamente no papel que a geração distribuída representa na mudança de perspectivas baseada em requisitos legais, questões econômicas e objetivos estratégicos. Frente à inerente diversidade dos tipos de energia distribuída, o sistema emergente deve ser orientado por diretrizes que estabeleçam uma plataforma comum aos decisores fundamentada na disponibilidade de recursos, tecnologias, preço de *commodities* e da energia em si. Isso permite aos gestores otimizarem recursos, produtos e serviços para atenderem à demanda e aos consumidores a tomarem decisões bem fundamentadas acerca das opções de mercado.

O objetivo específico é fornecer uma plataforma para engajar os principais decisores na avaliação do papel da geração distribuída e na configuração estratégica desses sistemas. De acordo com Isma (2012) e o *Institute for Sustainability* (2013), para que a energia distribuída possa vir a desempenhar papel fundamental no *mix* de energia, a capacidade precisa ser desenvolvida rapidamente para atender à crescente demanda de consumo prevista para a próxima década.

De acordo com o que já foi dito anteriormente e seguindo as premissas de Voss, Tsiriktsis e Frohlich (2002), foram consideradas as seguintes questões de pesquisa para orientar a presente investigação:

PP1: Por quais razões as empresas primarizam sua geração de energia?

PP2: Como os tradicionais fundamentos de gestão das cadeias de suprimentos afetam a estratégia de energia de empresas globais?

### 1.3 Contribuição do trabalho

Apesar da relação entre gestão das cadeias de suprimentos e energia distribuída já ter sido discutida na bibliografia existente, ainda não foram contextualizadas de forma clara as implicações mais amplas desse tipo de associação (STOCK; BOYER; HARMON, 2010).

Foram definidos 15 aspectos que motivam a geração distribuída de energia nas empresas, os quais foram obtidos examinando-se detalhadamente a motivação legal, econômica e estratégica das empresas frente aos principais fundamentos da cadeia de suprimentos (sustentabilidade, escassez de recursos, preço das *commodities*, inovação tecnológica e opções de fornecimento). De maneira ampla, este trabalho contribuiu para a literatura ao identificar e detalhar as razões que levam as empresas ao *insourcing* de seu suprimento energético e como os conceitos fundamentais de gestão orientam tais estratégias.

De forma mais específica, esta pesquisa contribui para a literatura ao oferecer uma investigação detalhada dos estudos de caso e escrutinando o quadro de análise de forma a fornecer uma plataforma conceitual na abordagem de decisões acerca de geração própria de energia. A partir da análise dos estudos de caso, uma série de proposições foi desenvolvida para destacar os principais *tradeoffs* e considerações sobre as estratégias de suprimento de energia.

Os dados levantados permitirão um diagnóstico do cenário de iniciativas de

autogeração em mercados emergentes e como os gestores se comportam diante da decisão de investimento para esse tipo de projeto.

#### **1.4 Organização do trabalho**

Este estudo está organizado da seguinte forma: o primeiro capítulo trata da introdução ao tema, com delimitação do assunto tratado, formulação do problema, definição dos objetivos da pesquisa e das perguntas que se propõe responder, além das contribuições que se espera confirmar na conclusão.

O segundo capítulo descreve a metodologia adotada no trabalho, justifica a escolha dos métodos e discorre sobre o protocolo de pesquisa desenvolvido para a elaboração do quadro proposto, levantamento de dados e análise dos estudos de caso. O capítulo de metodologia se propõe a apresentar e relatar o que foi feito para responder as perguntas de pesquisa, como esta foi conduzida, e justifica as escolhas feitas pela pesquisadora ao longo da pesquisa.

O terceiro e quarto capítulos contêm a revisão bibliográfica, com descrição do cenário e apresentação da teoria existente considerada no desenvolvimento do trabalho. Para fundamentar as análises da pesquisa, torna-se necessário levantar informações sobre o padrão de consumo e geração de energia, a recente desregulamentação de alguns mercados, além de uma investigação geral dos mercados em desenvolvimento, nos quais os estudos de caso foram realizados. Tal contextualização se faz necessária para entender melhor como as tradicionais cadeias de suprimentos vêm se reestruturando e permitindo que novos fornecedores se conectem ao *grid*.

O quinto capítulo discorre de forma pormenorizada sobre o processo de desenvolvimento do quadro de análises. Esse desenvolvimento considerou os aspectos

abordados nos capítulos anteriores (3 e 4), ponderando as diretrizes de gestão das cadeias de suprimentos e os interesses comerciais das corporações globais em iniciativas de geração distribuídas. Esse formulário foi elaborado para utilização no levantamento de dados para garantir mais padronização, qualidade e replicabilidade da pesquisa.

O sexto capítulo apresenta os estudos de caso, trata de forma detalhada dos resultados obtidos e propõe uma discussão destes comparando-os ao que foi descrito na literatura. Importante ressaltar que a mesma abordagem e protocolo foram aplicados em todas as entrevistas dos diversos estudos de caso, visando à preservação de todos os aspectos da pesquisa.

No sétimo e último capítulo estão registradas as conclusões correspondentes aos objetivos propostos no primeiro capítulo sob o ponto de vista do autor. Aqui também são listadas as implicações práticas e teóricas desta pesquisa, assim como suas limitações e perspectivas para futuros estudos.

## **CAPÍTULO 2 METODOLOGIA**

Pesquisa científica, conforme Silva e Menezes (2001), é a realização concreta de uma investigação planejada e desenvolvida de acordo com as normas consagradas pela metodologia científica, entendida como um conjunto de etapas ordenadamente dispostas para a investigação de um fenômeno.

Dessa forma, a investigação científica depende de um conjunto de procedimentos intelectuais e técnicos para que seus objetivos sejam atendidos. Existem inúmeros conceitos sobre método científico. Para Lakatos e Marconi (1993), é o conjunto de processos ou operações mentais empregados na investigação e na pesquisa. A escolha dessas técnicas constitui a metodologia científica adotada.

Yin (2013) propõe que a metodologia de pesquisa consiste no planejamento para se partir de um ponto a outro, tendo como o ponto de partida as perguntas a serem respondidas e como ponto final um conjunto de conclusões e respostas para essas perguntas. Aqui se apresentam as perguntas de pesquisa e os métodos aplicados aos

estudos de caso enquanto a construção do *framework* é detalhada e descrita no capítulo seguinte.

A definição da metodologia científica inclui a escolha do tema, o planejamento da investigação, o desenvolvimento metodológico, a coleta e a tabulação de dados, a análise dos resultados, a elaboração das conclusões e a divulgação das conclusões.

## **2.1 Pesquisa bibliográfica e levantamento de dados**

A metodologia de pesquisa utilizada neste trabalho inclui basicamente revisão bibliográfica e levantamento a partir de estudos de caso para ajudar no entendimento das razões que motivam as empresas a desenvolverem suas estratégias para o suprimento de energia.

A pesquisa bibliográfica foi elaborada com base em material já publicado, constituído principalmente de livros, artigos de periódicos e atualmente com material disponibilizado na Internet sobre geração distribuída, seus principais conceitos e benefícios. O levantamento tratou da seleção e investigação dos estudos de caso por meio do trabalho de interrogação direta às pessoas.

A pesquisa bibliográfica aqui realizada também contemplou a relação entre as corporações globais e o suprimento de energia. Em primeiro lugar, buscaram-se referências sobre o que efetivamente são corporações globais e que justificam a escolha dessas corporações como objeto deste estudo. Esse levantamento de informações se fez necessário uma vez que, nos últimos anos, houve importante mudança em relação à valorização da energia elétrica pelas empresas. A energia já não tem sido considerada um recurso barato nem de fácil aquisição. Além disso, com o advento do aquecimento global, a crescente pressão para as empresas tornarem-se mais eficientes, do ponto de

vista energético, é um grande motivador desta pesquisa.

Como desdobramento dos fatores que levam a essa motivação, a revisão literária buscou entender melhor as diretrizes da cadeia de suprimentos e como elas são relevantes no processo de análise das redes de energia distribuída. Uma vez que as cadeias de suprimentos se tornaram cada vez mais complexas, resultando em risco de aquisição e fornecimento para as corporações globais, o desafio desta investigação é identificar a teoria já existente para fundamentar novas proposições.

Adicionalmente aos principais aspectos da gestão das cadeias de suprimentos que podem afetar o planejamento da cadeia de energia, foram identificadas as principais forças que devem ser levadas em conta considerando-se os interesses comerciais sobre geração distribuída. Foram abordados os pilares legais, econômicos e estratégicos e então realizado levantamento bibliográfico de diversos autores acerca desses aspectos.

Para obter-se melhor compreensão das decisões de energia distribuída, foram investigados alguns estudos de caso de iniciativas de primarização da geração de energia em empresas globais que operam em países em desenvolvimento. A partir desse protocolo de pesquisa foram realizadas entrevistas com especialistas e gestores das empresas, bem como avaliação completa de relatórios e dados secundários. Foram levantadas informações qualitativas com base em entrevistas semiestruturadas e também dados quantitativos pela aplicação de questionários aos entrevistados.

## **2.2 Protocolo de pesquisa**

Nas empresas onde foram feitos os estudos de caso, aplicou-se um questionário semiestruturado, que foi construído em um processo adaptativo, em que muitas perguntas foram formuladas durante a revisão da literatura.

Para conhecer mais fundo essas iniciativas de geração distribuída de energia, as entrevistas com gestores e especialistas de corporações globais foram realizadas para avaliação das motivações e discussão de novas idéias, para construção do *framework*. Cada entrevista durou cerca de 2 horas e tratou dos seguintes temas: dados da empresa, aspectos relevantes para decisões de energia, requisitos de sustentabilidade, custos de eletricidade, disponibilidade e preços de recursos e *commodities*, melhorias tecnológicas e opções de fornecimento no país.

Em primeiro lugar, as empresas se autoavaliaram em relação aos processos de geração de energia conforme os parâmetros propostos pelo nosso *framework*. As condições de avaliação disponíveis foram: total (+++), parcial (++) , baixo (+) ou irrelevante (-) e as respostas foram dadas por cada entrevistado para cada um dos projetos considerados nos estudos de caso.

Conversamos com gerentes e especialistas de pelo menos duas unidades de negócios diferentes, de modo que puderam ser coletadas múltiplas perspectivas das diferentes partes interessadas conforme a metodologia seguida (YIN, 2013). O mesmo protocolo de pesquisa foi seguido em todos os casos para abordagem das questões-chave relativas às iniciativas de energia desenvolvidas, a fim de reduzir o potencial de viés. Os dados recolhidos a partir de diferentes entrevistas foram triangulados, a fim de sobreporem-se perguntas e mitigar avaliações tendenciosas, aumentando a confiabilidade e validade dos dados (EISENHARDT, 1989; YIN, 2013).

Além das entrevistas, foram realizadas algumas visitas a instalações industriais dessas empresas e analisados dados públicos sobre essas operações.

Os principais critérios para a seleção das empresas foram: a) ser de fato uma empresa global; b) ter recentemente tomado uma decisão a respeito de sua geração de energia. Nosso *mix* de empresas e iniciativas de geração de energia provê diverso leque



de setores e portes de empreendimentos, demonstrando diferentes embasamentos para as decisões de geração distribuída energética.

### **2.3 Justificativa do método**

A escolha da metodologia define a forma de coleta dos dados e de análise das evidências empíricas. Yin (2013) define a pesquisa descritiva como a que descreve as características de determinada população ou fenômeno ou estabelece relações entre variáveis. Esse tipo de pesquisa envolve o uso de técnicas padronizadas de coleta de dados: questionário e observação sistemática. Assume, em geral, a forma de levantamento.

Como uma estratégia de pesquisa, o levantamento de dados a partir de estudos de caso se aplica como metodologia mais adequada para pesquisas que buscam respostas para questionamentos do tipo como ou por que e que se fundamentam em eventos reais (fenômenos contemporâneos). Caracterizam-se como esse tipo de evento processos organizacionais e gerenciais ou análises de ciclo de vida (YIN, 2013).

Pesquisas de levantamento por estudo de caso podem ser conduzidas de duas formas: análises de um único caso exclusivo ou estudos de múltiplos casos. O primeiro tipo é geralmente usado para investigação de casos críticos ou isolados, enquanto o segundo serve para validar e contrastar os resultados de diferentes cenários. O foco neste segundo tipo de investigação pode ser na organização de forma geral (estudo de caso holístico) ou em determinados setores (estudo de caso restrito) (SAUNDERS, 2012).

Conforme Gil (1991), esse tipo de pesquisa envolvendo levantamento bibliográfico; entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o

problema pesquisado; e análise de exemplos que estimulem a compreensão visam proporcionar mais familiaridade com o problema, buscando torná-lo explícito ou construir hipóteses.

Na estruturação da entrevista, a abordagem qualitativa foi escolhida porque os dados levantados com a aplicação do questionário precisavam ser mais bem compreendidos. Isso porque o objetivo da pesquisa é responder não apenas por que as empresas investem em projetos de energia distribuída e como os fundamentos de gestão da cadeia de suprimentos impactam tais decisões, mas também compreender o porquê de cada um desses fatores.

A principal motivação do uso de uma abordagem qualitativa para responder às questões de pesquisa é a capacidade de ir além da obtenção de simples respostas, de revelar como esses aspectos podem ser percebidos (PAGELL; WU, 2009; YIN, 2013).

De acordo com esses critérios de objetivo, este trabalho constitui-se em uma pesquisa exploratória e descritiva, pois contempla estudo bibliográfico e coleta de dados. A formulação das perguntas de pesquisa reforça ainda mais o perfil exploratório e descritivo deste estudo sobre as decisões de suprimento energético.

A justificativa detalhada sobre a escolha das empresas, dos entrevistados, o número de estudos de caso investigados e a forma de processamento das informações encontram-se em detalhes no CAPÍTULO 6.

## **2.4 Qualidade e replicabilidade**

A validade de um procedimento de pesquisa refere-se à qualidade da investigação realizada (EISENHARDT, 1989). Em pesquisas desse tipo, exploratória e descritiva, a validade é um atributo que se relaciona à objetividade, à possibilidade de

repetição do experimento, ao fato de a pesquisa estar aberta à verificação por outras pessoas e à capacidade de generalização (OLLAIK; ZILLER, 2012).

Para esses autores, uma das principais críticas feitas à pesquisa exploratória e descritiva é que falta representatividade. Entretanto, para estas a intenção não é generalizar, mas sim descrever, analisar e buscar compreender. Nessa perspectiva, a validade estaria relacionada à coerência interna da pesquisa.

Como forma de ampliar a validade do procedimento em estudos de caso, torna-se fundamental descrever de maneira detalhada o caminho a partir das perguntas iniciais até as conclusões finais (YIN, 2013). Sustentando esse aspecto de validade da pesquisa, têm-se múltiplas fontes de evidências (clareza nos procedimentos de entrevistas por meio da elaboração do protocolo de investigação, descrição rica e detalhada dos resultados obtidos e validação comunicativa com os participantes da entrevista, análise documental, observação sistemática), incluindo a triangulação de todas as respostas obtidas (SAUNDERS, 2011).

Em estudos qualitativos, a garantia da coerência metodológica é elemento fundamental para a investigação e cumprimento do protocolo de pesquisa e também pode ser reconhecida como elemento fundamental nos estudos qualitativos (EISENHARDT, 1989). Dessa forma, a realização das entrevistas adotando roteiro semiestruturado com pessoas relevantes diretamente envolvidas no processo de geração distribuída nas empresas investigadas; e o uso do método da triangulação associando o conteúdo da entrevista a documentos previamente analisados sustentam a confiabilidade da pesquisa.

Todas as entrevistas foram registradas em anotações e os arquivos foram consultados ao longo do trabalho, para garantir validade na coleta e tratamento das informações.

A replicabilidade refere-se ao fato de que a pesquisa deve permitir que, caso outros pesquisadores optem por seguir os mesmos critérios de pesquisa, possam chegar aos mesmos resultados do pesquisador inicial (YIN, 2013).

A Professora Dr<sup>a</sup> Katherine Ortegon, do Departamento de Engenharia de Produção da Universidad ICESI, colaborou com o levantamento de casos em empresas da Colômbia e com a codificação dos campos do questionário, contribuindo de maneira relevante para a validade e replicabilidade da pesquisa.

A validade interna busca eliminar a ambiguidade e a contradição, considerando as várias fontes de evidências (OLLAIK; ZILLER, 2012) e está relacionada à fase de análise. Nesse sentido, a validação interna considerou a escolha do cargo e experiência dos entrevistados nas empresas e em relação aos empreendimentos estudados, além da seleção das empresas, setores e projetos de geração de energia. As notas finais buscaram essa validação confrontando todas as notas obtidas de cada um dos participantes e triangulando as informações. Em alguns casos foi necessário retomar a conversa com alguns entrevistados após a análise final das respostas e confrontar as informações obtidas nas entrevistas com outros documentos internos às empresas pesquisados. Essa triangulação permitiu validar os dados coletados durante os estudos de casos

Para reforçar ainda mais a validade interna das informações e análises os dados obtidos foram assegurados através de discussões com outros pesquisadores, envolvendo além do orientador desse trabalho, pesquisadores da Universidad Icesi na Colômbia.

A validade externa dos presentes dados prevê uma generalização dos resultados em um ambiente maior, que é demonstrada a partir da investigação e análise de múltiplos estudos de caso, fundamentadas em uma teoria existente. Nesse sentido, a amostragem seletiva dos casos contribuiu para melhorar a generalização (EISENHARDT, 1989). Neste trabalho, o estudo de casos múltiplos buscou

comparações de padrões no entendimento de que as teorias devem se aplicar não somente a algum caso específico, mas estender-se a outros cenários.

### **CAPÍTULO 3 GERAÇÃO DE ENERGIA**

A globalização dos fluxos de capitais financeiros vem chamando a atenção para questões de alocação e eficiência produtiva que atualmente exercem influência virulenta em todas as formas de organização e gestão dos países e empresas (HAMMONS; BARROSO; RUDNICK, 2011). Para ajudar as corporações globais a entenderem os motivos que as levam a rever sua cadeia de suprimento de energia, este capítulo contém uma revisão da literatura técnica sobre o fornecimento de energia para essas empresas. Fundamentou-se em princípios de gestão da cadeia de suprimentos, no interesse comercial na energia distribuída e numa breve introdução sobre o cenário energético dos países onde a pesquisa foi realizada.

Ele traz uma gama de oportunidades de negócios para empresas globais e como estes podem ser usados para corresponder a padrões de demanda local de eletricidade e também para aumentar a confiabilidade operacional das empresas que controlam a sua própria geração. Essa busca por alternativas de geração distribuída também é motivada pelo aumento da eficiência de conversão de energia, o uso generalizado de recursos

renováveis, os incentivos para a utilização de fontes de carbono-neutro e baixo teor de carbono do combustível, além do fato de que ele permite mais flexibilidade na geração de energia.

### **3.1 Geração distribuída**

A geração elétrica próxima do consumidor chegou a ser a regra na primeira metade do século XX, quando a energia industrial era praticamente toda gerada localmente. A partir da década de 40, no entanto, a geração em centrais de grande porte ficou mais barata, reduzindo o interesse dos consumidores pela geração distribuída e, como consequência, o desenvolvimento tecnológico para incentivar esse tipo de geração também parou. A crise do petróleo introduziu fatores perturbadores que alteraram esse cenário, revelando a importância. A partir da década de 90, a reforma do setor elétrico brasileiro permitiu a competição no serviço de energia, criando a concorrência e estimulando todos os potenciais elétricos com custos competitivos. Com o fim do monopólio da geração elétrica, em meados dos anos 80, o desenvolvimento de tecnologias voltou a ser incentivado com visíveis resultados na redução de custos (INSTITUTO NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA - INEE, 2016).

Para Rodríguez (2002), o antigo modelo de geração por meio de grandes centrais se fundamentava em economias de escala e consequente redução dos custos unitários de minimização dos impactos e dos riscos ambientais nos centros mais densamente povoados. Acompanhava-se pelo poder que tinham os empreendedores de grandes obras e pela alta confiabilidade dos sistemas de transporte de eletricidade em alta tensão.

Tal concepção passou a ser questionada a partir da década de 80 com a introdução de novas tecnologias que reduzem, de maneira significativa, o custo da

energia elétrica produzida. O modelo de planejamento energético passou então a buscar unidades de pequeno ou médio porte, localizadas cada vez mais próximas dos centros de carga, dando origem, portanto, à valorização da geração distribuída.

Adicionalmente às inovações tecnológicas no setor elétrico, a liberação dos mercados, especialmente no que diz respeito à geração, trouxe ao cenário a aparição de novos agentes e favoreceu o fortalecimento da geração distribuída (GD). E alinou-se ao fato de que cada vez é mais difícil financiar grandes centrais de geração e lidar com os impactos ambientais decorrentes da sua implantação (RODRÍGUEZ, 2002).

A tendência de 2014 foi, sem dúvida, ainda mais impressionante do que parece a partir dos números de investimento, porque uma capacidade com número recorde de energia eólica e solar fotovoltaica instalado atingiu 95 GW. E em 2013 foi de 74 GW; 79 GW em 2012; e 70 GW em 2011, o único ano em que o investimento em dólares foi maior do que o de 2014. A principal razão pela qual o investimento no ano passado foi inferior a três anos antes foi a de que os custos de tecnologia, particularmente no solar, caíram acentuadamente durante o período (McCRONE *et al.*, 2012).

De acordo com Moreira *et al.* (2004), não há consenso sobre a definição de geração distribuída. Alguns países usam a definição baseada no nível de tensão, enquanto outros consideram como geração distribuída aquela ligada a circuitos a partir dos quais os consumidores podem ser diretamente alimentados. Existem ainda classificações que definem a geração distribuída como sendo aquela que não é despachada, ou seja, energia consumida no próprio local de geração.

Conforme o Instituto Nacional de Eficiência Energética (INEE), geração distribuída é o termo designado para conceituar a geração elétrica junto ou próximo do consumidor final, independentemente da tecnologia e potência do sistema instalado. Esse tipo de sistema apresenta algumas vantagens sobre a geração central, pois



economiza investimentos em transmissão e reduz as perdas nesses sistemas, melhorando a estabilidade do serviço de energia elétrica.

A norma 1547 do Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos (IEEE) - *Standard for Interconnecting Distributed Resources with Electric Power Systems* - de 2003 define geração distribuída como a geração de eletricidade feita por usinas geradoras que são suficientemente menores que as usinas de geração central, a ponto de permitir interconexão em quase qualquer ponto do sistema elétrico.

### **3.2 Benefícios**

A geração distribuída apresenta vantagens sobre a geração central tanto para o consumidor quanto para a sociedade e o setor elétrico em si. Essas vantagens são de natureza econômica, ambiental, técnica e social.

Para o setor elétrico propriamente dito, os sistemas de geração distribuída economizam investimentos em transmissão e reduzem as perdas, melhorando a estabilidade do serviço de energia elétrica, além de proporcionarem mais estabilidade na tensão fornecida. Também existe o fato de que a utilização de GD adia a necessidade de investimento em subestações e em capacidade no sistema (HOFF; WENGER; FARMER, 1996).

Pelo lado da sociedade têm-se vantagens como a diversificação da matriz energética do país, fomentando a segurança nacional e o suprimento de energia elétrica, principalmente em regiões onde o potencial de expansão dos sistemas de transmissão ou distribuição é limitado, por exemplo, por razões políticas ou ambientais (RODRÍGUEZ, 2002). De forma geral, a geração distribuída contribui para aumentar o *mix* na geração, levando a mais confiabilidade e disponibilidade do suprimento energético.

Para os consumidores, a geração distribuída pode também ser vista como uma forma de reduzir instabilidades e riscos no abastecimento. Essa eventual qualidade e confiabilidade superiores do abastecimento a partir de tecnologias de GD são aspectos que podem justificar custos unitários de produção relativamente maiores (RODRÍGUEZ, 2002).

Pelo aspecto da economia, tem-se aumento da atividade econômica local, promovendo o aumento de empregos e do nível de renda. Além disso, a expansão da geração distribuída também permite que novos investimentos na geração centralizada (como a construção de usinas e parques eólicos e linhas de transmissão) possam ser redimensionados e realocados no tempo. Gerar energia distribuída a partir de fontes renováveis na matriz elétrica nacional significa deixar de usar fontes mais poluentes, como térmicas e combustíveis fósseis (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL, 2016).

Na esfera ambiental, destaca-se que na geração distribuída predominam as fontes limpas e renováveis modernas, como a solar fotovoltaica e a eólica, que contribuem para a redução da emissão dos gases de efeito estufa. Assim, fontes de geração distribuída promovem a diminuição dos impactos ambientais tanto pelo tamanho do porte da instalação como também pela possibilidade de redução da emissão de dióxido de carbono, caso sejam utilizadas fontes renováveis nessa instalação (RODRÍGUEZ, 2002).

Atualmente, o número de fontes de energia renováveis, embora crescente, continua a ser limitado. Na ausência de intervenção pública, favorecendo o seu desenvolvimento, os custos de geração permanecem mais elevados do que para combustíveis alternativos fósseis (JOHNSTONE; HAŠČIČ; POPP, 2010).

Demonstrações de interesse por fontes renováveis puderam ser vistas

recentemente na reunião do G-7, quando o grupo composto por Estados Unidos, Alemanha, França, Japão, Reino Unido, Canadá e Itália decidiu que é preciso cortar (zerar, se possível) o uso de combustíveis fósseis e valorizar a geração de energia por meios menos poluentes. Investimentos globais em renováveis em 2014 foram da ordem de R\$ 1 trilhão, valor que é 17% maior em relação ao montante aplicado no ano anterior (PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE - PNUMA, 2014).

De acordo com a *International Energy Agency* (IEA, 2006), três gerações de tecnologias de energia renovável podem ser definidas: a) tecnologias de primeira geração que já atingiram a maturidade, como energia hidrelétrica, combustão de biomassa e energia geotérmica; b) tecnologias de segunda geração, que são submetidas a rápido desenvolvimento, como a energia solar, energia eólica e formas modernas de bioenergia; c) tecnologias de terceira geração que estão atualmente em fase de desenvolvimento, tais como a energia solar concentrada, a energia dos oceanos, geotérmica e sistemas de bioenergia integrados.

As políticas de incentivo podem ser de variadas naturezas: empréstimos, financiamentos, reduções tributárias, divulgação da tecnologia para a sociedade, regulamentações, estímulos à indústria de todo o setor, parcerias internacionais, entre outros. Com o foco de inserir a tecnologia renovável na matriz energética, os países realizam esforços para aumentar a competitividade da tecnologia, aplicando essas políticas de incentivo (SALAMONI *et al.*, 2004).

Diversas políticas governamentais vêm sendo introduzidas em um esforço para se reduzir custos e acelerar a penetração de mercado, como certificados de troca de energia renovável, descontos tarifários, cotas de produção e créditos fiscais (JOHNSTONE; HAŠČIČ; POPP, 2010). Rodríguez (2002) sugere algumas formas

desse tipo de política praticadas em diferentes países:

- a) *Net metering* (sistema de compensação): iniciativa presente em numerosos estados, com a finalidade de fomentar o investimento privado na tecnologia, diversificando a matriz e trazendo os benefícios da geração distribuída. Consiste na leitura bidirecional, ou seja, o que é gerado e o que é consumido, de forma que o consumidor compense seu consumo. Dessa forma, permite a desvinculação da necessidade de armazenamento de energia ou o sincronismo na sua geração com sua utilização.
- b) *Dual metering* (compra e venda líquidas): mecanismo no qual as companhias de eletricidade são obrigadas a comprar a energia elétrica gerada dos consumidores, pagando por esta seus custos evitados. Os consumidores utilizariam o que fosse gerado; e o que demandasse do sistema seria contabilizado, de forma que o consumo e a geração destes deveriam coincidir, diferentemente do *net metering*. Como essa energia excedente seria paga pelo custo evitado, que era três a cinco vezes menor que a tarifa normal, os consumidores não foram incentivados a gerar excedentes, tampouco a economizar energia para estar com superávit.
- c) *Feed-in tariffs* ou tarifa prêmio: basicamente é o mecanismo no qual o governo determina o preço pelo kWh que as concessionárias deverão pagar aos geradores de fontes renováveis de energia. Essa energia é entregue à rede, possuindo seu preço estabelecido pelo país que insere a política. Possui geralmente um preço superior ao qual a concessionária pagaria se comprasse essa energia num mercado atacadista, além de juntamente realizar contratos de longo prazo, de forma a incentivar a tecnologia e diminuir as incertezas quanto à viabilidade econômica de implantação.

- d) *Programas buydown*: são programas de incentivo para redução dos custos de aquisição do sistema de geração, ou seja, um desconto em relação ao custo total, de forma a incentivar a instalação e produção de mais sistemas e ganhar no longo prazo com esses investimentos.
- e) Incentivos financeiros: alguns governos têm utilizado mecanismos creditícios e fiscais para financiar esses novos investimentos, com concessões de empréstimos a baixas taxas de juros ou até mesmo isentos delas, atribuindo isenções fiscais ou também possibilitando a consideração de uma depreciação acelerada do sistema.

Uma vez que o setor de geração de energia é altamente dependente de provedores de incentivos fiscais, as empresas podem demonstrar certas preocupações sobre a sustentabilidade a longo prazo da demanda. Os investimentos em fontes de energia renováveis – eólica, solar, geotérmica, oceano, biomassa e resíduos-para-energia – podem então contribuir significativamente para a realização dos benefícios ambientais. Além disso, muitas vezes argumenta-se que o aumento da quota das energias renováveis contribui para outros objetivos de política pública, como mais segurança energética frente à instabilidade do mercado de combustíveis fósseis (JOHNSTONE; HAŠČIČ; POPP, 2010).

### **3.3 Cenário energético global**

A Organização das Nações Unidas (ONU) estima que a população mundial ultrapasse nove bilhões em 2050, com consequente aumento do consumo energético, motivado principalmente pelo crescimento das populações urbanas de até 80%. Mais

além, a maior frequência de fenômenos ambientais extremos, como a seca, por exemplo, têm ocorrido no Brasil e em outras partes do mundo, como consequência do aumento da temperatura do planeta.

Entre as principais causas que contribuem para o aquecimento global podem-se citar a queima de combustíveis fósseis, como o carvão mineral, petróleo e seus derivados e gás natural. Conforme a IEA (2016), em 2013 o setor de eletricidade foi responsável por 42% das emissões globais de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), as quais praticamente dobraram no período entre os anos de 1999 e 2013, em função do amplo aumento da utilização da queima de carvão em processos de geração. Diante dessas condições, existe crescente pressão para que as companhias se tornem mais eficientes do ponto de vista energético, apesar do impacto de consumo sobre o meio ambiente não ser detalhadamente documentado (ISMA, 2012; SANDERSON, 1999).

Essas preocupações começaram a surgir em um mundo onde se espera que a demanda de energia cresça rapidamente durante o próximo século, associada a todo tipo de atividade econômica (TURTON; BARRETO, 2006). Enquanto isso, o uso contínuo de combustíveis fósseis enfrenta múltiplos desafios: o esgotamento das reservas, o aquecimento global e outros problemas ambientais, conflitos geopolíticos e militares e, ainda, a contínua e significativa alta dos preços (ASIF; MUNEER, 2007).

Em 2012, 13,2% da geração mundial de energia veio de fontes renováveis. Já em 2013 esse percentual aumentou para 22% (DE MARTINO JANNUZZI; DE MELO, 2013) e atualmente, conforme o *IEA Medium-Term Renewable Energy Report* de 2015, está previsto crescimento no uso dessas fontes, que devem passar a contribuir com 26% da geração mundial de energia até 2020.

O Índice Trilema de Energia (Trilema ENERGY INDEX), desenvolvido pela *World Energy Council*, classifica os países em termos de sua capacidade de fornecer

políticas energéticas sustentáveis a partir das três dimensões:

- a) Segurança energética: a gestão eficaz da oferta de energia primária a partir de fontes internas e externas, a confiabilidade da infraestrutura energética e a capacidade dos participantes de empresas de energia para atender à demanda atual e futura;
- b) equidade de energia: a acessibilidade e disponibilidade de fornecimento de energia em toda a população;
- c) sustentabilidade ambiental: a realização de fornecimento de energia e, do lado da procura, a eficiência e o desenvolvimento do abastecimento de energia a partir de fontes renováveis de baixo carbono e outros.

Os *rankings* são baseados em uma série de informações de cada país e bancos de dados mundiais. O desempenho energético, de acordo com a nota do *ranking*, considera a oferta e a procura, a acessibilidade financeira e o acesso à energia, bem como o impacto ambiental da utilização em circunstâncias mais amplas, incluindo a esfera social, a estabilidade política e econômica.

No atual *ranking* desse índice têm-se Suíça e Suécia em primeiro lugar, recebendo classificação AAA, seguidas da Noruega, Reino Unido, Áustria e Dinamarca. O Brasil ocupa a 37<sup>a</sup> posição, com nota ABC; e a Colômbia, 18 com nota AAB.

### **3.4 O cenário brasileiro**

O Brasil tem capacidade instalada de 123 GW (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE, 2013), dos quais a participação da geração hidrelétrica é de 66%.

O sistema hidrelétrico é composto de vários reservatórios grandes, organizados em uma topologia complexa ao longo de várias bacias. Geração térmica inclui nuclear, gás natural, carvão e usinas a diesel. O país está totalmente interligado ao nível de potência em massa por 100,000 km de malha de rede de transmissão de alta tensão, com tensões que variam de 230 a 765 kV ac, além de dois 600 kV dc de ligações entre a Usina de Itaipu binacional (14.000 MW) à rede principal (EPE, 2013). As principais interligações internacionais diretas são os links *back-to-back*<sup>3</sup> com a Argentina (2.200 MW), além de algumas interligações menores com o Uruguai (70 MW) e Venezuela (200 MW) (HAMMONS; BARROSO; RUDNICK, 2011).

Atualmente, a energia renovável responde por 12,9% da oferta total de energia primária, enquanto fontes naturais abundantes de energia renovável - como a energia eólica e solar, energia hidráulica, plantas hidrelétricas pequenas, etanol e biodiesel e fontes de energia renováveis - fornecem 47,2% da oferta interna de energia primária. Essa estatística indica que o Brasil, nas últimas décadas, manteve sua vantagem competitiva sobre o resto do mundo em termos do uso de fontes renováveis de energia (PEREIRA *et al.*, 2012). O Brasil tem desempenhado uma estratégia de manter a sua matriz energética renovável e vem desenvolvendo e priorizando iniciativas de baixo carbono no longo prazo.

O Brasil começou sua reforma do setor de energético em 1996, tendo como principal objetivo a concepção de um mercado de energia capaz de prover uma fonte de energia confiável e eficiente, frente a tarifas adequadas (BARROSO *et al.*, 2006). De forma semelhante a outros países, as novas regras foram concebidas para incentivar a

---

<sup>3</sup> *links back-to-back* são sistemas de alta tensão de corrente contínua com ambas as extremidades na subestação. É usado para redes de energia operadas de forma assíncrona ou para ligar as redes de energia de diferentes frequências.



concorrência na geração e venda, enquanto a transmissão e distribuição permaneceram atividades reguladas. Os investidores tiveram acesso à concessão de novas usinas hidrelétricas por meio de leilões organizados pelo governo; e os investidores vencedores, em seguida, tiveram que obter licenças ambientais e negociar contratos bilaterais para obtenção de financiamento de projetos (HAMMONS; BARROSO; RUDNICK, 2011).

No Brasil, segundo as novas regras, que começaram a valer em 1º de março de 2016, é permitido o uso de qualquer fonte renovável, além da cogeração qualificada, denominando-se microgeração distribuída à central geradora, com potência instalada até 75 quilowatts (KW) e minigeração distribuída àquela com potência acima de 75 Kw e menor ou igual a 5 MW (sendo 3 MW para a fonte hídrica), conectadas na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras (ANEEL, 2012).

O sistema de leilões recentemente adotado funciona como ferramenta de planejamento para ampliar a oferta de energia no mercado, a ser aplicado a grandes usinas hidrelétricas e de biomassa, energia eólica, pequenas centrais hidrelétricas e biodiesel. A eficiente recompensa obtida pelo sistema de leilão começa com a escolha da localização a partir da tecnologia a ser utilizada, com base em contratos de fornecimento específicos, tais como os utilizados em parques eólicos, por exemplo. Uma das principais razões para optar por leilões é que eles tornam o processo mais transparente para a sociedade, bem como procuram o preço justo, com o objetivo de incentivar o maior número possível de licitantes e evitar conluio (PEREIRA *et al.*, 2012).

Outro importante fator da reforma incluiu os estabelecimentos de operadores independentes, um mercado de energia de curto prazo e uma agência reguladora, bem como a privatização da maioria das empresas de distribuição e expansão da transmissão.

Os consumidores com cargas superiores a 3 MW foram autorizados a serem livres, ou seja, ganharam a opção de escolher o seu fornecedor de eletricidade. Atualmente a parcela de consumidores livres no país é de cerca de 20-25% da carga total (HAMMONS; BARROSO; RUDNICK, 2011).

O objetivo principal do processo de reforma no Brasil foi assegurar capacidade e investimento suficientes para atenderem de forma confiável à crescente demanda do país. As dificuldades que foram identificadas na sua concepção e as propostas de reforma do setor foram revistas. Está sendo avaliado um novo projeto, que concilia a concorrência na geração com a garantia do fornecimento adequado de forma eficiente, baseado em investimentos privados. No novo projeto, leilões de contratos desempenham papel essencial para impulsionar a expansão do sistema e proporcionar ganhos de eficiência para os consumidores.

A reforma do setor foi interrompida em 2001 devido a uma grave crise energética. Como resultado da redução contínua dos níveis de armazenagem de reservatórios do sistema, durante nove meses consecutivos, durante 2001 e 2002, regras de racionamento foram aplicadas a todas as classes de consumidores nas regiões correspondentes a 80% do consumo, a fim de reduzir a carga total em 20% (HAMMONS; BARROSO; RUDNICK, 2011).

### **3.5 O cenário colombiano**

O setor da eletricidade na Colômbia é amplamente dominado pela geração de energia hidrelétrica (64% da produção) e geração térmica (33%). No entanto, o grande potencial do país em novas tecnologias de energia renovável (principalmente eólica, solar e biomassa) ainda é pouco explorado. Possui capacidade instalada de 16,400 MW

(UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA - UPME, 2015).

A Lei de 2001 destinada a promover as energias alternativas carece de disposições essenciais para alcançar este objetivo, tais como tarifas *feed-in*<sup>4</sup>, e até agora teve pouco impacto também, já que usinas hidrelétricas grandes e energia térmica dominam os planos de expansão em curso. A construção de uma linha de transmissão com o Panamá, que vai ligar a Colômbia à América Central, está em andamento (UPME, 2015).

O setor da eletricidade foi desagregado em geração, transmissão e distribuição de rede, uma vez realizadas as reformas no setor em 1994. Cerca de metade da capacidade de geração é privada, mas essa participação na distribuição de energia elétrica é muito menor.

Argumentou-se que, graças à disponibilidade de recursos hídricos na Colômbia, as empresas inicialmente optaram exclusivamente pela geração de energia a partir dessas fontes, que produziram riscos ambientais. Entre esses riscos, citam-se declínio de fluxos e qualidade da água, deslocamento da fauna terrestre, perda da cobertura vegetal, entre outros. Isso permitiu inferir que a dependência desse recurso é insustentável a longo prazo. É por essa razão que novas políticas são direcionadas para o desenvolvimento sustentável mais elevado no país, ajudando a diversificar a matriz energética da Colômbia (BERMÚDEZ; CHIVITA, 2014).

Por outro lado, existe uma iniciativa chamada *Colombia Intelligence* (CI), para o desenvolvimento de novas tecnologias e da evolução do sistema de energia elétrica, juntamente com outros grandes setores. Seu objetivo é conseguir boa eficiência em todo o mundo com a implementação de procedimentos de uso de energia e projetos

---

<sup>4</sup> *Feed-in* é um mecanismo que consiste em uma política pública destinada a acelerar o investimento em energias renováveis por meio da oferta de contratos de longo prazo para produtores desse tipo de energia.

específicos para alcançar benefícios para o país. Além disso, é uma estratégia que define os objetivos principais a alcançar sistema elétrico sustentável e eficiente, que foi determinada como um ponto-chave para maximizar os benefícios dos projetos. Essa iniciativa é apoiada pelo Programa Nacional de Redes Inteligentes (PRIC), que tem metas e planos de ação comuns com CI e que reafirma que os esforços devem ser feitos para alcançar metas específicas de curto prazo, mas alinhados aos objetivos a longo prazo (ALDANA et al., 2011).

Percebe-se que a sustentabilidade é uma das principais causas para as empresas buscarem melhor utilização dos recursos nacionais, aumentar o potencial de aplicação de novas tecnologias em energia e aumentar sua capacidade de resposta (BERMÚDEZ; CHIVITA, 2014).

Sendo um país em desenvolvimento, qualidade e confiabilidade do fornecimento de energia são essenciais para alcançar a sustentabilidade de uma economia em fase de crescimento, o que pode ser alcançado rapidamente e de maneira sustentável se for implementado um bom plano de desenvolvimento de infraestrutura a longo prazo (COMISSÃO ECONÔMICA PARA A AMÉRICA LATINA E O CARIBE - CEPAL, 2010).

Uma das características mais importantes de uma rede distribuída é que ela tem a capacidade de suportar o fluxo bidirecional de energia, ou seja, integrando a capacidade de geração com a participação ativa das empresas, o que pode fornecer energia (BERMÚDEZ; CHIVITA, 2014).

Por essa razão, esse tipo de geração é importante para a segurança do fornecimento de energia. A integração das empresas faz com que partes do setor da eletricidade tenha em conta as informações fornecidas por eles, para desenvolver uma operação mais eficiente da rede de eletricidade.

As empresas são as partes mais importantes na cadeia de abastecimento, uma vez que constituem o elo final para atender uma fonte de energia segura e de boa qualidade. Também o *feedback* que pode surgir é crucial para melhorias em novas redes de energia convencional que pode ser aplicado no futuro.

Nessa área, a gestão da procura desempenha importante papel, como na Colômbia, que se limita a medir faturamento e cobrança, resultando em má-comunicação entre empresas e usuários. Mas o ponto positivo das corporações é que elas têm a capacidade de escolher os fornecedores de energia, quer por entidades governamentais ou não. A limitação é nas grandes distâncias entre empresas e a rede de interconexão, porque as perdas de energia aumentam e não pode ser garantida uma fonte de alimentação totalmente confiável. Além disso, o aumento da demanda depende cada vez mais da corrente elétrica e exige mais qualidade do abastecimento. Isso cria limitações do ponto de vista da oferta, porque torna a demanda um elemento participativo no ajuste necessário no balanço de geração e carga. Capacidade de resposta à procura é um dos critérios que impactam o aumento da eficiência no uso da eletricidade e também se concentra em encontrar mecanismos que integram a empresa e o usuário de modo que a demanda possa ser tomada como um recurso a mais e possa conseguir o necessário equilíbrio.

## **CAPÍTULO 4 CORPORAÇÕES GLOBAIS E A ESTRATÉGIA DE ENERGIA**

Corporações globais são aquelas que operam, produzem ou comercializam em um número suficiente de lugares em todo o mundo em escala global (JONES, 2005). Para Kanter e Dretler (1998), essa denominação caracteriza atividade integrada, envolvendo planejamento integrado em todos os aspectos de um negócio, de seus fornecedores, locais de produção, mercados e concorrência. Isso significa visar ao cumprimento das normas mundiais, mesmo enquanto se atua apenas em mercados locais.

Assim, uma corporação global é aquela que obtém vantagem competitiva a partir de uma estratégia coordenada que inclui todos os países em que opera. Isso contrasta com as multinacionais que operam em cada país com as estratégias definidas localmente e estruturas organizacionais independentes (DYMENT, 1987).

No caso dos mercados emergentes, as corporações globais tendem a se envolver na busca da verticalização, motivadas por três fatores: em primeiro lugar, como o custo

de capital é elevado nos países emergentes, normalmente, as empresas com fontes externas de financiamento terão mais capacidade de investimento (URIBE; YUE, 2006). Em segundo lugar, as empresas multinacionais com sede em outros países têm a chance de buscar fornecedores mais competitivos em outros mercados (RAMAMURTI; SINGH, 2009). E, por último, soluções de *insourcing* energia podem ser usadas para apoiar a operação ou acelerar os investimentos em áreas com infraestrutura deficiente, permitindo-lhes uma fonte de alimentação ininterrupta que garanta segurança de abastecimento, reduzindo a incerteza das ameaças externas.

De fato, as empresas globais enfrentam muitos riscos que afetam suas operações (CHOPRA; SODHI, 2004). Exemplos de riscos incluem efeitos das flutuações das taxas de câmbio, surgimento de novos mercados consumidores, restrições ou sanções ao comércio internacional, conflitos geográficos ou atividades terroristas, nacionalização ou privatização de algumas empresas, fluxo de capital livre, déficits financeiros do governo, requisitos de sustentabilidade, suprimentos e necessidades globais que determinam os preços dos produtos e serviços em todo o mundo.

Alguns desses riscos impactam diretamente a estratégia de cadeia de suprimentos das unidades de negócios para as empresas globais, aumentando a demanda sobre recursos energéticos. E expõem crescente número de países e atividades econômicas a ameaças potenciais à garantia de suprimento, agravado pela escassez e, eventualmente, esgotamento mundial de recursos de petróleo e gás. O acesso abundante e barato aos combustíveis vem se restringindo e a má-gestão de recursos não renováveis pode potencialmente aumentar a vulnerabilidade a trazer rupturas de abastecimento (TURTON; BARRETO, 2006).

Ao mesmo tempo, há aumento da consciência sobre o impacto dos fundamentos de gestão da cadeia de suprimento no meio ambiente (HALLDORSSÓN; SVANBERG,

2013). Como as cadeias de abastecimento tornam-se cada vez mais complexas, resultando em risco de aquisição e fornecimento para as cadeias globais, o desafio de negócios de hoje cresce no sentido de se criar cadeias de abastecimento mais resilientes (CHRISTOPHER; PECK, 2004).

Para compensar o aumento dos riscos enfrentados pela turbulência dos períodos recentes, as empresa atuais precisam elaborar programas para prevenção, atenuação e eliminação daqueles riscos. O grande desafio atual da gestão logística é estruturar uma cadeia com boa responsividade e flexibilidade, para responder a mudanças nas estratégias do negócio e impactos gerados por eventos externos, ao mesmo tempo em que se obtêm ganhos por meio das cadeias enxutas (MATTOS, 2011).

Vale ressaltar que as cadeias produtivas de hoje foram projetadas e implementadas em um contexto industrial em que a disponibilidade de energia não era de grande preocupação, quando o acesso a essa fonte de suprimento era abundante (HALLDORSSÓN; KOVÁCS, 2010). No entanto, nos últimos anos, a energia já não tem sido considerada um recurso barato nem de fácil aquisição. Além disso, com o advento do aquecimento global, existe muita pressão para que as empresas tornem-se mais eficientes, do ponto de vista energético, muito embora o impacto do consumo de energia no ambiente não seja ainda muito bem documentado (ISMA, 2012; SANDERSON, 1999).

Portanto, o cenário global é extremamente complexo e instável e, em consequência, deve ser analisado considerando-se alguns desses aspectos críticos mencionados que caracterizam o mercado competitivo.

A transição para a ampla utilização da geração distribuída exige condições que podem ser fundamentadas em conceitos de gestão de cadeia de suprimentos. Por exemplo, escassez de material, incerteza de preços e segurança de fontes de energia



estão entre os desafios mais imediatos que a sociedade enfrenta hoje (GIDDENS, 2009), para não mencionar o papel fundamental que a geração e distribuição de energia desempenham em uma economia moderna.

À medida que as corporações globais enfrentam cada vez mais desafios relacionados ao consumo e suprimento de energia, fontes de energia renováveis - como a solar, eólica, biomassa e maremotriz - começam a desempenhar papel fundamental na sua estratégia, uma vez que são abundantes, inesgotáveis e ambientalmente amigáveis.

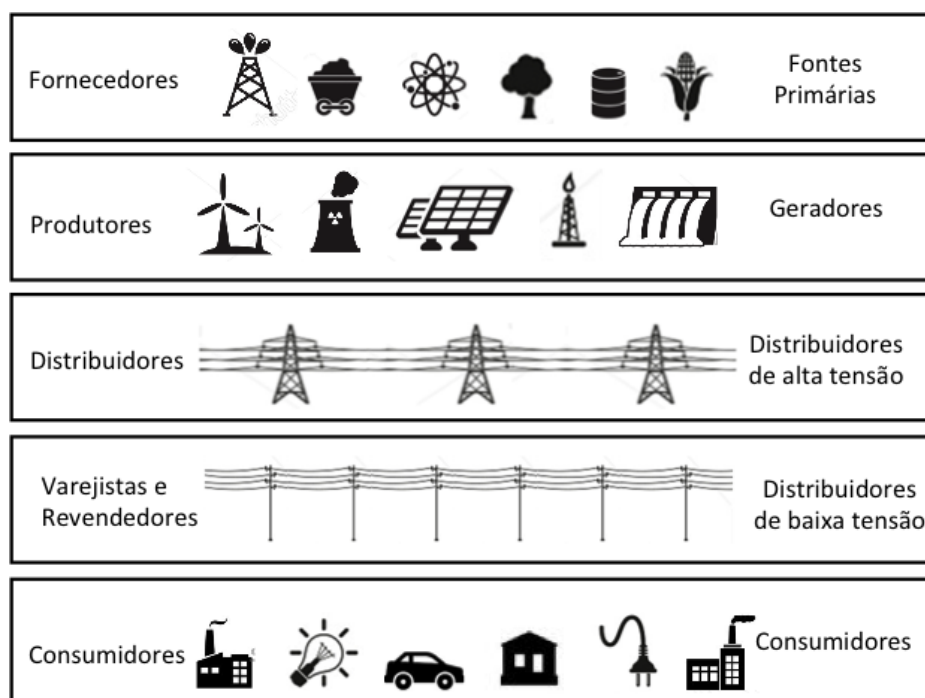
#### **4.1 Diretrizes das cadeias de suprimentos**

De acordo com Knemeyer, Zinn e Eroglu (2009), todos os estágios e elos da cadeia de suprimentos estão sujeitos a riscos e adversidades, sejam eles gerados por falhas internas ou alterações no ambiente de negócios. Sendo assim, o planejamento estratégico da cadeia deve se preocupar em analisar cada uma das ameaças a que seu processo está sujeito e buscar medidas preventivas ou mitigadoras.

As possíveis configurações da cadeia de suprimentos surgem pelos vínculos de conexões estabelecidos entre instalações de fornecedores, distribuidores, fábricas, armazéns e demais entidades que formam a rede. Como potencialmente existem milhares de configurações possíveis para redes de suprimentos, o desafio para o gerenciamento de riscos é identificar as configurações que estabelecem gargalos ou caminhos críticos para o negócio e aperfeiçoar o processo.

O conceito de cadeia de suprimentos englobando o setor de energia como um sistema de abastecimento, conforme apresentado na FIG. 1, oferece oportunidades para as empresas em relação aos custos, acessibilidade de recursos e movimentos estratégicos (HALLDORSSÓN; SVANBERG, 2013).

FIGURA 1 - Cadeia de suprimentos X cadeia energética



Fonte: desenvolvido pela autora.

Embora algumas cadeias tenham apenas operações locais, vários fatores externos podem afetá-las, ainda que ocorram além dos seus limites físicos. Em relação às alternativas de geração de energia, é necessário avaliar todos os aspectos da cadeia de suprimentos para construir uma estratégia sólida para as empresas em relação a esse suprimento.

Sobre os principais aspectos da gestão das cadeias de suprimentos que podem afetar esse planejamento estratégico do fornecimento de energia, listam-se as principais forças que devem ser consideradas.

a) Sustentabilidade: este aspecto está cada vez mais ganhando terreno com base nas políticas governamentais e privadas desde a década de 1990 (BOVAIRD, 2004).

Como o tipo e utilização dos recursos energéticos têm significativo impacto em todos os níveis (local, regional, global), as consequências ambientais dos padrões atuais de geração e uso de energia compõem uma fração significativa sobre o meio ambiente (HALLDORSSÓN; SVANBERG, 2013). Há aumento da consciência acerca dos princípios pelos quais as cadeias de suprimento são projetadas com base nos novos requisitos ambientais.

Entende-se como energia sustentável aquela produzida e utilizada de maneira a apoiar o desenvolvimento humano em todas as suas dimensões sociais e econômicas (GOLDEMBERG, 2000).

Como os recursos de energia são vitais para o processo industrial e sua utilização é também um dos principais contribuintes para as emissões de carbono (HALLDORSSÓN; SVANBERG, 2013), as preocupações em torno da sustentabilidade e o aumento da demanda por recursos naturais estão motivando as empresas a reverem seus modelos de negócios e reestruturarem suas operações de suprimento. Todavia, adventos tecnológicos vêm tornando possível o desenvolvimento de sistemas de geração de energia que geram menos emissões de gases e aproveitam cada vez mais recursos renováveis nessa produção.

O aproveitamento dos ventos, da luz do sol e de dejetos, usinas hidrelétricas, geotérmicas (que utilizam o calor da crosta terrestre) e ondomotrizes (funcionam com a força das marés) constituem iniciativas para geração de energia por meio de processos limpos e menos agressivos ao meio ambiente.

Segundo a IEA (2016), investir nessas inovações é a chave para a redução das emissões nocivas de gases-estufa e limitação da temperatura.

O conceito de sustentabilidade explora ainda a relação entre o desenvolvimento econômico, a qualidade ambiental e a equidade social (ROGER; JALAL; BOYD, 2008)

e esse tipo de desenvolvimento se fundamenta sempre nesse tripé (ELKINGTON, 2004).

De acordo com os princípios de sustentabilidade, o processo de planejamento deve incluir decisões que gerem benefícios ao meio ambiente e tragam vantagens competitivas ao negócio. Com isso, algumas empresas pioneiras já assumiram compromissos individuais e coletivos na gestão de resíduos, no consumo de energia e na redução da pegada de carbono das suas cadeias produtivas (HALLDORSSÓN; KOVÁCS, 2010). Com melhorias na infraestrutura, os países em desenvolvimento cada vez serão mais responsáveis por maior parcela da produção global (ISMA, 2012).

Sendo assim, a possibilidade de integrar resíduos de processos industriais e a geração de energia, por exemplo, em pequena ou grande escala, torna-se um grande atrativo do sistema de energia distribuída, pois oferece oportunidades reais para melhorar a eficiência dos recursos (MIRATA; NILSSON; KUISMA, 2005).

Nesse novo ambiente, a eficiência energética e a geração distribuída podem fazer contribuições significativas para uma economia de energia sustentável. No curto prazo, novos equipamentos domésticos, tecnologias de construção, requisitos de desempenho das plantas industriais e legislação que regulamente os processos de emissões serão fundamentais.

Continuando essas melhorias, a longo prazo é provável que se assista à adoção de tecnologias renováveis em pequena escala incorporados já nas construções. Há muitas opções de tecnologia para melhorar o desempenho energético de toda a rede, mas ainda não está claro qual será o mais econômico. Portanto, para garantir flexibilidade e otimização dos custos, é necessário embasar a aplicação de tais tecnologias por meio da legislação (CLARKE *et al.*, 2008).

b) Escassez de recursos: eletricidade é uma fonte de energia que é produzida

utilizando diferentes tecnologias transformadoras cujo uso depende da disponibilidade dos recursos naturais e na medida em que estes são renováveis (HALLDORSSÓN; KOVÁCS, 2010). No cenário global, a escassez de recursos refere-se tanto à garantia de um fornecimento de matérias-primas e ao acesso a tecnologias novas ou existentes (HALLDORSSÓN; SAVANBERG, 2013), observando as restrições legais e ambientais.

Ao longo dos anos, as tendências de mercado, questões sobre recursos naturais, a crescente pressão sobre o abastecimento de combustíveis fósseis e o desmantelamento de grandes capacidades centralizadas associados à crescente demanda resultarão em preços mais elevados e possibilidade de restrição de disponibilidade (HALLDORSSÓN; SVANBERG, 2013). O desvio dos resíduos dos aterros para a geração de energia passa a ser encorajado pela escalada de tarifas fiscais e pelo uso prolongado de licenças negociáveis para emissões de carbono.

Ao vincular tais compromissos aos valores da marca, as empresas podem trazer a responsabilidade corporativa em marketing de massa. Como resultado, para essas empresas, as estratégias eficazes e transparentes sobre o uso de recursos e gestão de energia tornaram-se ferramentas essenciais para a diferenciação da marca e para informar os consumidores sobre o impacto ambiental dos produtos (NAGURNEY; YU, 2012).

A acessibilidade, o uso, a dependência, o risco e a intensidade de fornecimento devem ser considerados em processos e decisões sobre a origem do suprimento, a concepção da cadeia produtiva e a estratégia de gestão *make-or-buy* (CHOPRA; SODHI, 2004). Melhorar a eficiência dos recursos pode render benefícios para as empresas por meio de preço, qualidade, inovação e qualidade de suprimento (BOZARTH; HANDFIELD; DAS, 1998).

A contribuição das diferentes fontes de energia renováveis para o fornecimento total de energia permanece ilimitada. A fim de aumentar a participação de fontes renováveis na oferta total de energia, muitos governos têm procurado incentivar o desenvolvimento e adoção de tecnologias de energia renovável. Enquanto se espera que novas exigências legais estimulem a inovação em energias renováveis, a eficácia relativa da geração distribuída é um contexto interessante para se avaliar o efeito de diferentes tipos de medidas de política sobre inovação tecnológica (JOHNSTONE; HAŠČIČ; POPP, 2010).

c) Preço das *commodities*: *commodities* de energia podem assumir várias formas. Podem ser materiais primários, tal como carvão ou produtos secundários, como eletricidade. A transformação de energia primária para produtos secundários pode dar origem a desafios para as empresas geradoras, fazendo com que os processos de transformação precisem ser cuidadosamente compreendidos e avaliados, a fim de garantir a viabilidade da produção (DE MARTINO JANNUZZI; DE MELO, 2013).

Flutuações de preços a curto prazo, variações no custo e no modelo de tarifação, mudanças sobre impostos e regulamentações, incerteza econômica e demanda crescente também são fatores críticos na tomada de decisão na escolha por determinadas soluções de energia distribuída (LEE; BILLINGTON, 1992).

A incerteza sobre o preço de matérias-primas é um elemento importante da fisionomia global, com reflexos sobre a economia de países desenvolvidos e em desenvolvimento: em uma aproximação grosseira, pode-se afirmar que neste segundo grupo inclui-se a maioria dos países produtores de *commodities*. Todas as partes estão envolvidas nas atividades de negociação, enquanto os mercados se encarregam de gerar riscos e estabelecer novas regras para contratos.

Mais de 50 países em desenvolvimento dependem de três ou menos produtos para mais de metade das suas exportações e, de fato, muitos dependem de uma única *commoditie* para grande parte das receitas de exportação. Essa inevitável dependência expõe os países ao risco de instabilidade das receitas de exportação, como resultado de choques de preços e, talvez ainda mais importante, o poder de compra das exportações no longo prazo, devido à queda dos preços reais (GRYNBERG; NEWTON, 2007).

Os preços do petróleo, por exemplo, podem levar as indústrias a buscarem fontes alternativas de fornecimento de energia (MOLLENKOPF *et al.*, 2010), afetando, assim, toda a cadeia de abastecimento. Os custos de energia têm efeito direto sobre as despesas operacionais. Além disso, a flutuação do preço do petróleo e de outras *commodities* tem efeito negativo sobre a economia mundial e, conseqüentemente, sobre as cadeias que ligam as economias nacionais e regionais (GATTORNA, 2009).

Isso se torna ainda mais crítico quando a escolha de uma tecnologia específica de energia pode restringir as empresas à opção de um combustível específico. Portanto, uma mudança no comportamento do consumidor pode forçar cadeias de fornecimento a reposicionarem-se e a reverem a sua estratégia de suprimentos.

Considerando a eletricidade como uma *commoditie*, o fornecimento de matérias-primas, a industrialização, o crescimento econômico e populacional são as forças motrizes da crescente demanda por energia, especialmente entre as economias em desenvolvimento (ISMA, 2012). Como a energia é uma indústria de capital intensivo, caracterizada por instalações com capacidade de oferta fixa, atender à demanda extra por energia não é simples e, como consequência, as flutuações de preços geralmente não são suaves.

d) Inovação tecnológica: os recursos necessários para geração distribuída de

energia incluem várias tecnologias, tais como motores diesel, microturbinas, células de combustível, energia fotovoltaica, pequenas turbinas eólicas, etc. Devido ao desenvolvimento de tecnologia e proteção ao meio ambiente, alguns desses recursos, como motores de combustão interna, gás turbinas, microturbinas, fotovoltaica, células de combustível e energia eólica, têm tido presença mais marcante no sistema de distribuição (JIAYI; CHUANWEN; RONG, 2008), o que de fato aumenta o número de fontes de segurança ou para geração de emergência, reduzindo os custos com consumo de pico (ISMA, 2012) .

Fatores tecnológicos e institucionais são consistentes com as limitações de escala mencionadas, todavia, a redução do tamanho eficiente mínimo das plantas modernas de geração de energia elétrica, assim como do tempo para construí-las, aumentou a competitividade das fontes de geração distribuída (MACHADO, 2014). O custo das renováveis (como a energia eólica e a solar) vem caindo significativamente ao longo das últimas décadas, já sendo competitivas em muitos países frente aos combustíveis fósseis. Projeta-se que, em 10 anos, a energia solar seja a fonte mais barata em qualquer lugar do mundo (EPE, 2013).

Novas ferramentas de tecnologia, como filtros de emissão de gases, também podem ser implementadas para darem suporte a novos requisitos legais (PRADO, 2006). Nesses casos, a capacidade de equilibrar a oferta de matéria-prima local com a demanda dos requisitos legais também é essencial e precisa ser claramente reconhecida na estratégia de empresa (KOCH, 2000).

e) Opções de suprimento: as empresas tendem a terceirizar algumas atividades a fim de obterem competências essenciais, com custos mínimos, na maioria dos casos



contratando serviços que não fazem parte do seu *core business*<sup>5</sup> e, conseqüentemente, concentrando seus esforços e recursos em suas atividades vitais (MANTEL; TATIKONDA; LIAO, 2006).

Ao longo dos anos, a literatura sobre fundamentos *make-or-buy*<sup>6</sup>, a partir de uma perspectiva fundamentalmente econômica, evoluiu de modelos de redução de custos para modelos que levem em conta a perspectiva de capital intelectual e implicações de competências distintas, até chegar a propostas ainda mais avançadas considerando riscos de fornecimento (CÁNEZ; PLATTS; PROBERT, 2000). Quando uma empresa olha para a integração da produção, normalmente tem a intenção de minimizar os custos, considerando o contexto limitado de seus fornecedores, a dinâmica de incertezas do mercado e as especificidades de um ativo proveniente da relação fornecedor-empresa ou empresa-cliente (HOLCOMB; HITT, 2007).

Agentes globais tendem a olhar para os produtos que o ajudarão a equilibrar os custos de capital iniciais elevados associados a novas tecnologias com custos operacionais mais baixos, compensando-os ao longo da vida desses empreendimentos (GATTORNA, 2009). A justificativa para investimento em muitas formas de infraestrutura de energia distribuída baseia-se nos benefícios de desempenho ambiental e análise de custos e investimentos ao longo da vida do empreendimento (DONDI *et al.*, 2002).

Tudo isso indica mudanças radicais na forma como as empresas planejam e desenham suas cadeias de suprimentos, aplicando conceitos tradicionais de gestão de operações para fundamentar sua própria geração de energia. A questão-chave é como

---

<sup>5</sup> *Core business* significa a parte central de um negócio ou de uma área de negócios e que é geralmente definido em função da estratégia dessa empresa para o mercado.

<sup>6</sup> *Make-or-buy* é a avaliação a respeito de se fazer ou comprar um produto ou serviço por intermédio de um fornecedor.

essas forças mencionadas afetam as decisões *make-or-buy* acerca da estratégia de fornecimento de energia.

#### **4.2 Interesses comerciais sobre geração distribuída**

Informações sobre consumo e geração de energia são utilizados para a elaboração de políticas, investimentos de negócio e planejamento, enquanto saldos de energia fornecem uma visão global da situação energética em um país, desde a produção de energia primária até a transformação para consumo final (DE MARTINO JANNUZZI; DE MELO, 2013). O formato de equilíbrio fornece uma simples apresentação das interações entre produtos energéticos e dos fluxos, mas também auxilia na segurança e qualidade da energia produzida, fornecendo informações cruciais para desenvolver indicadores importantes para economia, legislação e planejamento estratégico.

Considerando a recente desregulamentação de alguns mercados de energia, as tradicionais cadeias de suprimentos vêm se reestruturando, permitindo que novos fornecedores se conectem ao *grid*, buscando mais eficiência, flexibilidade e ganhos sustentáveis (SANDERSON, 1999). Mais adiante, empresas vêm evoluindo de uma atuação local, ou multinacional, para mercados globais, modificando também seus modelos gerenciais para refletirem uma dramática mudança na definição de suas estratégias de negócios. Se as antigas formas de controle permanecerem inalteradas, o foco das ações gerenciais pode ser perdido, assim como as vantagens da globalização alcançada (DYMENT, 1987).

Em primeiro lugar, vamos considerar os fatores legais, os quais são parte indispensável para o sucesso de um negócio em qualquer país, uma vez que refletem a

política local e a mentalidade da estrutura governamental. Toda empresa deve considerar o ambiente legal enquanto traça seus objetivos e metas.

O processo de transformação governamental e de operações no setor de geração de energia leva a interações entre os crescentes mercados integradores e as agências públicas responsáveis pelas políticas vigentes, regulamentações e controle dos requisitos obrigatórios. O conjunto de normas legais, consumidores, planejadores e tomadores de decisão bem informados, operadores motivados e um sistema de tributação adequado para a energia são fundamentais para o sucesso da implementação de melhorias de eficiência energética (GOLDEMBERG, 2000).

Nesse âmbito, a busca por eficiência baseia-se em estratégias globais e na função prospectiva do Estado relacionadas a objetivos de sustentabilidade, proteção do meio ambiente, atribuição justa dos encargos, valorização dos recursos naturais, tributação pública, políticas de subsídios e integração progressiva das multinacionais (HAMMONS; BARROSO; RUDNICK, 2011).

Com isso, a legislação local desempenha importante papel, incentivando os responsáveis por iniciativas de geração distribuída e os desenvolvedores de tecnologia e promovendo soluções integradas em torno de novas fontes e utilização dos recursos (MOLLENKOPF *et al.*, 2010). Apesar desses benefícios, a captação de negócios de energia distribuída enfrenta alguns obstáculos: para equilibrar a oferta com a demanda, essas empresas precisam refletir sobre grandes custos de capital de investimento, aprimorar o controle do fluxo de caixa e lidar com a complexidade tecnológica (ISMA, 2012).

Dessa forma, o governo pode estimular certos investimentos a partir de políticas de incentivo, agindo por meio de políticas públicas que outorgam subsídios para diminuir o custo dos equipamentos e, sobretudo, iniciativas que dão um tratamento

especial à energia a partir de tarifas especiais e diferenciadas (RODRÍGUEZ, 2002).

Na economia globalizada, a meta das corporações multinacionais é encontrar mais eficiência no movimento de bens e serviços para o consumidor corporativo ou individual. A busca por novas fontes e a aquisição de cada vez mais vantagens competitivas têm sido desafios constantes no atual mundo extremamente competitivo, seja na área de marketing, finanças, operações e logística. Para as cadeias de suprimentos, vantagens competitivas podem ser obtidas do desenvolvimento de práticas e procedimentos logísticos que otimizem o processamento de pedidos, o nível de serviço ao cliente, o transporte, o controle do inventário e a agregação de valor, entre outros (MATTOS, 2011).

Alguns geradores de energia distribuída argumentam que para construir sua infraestrutura em escala são necessárias ações gerenciais para acelerar a renovação do capital ao longo do tempo (DONDI *et al.*, 2002). Esse argumento baseia-se no fato de os investimentos necessários em infraestrutura para geração distribuída, considerando os modelos de negócios em geral, apresentarem baixas taxas de retorno de capital sobre os investimentos iniciais. Com isso, dificuldades em atrair capital para investimentos em energia podem impedir o desenvolvimento econômico, especialmente nos países menos desenvolvidos.

Em segundo lugar, pode-se considerar, então, o aspecto econômico como uma importante diretriz que leva as empresas a se interessarem pela geração distribuída de energia de forma totalmente conectada a questões legais. De maneira geral, potenciais consumidores corporativos podem também expressar preocupações com valores financeiros a longo prazo.

O investimento global em energia e combustíveis renováveis (excluindo os grandes projetos hidrelétricos) foi de US \$ 270,2 bilhões em 2014, quase 17% superior

ao ano anterior. Esse foi o primeiro aumento em três anos e refletiu várias influências, incluindo o crescimento de instalações solares na China e no Japão, totalizando US \$ 74,9 bilhões entre esses dois países e um recorde de US\$ 18,6 bilhões de investimento em projetos de energia eólica *offshore* na Europa (McCRONE *et al.*, 2012).

Por outro lado, a geração de energia, mais do que qualquer outra alternativa, é frequentemente vista como mais facilmente capaz de gerar receitas iniciais (GOLDEMBERG, 2000). Além disso, os avanços tecnológicos mais recentes permitiram que pequenas plantas de geração de energia se tornassem economicamente viáveis frente à sua alta eficiência (DONDI *et al.* 2002).

Em larga escala, empresas cujo negócio exige uso intensivo de energia têm sistemas de gestão energética que incorporam os riscos associados aos custos de combustível e fornecimento de longo prazo. Para outras empresas, cujas operações podem ser caracterizadas como sendo menos intensiva em relação ao consumo energético, a exposição ao risco e a segurança de fornecimento também podem se tornar uma questão de negócios. A descentralização de energia também é percebida como alto risco, potencialmente impondo mais custo global como resultado de possíveis rupturas no fornecimento (ISMA, 2012). Além disso, há incerteza se estoque de matérias-primas apropriadas (por exemplo, biomassa ou resíduos combustíveis derivados) estará disponível durante toda a vida das plantas geradora de energia (HALLDORSSÓN; KOVÁCS, 2010).

O valor de venda do excedente gerado também afeta decisões sobre geração, especialmente para as plantas menores, que lutam para justificar os investimentos de instalação sem que haja a possibilidade de venda dos quilowatts adicionais para o *grid* a preços razoáveis (MIRATA; NILSSON; KUISMA, 2005). Para tornar as iniciativas de geração distribuída mais atrativas, a adoção de um sistema que garanta a compra dos

excedentes gerados é um incentivo relevante (DONDI *et al.*, 2002).

Assim, a decisão sobre gerar a própria energia muitas vezes recai sobre os incentivos econômicos relacionados ao ajuste entre as escolhas de governança das empresas e os atributos econômicos específicos. A ausência de um enquadramento claro do mercado para conectar os componentes da cadeia de valor de energia distribuída impõe altos níveis de incerteza para as empresas, além de aspectos jurídicos e econômicos que os levam a considerar outras opções estratégicas.

As corporações globais precisam de um sistema que meça e recompense o desempenho com base no atingimento dos objetivos estratégicos além das fronteiras de operação, incluindo os ganhos que vêm de seleção inteligente de onde no mundo cada componente de valor agregado deve estar localizado (DYMENT, 1987). Assim, entende-se que, além dos aspectos legais e ambientais, fatores estratégicos também contribuem para a tomada de decisão das empresas no que se refere a iniciativas de *insource* de geração de energia.

Por se tratar de um aspecto mais elaborado, com influência de várias teorias existentes, o fator estratégico será descrito em detalhes na seção seguinte.

### **4.3 Gestão estratégica da cadeia**

Tradicionalmente, as teorias econômicas sempre enxergaram as empresas como agente maximizador de lucro, livre de outros interesses além da obtenção do maior excedente possível. Embora esse conceito de firma simplificasse o trabalho dos gestores, eles logo se revelaram incapazes de lidar satisfatoriamente com a complexidade dos sistemas atuais.

Buscando alto grau de realismo na descrição dos fenômenos que

acompanhassem o comportamento das empresas, começou a ser construída a teoria de custos transacionais, introduzindo novos conceitos. A teoria econômica de custos de transação busca compreender por que as firmas optam pela própria produção de bens e serviços frente às opções de terceirização.

A teoria dos custos de transação (TCT) considera as transações realizadas entre os agentes econômicos como unidade básica de análise e tem como foco a contratação de serviços e produtos, envolvendo diversos tipos de custos, incorridos quando uma empresa necessita definir, gerenciar e controlar suas transações com outras partes (McIVOR, 2009). Esse custo é influenciado por atributos ambientais – que envolvem a especificidade dos ativos, a incerteza e a frequência com que as transações ocorrem – e por fatores comportamentais relacionados à racionalidade limitada e ao comportamento oportunista dos agentes econômicos envolvidos (WILLIAMSON, 1989).

Williamson (1998) relata que os custos de operação são compostos também pelos valores associados às transações envolvidas e visam obter eficiência na gestão dessas. As transações e os custos em se recorrer ao mercado devem então ser considerados na forma de organização das empresas produtoras de bens ou serviços, orientando a decisão estratégica de *make-or-buy*.

A teoria econômica de custos de transação proposta por Williamson (2008) sugere que quanto mais altos os custos de transação incorridos, mais as empresas tentarão minimizá-los por meio da integração vertical. Esses custos incluem a busca por informação sobre o fornecedor, os custos de não conhecê-las perfeitamente, os custos de cotação, de elaboração de contratos, os eventuais custos judiciais de fazer valer os contratos, entre outros.

Tais custos de transação incidem porque os mercados são imperfeitos em relação aos processos de troca de informações, disponibilidade de dados, análises e

imparcialidade. Segundo Coase (1937), se os custos de transação fossem nulos, a análise das escolhas organizacionais e contratuais não teria sequer necessidade de existir, pois em tal cenário a alocação dos direitos de propriedade se faria automaticamente de maneira ótima pelo jogo das trocas de mercado, quaisquer que fossem as distribuições iniciais desses direitos.

O mesmo autor classifica os custos de transação em três principais categorias:

- a) Custos de busca e de informação: custos incorridos para verificar se o produto já existe em determinado mercado, para verificar qual o menor preço oferecido no mercado ou para verificar a utilidade e a funcionalidade do produto.
- b) Custos de barganha: os custos de se estabelecer, com o comprador, um acordo que seja o mais justo possível.
- c) Custos de policiamento: os custos incorridos ao garantir que o comprador cumpra o acordo da transação e de tomar as providências adequadas caso haja uma ruptura do acordo por parte deste.

Os custos das transações são influenciados, também, por fatores externos ou pelos atributos da transação, como a incerteza sobre as relações de troca; a frequência dessas relações; e os altos investimentos em ativos específicos

Sempre que ocorrem falhas na execução da transação, ou seja, quando esta não é processada como o planejamento, ocorrem custos adicionais que oneram ainda mais a operação. Exemplos de falha podem ser problema no padrão de qualidade de um produto ou serviço, o tempo de entrega ou a existência de produtos defeituosos. Tais falhas contribuem para o aumento dos custos de transação e oneram a relação entre empresas.



Dessa forma, a opção pela própria realização do serviço em questão ganha força fundamentada também nos seguintes fatores: desejo de expandir o foco de atuação, necessidade de controle direto sobre a produção, preocupação com controle de qualidade e a propriedade intelectual, volume considerado pequeno de produção para atrair fornecedores, inexistência ou falta de fornecedores aptos ao suprimento.

Por outro lado, também existem razões frequentes para as empresas optarem por terceirizar a produção, como a falta de domínio técnico e a existência de parcerias estratégicas.

Conforme Williamson (2008), quando se trata da análise de custos de transação para cadeias de suprimentos, os custos totais são influenciados por pelo menos quatro fatores: o número de fornecedores potenciais, a especificidade de ativos dedicados à transação, o nível geral de incerteza em torno da transação e a frequência com a qual as transações ocorrem.

Se existirem poucos fornecedores potencialmente capazes de suprir a demanda por determinado produto ou serviço, a tendência a haver comportamento oportunista do fornecedor é maior.

Recursos e insumos extremamente específicos a uma transação a tornam altamente especializada e restringem a possibilidade de atuação por outros agentes em um determinado setor, elevando com isso os custos de transação dessa operação.

O grau de incerteza geral envolvido nas transações também contribui para o aumento de custos. Se existe volatilidade de demanda ou riscos de abastecimento, a operação passa a ser entendida como elevado grau de incerteza tanto para fornecedores como para consumidores e, portanto, mais cara.

O quarto fator de relevância descrito por Williamson (2008) na análise de custos de transação envolvendo cadeias de suprimento refere-se à frequência de

relacionamento com o fornecedor. Quanto maior for essa relação de troca, mais custos de transação ocorrerão em relação àquele suprimento.

Assim, quanto menor o número de fornecedores disponíveis, quanto mais elevados os níveis de especificidade do ativo, das incertezas e da frequência envolvidos na transação, mais altos seus custos. Logo, cenários com tais características elevam os custos de transação e favorecem a decisão de produção própria pelas empresas.

Assim, o terceiro atributo aqui considerado, o estratégico, concentra-se nesse tipo de motivação e lida com decisões baseadas em planejamento de longo prazo, que transcendem previsões tradicionais (POPPO, 1995).

Enquanto as teorias econômicas clássicas enxergam o proprietário dos bens de produção como o único agente interessado no negócio e, portanto, a única parte que realmente importa para a empresa, na hora de tomar as decisões a teoria dos *stakeholders* proposta por Freeman (1984) vai além e afirma que existem muitos outros componentes da sociedade que devem ser levadas em consideração na tomada de decisão da empresa.

Para esse autor, organismos governamentais, grupos políticos, organizações não governamentais, associações de empresas, sindicatos de trabalhadores, associações de consumidores, potenciais empregados, potenciais clientes, comunidades e a sociedade como um todo, além das empresas competidoras, devem ser consideradas como nas tomadas de decisão. Dessa forma, a teoria do *stakeholder* propõe uma estratégia alinhando a visão econômica dos recursos à visão de mercado ao mesmo tempo em que incorpora uma visão sociológica e política da sociedade do sistema maior em que a empresa está situada.

Assim, Freeman (2010) procura descrever quais são os agentes que estão servindo de *stakeholders* de uma empresa ou organização e propõe métodos a partir dos

quais os gestores considerem os interesses dessas pessoas e instituições.

Ainda que toda empresa exista com o objetivo principal de colocar as necessidades dos proprietários em primeiro lugar, gerando receita e lucro a partir do valor investido por eles no negócio (terrenos, instalações, equipamentos, processos tecnológicos, matéria-prima e trabalho), devem-se criar produtos (bens ou serviços) que possam ser vendidos no mercado para seus clientes de maneira tal que outros agentes também sejam incorporados ao longo das tomadas de decisão. Se na teoria neoclássica os *stakeholders* são de quatro tipos: os investidores (os proprietários), os fornecedores (de terra, de instalações, de equipamentos, de matéria-prima, de tecnologia, etc.), os trabalhadores e os consumidores, a teoria dos *stakeholders* defende que a empresa deve pautar-se também pelo interesse de indivíduos e grupos que afetam ou podem ser afetados pela atividade da empresa e que legitimamente procuram influenciar os processos de decisão.

Dessa forma, a empresa torna-se responsável perante a comunidade em geral na medida em que se torna eticamente responsável, ou seja, não se limita ao mero cumprimento dos normativos legais, mas também se comporta de acordo com o que os vários *stakeholders* esperam dela. Essa nova visão de operação ganha força com a lógica ecologicamente dominante proposta por Montabon, Pagell e Wu (2016), cujos interesses sociais e ambientais sobrepõem-se aos interesses econômicos, aumentando a qualidade de vida e preservando os recursos naturais. Montabon, Pagell e Wu (2016) entendem que os lucros de uma empresa constituem-se de meios para os membros de uma cadeia de suprimentos, mas não o único meio de proteger ou melhorar a sociedade, e os ganhos econômicos que prejudicam a sociedade não são ganhos econômicos sustentáveis. Propõem, então, que sejam satisfeitos em primeiro lugar os interesses ambientais, em seguida os sociais e, a longo prazo, os objetivos econômicos.

As alternativas de geração distribuída e de fontes de energia renovável oferecem uma gama de opções para atenderem à crescente demanda por energia, especialmente nos países em desenvolvimento, num contexto que leva também em consideração as questões sociais e ambientais (PEREIRA *et al.*, 2012). De maneira resumida, pode-se dizer que a escolha pela autogeração deve considerar economias de longo prazo e a aceitação local da comunidade (HALLDORSSÓN; KOVÁCS, 2010).

Considera-se neste trabalho que os aspectos estratégicos incluem a melhoria de imagem social e ambiental proveniente de iniciativas de sustentabilidade, a redução da vulnerabilidade em caso de escassez de recursos, os investimentos para atender à crescente demanda e proteger-se de possíveis altas nos preços e aumento de resiliência a partir de decisões de inovação ou tecnológicas baseadas em aumento da confiabilidade.

O atendimento às necessidades energéticas com base no uso de tecnologias modernas tem o potencial de melhorar os padrões de vida e de saúde e criar novos postos de trabalho e oportunidades de negócios (GOLDEMBERG, 2000).

## **CAPÍTULO 5 DESENVOLVIMENTO DO QUADRO DE ANÁLISES**

Neste capítulo é feita a descrição detalhada do processo de elaboração do quadro de análise que considerou os aspectos abordados na revisão bibliográfica, ponderando as diretrizes de gestão das cadeias de suprimentos e os interesses comerciais das corporações globais em iniciativas de geração distribuídas.

Conforme Halldorsson e Kovács (2010), a revisão das publicações voltadas para a gestão da cadeia de suprimentos revela que o suprimento energético ainda não foi conceituado num quadro mais abrangente no âmbito da logística empresarial. Considerando-se um panorama de incerteza - com fluxo livre de capital, nacionalização e privatizações -, preços, demanda e fatores financeiros devem ser avaliados em relação a aspectos jurídicos e econômicos (por exemplo, a flexibilidade, a manutenção de estoques, contratos de longo prazo, as restrições legais, parcerias e opções de fornecimento), a fim de apoiar as estratégias das cadeias globais (LEE; BILLINGTON, 1992).

Para limitar a complexidade da pesquisa, determinar condições de contorno, manter o foco de investigação e, como consequência, melhorar a viabilidade do trabalho, desenvolveu-se o presente quadro de análise em conformidade com as orientações de Miles, Huberman e Saldana (2013).

Os aspectos para essa estrutura foram organizados em cinco áreas, de acordo com as forças motrizes da cadeia de suprimentos que contribuem para a estratégia de empresas globais, com foco no fornecimento de energia: sustentabilidade, escassez de recursos, preço das *commodities*, melhorias tecnológicas e opções de fornecimento. Essas análises foram feitas levando-se em conta os pilares legais, econômicos e estratégicos de cada pilar, que têm impactos tanto na procura quanto na oferta de eletricidade (SANDERSON, 1999), além dos fundamentos de gestão das cadeias de suprimentos na formação da concepção e na realização de tais operações (HALLDORSSÓN; SVANBERG 2013).

Essas três dimensões - legal, econômica e estratégica - foram selecionadas como diretrizes que motivam o interesse comercial em iniciativas de energia distribuída, em termos de seus enfoques e dimensões globais (BALAKRISIAN, 1994).

Para entender por que as corporações globais estão revendo seu suprimento de energia, é preciso alinhar os pilares mencionados com as configurações da cadeia de suprimentos e as principais dimensões que impulsionam o interesse comercial em energia distribuída. A combinação dos aspectos apresentados no capítulo da revisão bibliográfica gera novas perspectivas, utilizadas para investigar a motivação das empresas e interesse pela geração distribuída de energia.

Cada uma das 15 perspectivas propostas é o resultado da análise cruzada entre os pilares que orientam a configuração das cadeias de suprimentos globais e as dimensões-chave do interesse corporativo sob a geração distribuída de energia.

#### a) Legal X sustentabilidade

Aspectos legais sobre energia podem contribuir de forma significativa com procedimentos sustentáveis, introduzindo novos requisitos de aplicações, técnicas construtivas, tecnologias e requisitos de desempenho e *performance* industrial (CLARKE *et al.*, 2008), à medida que essas regulamentações visam ao cumprimento de objetivos públicos ambientais (JOHNSTONE; HAŠČIČ; POPP, 2010). Além disso, aspectos legais podem instituir **novos requisitos obrigatórios** para apoiar melhorias de sustentabilidade, impondo limitações de uso de recursos ou garantias de implementação tecnológica.

Como o setor energético é altamente dependente de incentivos fiscais, aspectos legais podem contribuir para a sustentabilidade, proteção ambiental e equabilidade social.

Além disso, os requisitos legais podem variar de acordo com a legislação e regulação local, influenciando os mercados especialmente depois de alguns da desregulamentação do setor energético que ocorreu em alguns países (MOLLENKOPF *et al.*, 2010).

Assim, esses novos requisitos podem também incentivar a competitividade na geração e comercialização da energia elétrica (HAMMONS; BARROSO; RUDNICK, 2011; ISMA, 2012; SANDERSON, 1999).

#### b) Legal X escassez de recursos

A forte pressão sobre o fornecimento e consumo de combustíveis fósseis associada à elevação da demanda pode resultar na alta de preços e na possibilidade de disponibilidade limitada tanto de energia quanto de recursos de geração (GIDDENS, 2009; HALLDÓRSON; SVANBERG, 2013; JOHNSTONE; HAŠČIČ; POPP, 2010). Tendo-se que a energia renovável é um recurso abundante, inesgotável e ambientalmente amigável, legislações específicas para o setor energético podem impor **restrições ao uso de recursos** de matérias-primas e processos produtivos como forma de combater a escassez de materiais e encorajar iniciativas de geração distribuída.

c) Legal x preço das *commodities*

A regulamentação de alguns mercados energéticos estabeleceu novas **taxas e tarifas de negociação**, afetando os preços locais de energia (MOLLENKOPF *et al.*, 2010). Dessa forma, o preço das *commodities* pode levar a alternativas de suprimento com base tanto nos insumos do processo produtivo quanto nos valores de compra e venda de energia (MIRATA; NILSSON; KUISMA, 2005).

Isso significa que tarifas públicas e políticas de subsídio para outras *commodities* (como, por exemplo, impostos sobre petróleo e regras tarifárias de importação) podem levar as indústrias a buscarem fontes alternativas para seu suprimento de energia.

d) Legal x inovação tecnológica

Novas tecnologias podem contribuir de forma significativa para a *performance* de alguns processos, garantindo eficiência energética e contribuindo para políticas



sustentáveis. Alguns requisitos legais exigem aplicações mais produtivas, com limites de emissões de carbono e outras restrições industriais, na busca por usos mais eficientes de geração de energia (CLARKE *et al.*, 2008; PRADO, 2006). Órgãos do governo podem, assim, estabelecer **novos requisitos legais** como forma de estimular o desenvolvimento e a adoção de tecnologias de energia renovável, para aumentar a disponibilidade desse tipo de recursos e também aumentar a participação desse modelo de geração na matriz energética do país. Diferentes esforços de legislação podem servir de incentivos à redução de custos e aceleração do uso de novas tecnologias de mercado.

e) Legal x opções de suprimento

**Recentes mudanças na regulamentação de alguns mercados** energéticos trouxeram novas opções de fornecimento/suprimento para as empresas, permitindo a conexão de novas fontes geradoras a se conectarem diretamente no *grid* (SANDERSON, 1999). Essas políticas regulamentadoras afetam os custos de produção, as margens de negócios e a atratividade dos processos de autogeração, acelerando sua participação no mercado ao fomentar que algumas empresas passem a gerar seu próprio suprimento de energia (HAMMONS; BARROSO; RUDNICK, 2011; JOHNSTONE; HAŠČIČ; POPP, 2010).

Para empresas globais que estão revisando sua estratégia energética, esse aspecto proporciona ainda mais alternativas de fornecedores e opções de autogeração.

f) Economia x sustentabilidade

Empresas globalizadas que optam pela autogeração de energia tomam essa decisão baseadas no uso eficiente dos resíduos de processos industriais e estão visando a aspectos econômicos da sustentabilidade (MOLLENKOPF *et al.*, 2010). Acordos pela redução das emissões de carbono e do aproveitamento de resíduos, quando não são mandatórios, apresentam certas vantagens competitivas aos participantes, como redução de impostos, descontos de tributação, quotas de produção e créditos fiscais (HALLDÓRSON; KOVÁCS, 2010). O **uso eficiente de resíduos** processuais pode garantir ganhos de *performance* ambiental e processos mais econômicos a partir do aproveitamento de rejeitos para geração de energia (SANDERSON, 1999).

g) Economia x escassez de recursos

O gerenciamento de cadeias globais de suprimentos prevê tanto a existência de riscos associados ao suprimento de estoques de insumos quanto de energia elétrica, devendo as plantas industriais melhorar a **eficiência de seus recursos** (ASIF; MUNEER, 2007). Benefícios econômicos podem então ser obtidos a partir da integração entre rejeitos do processo industrial e a geração de energia (MIRATA; NILSSON; KUISMA, 2005), por exemplo, à medida que esse tipo de operação oferece oportunidades reais para o aprimoramento da eficiência de recursos baseado em cotações de compra de insumos e matéria-prima, qualidade, inovação tecnológica e opções de suprimento.

h) Economia x preço das *commodities*

À medida que o preço do petróleo e de outras *commodities* continua a oscilar, as empresas focam seu suprimento em outras fontes alternativas (GATTORNA, 2009; MOLLENKOPF *et al.*, 2010). O cenário próximo de esgotamento dos combustíveis fósseis aliado à crescente demanda por energia elétrica vem levando as empresas a basearem suas opções de consumo em critérios econômicos (TURTON; BARRETO, 2006).

Assim, a **incerteza econômica** do preço das *commodities* no mercado mundial afeta os processos de geração de duas maneiras distintas: quando as *commodities* são insumos do processo de geração; e quando empresas produtoras de *commodities*, revisam sua estratégia de consumo energético.

No primeiro caso, as empresas buscarão processos mais econômicos para seu suprimento de energia, em função do insumo utilizado para geração. Já para as empresas do segundo cenário, a decisão sobre a melhor alternativa para seu suprimento de energia poderá ser fundamentada na sua demanda produtiva frente ao preço de mercado das suas *commodities*.

Recentemente, o setor de energias renováveis enfrenta grandes desafios, em função do impacto do colapso no preço do petróleo. No entanto, embora o preço do petróleo tenda a cair, a confiança dos investidores em partes do setor, tais como a energia solar e biocombustíveis, continua a florescer (McCRONE *et al.*, 2012).

#### i) Economia x inovação tecnológica

O uso de novas tecnologias pode viabilizar investimentos de longo prazo e permitir iniciativas menores de geração, ressaltando a alta eficiência dos processos, com

base em análises de *make-or-buy* (DONDI *et al.*, 2002). À medida que novos implementos tecnológicos **tornam viáveis economicamente** a construção e operação de algumas plantas, as empresas passam a fundamentar sua decisão de geração distribuída, respaldadas por aspectos econômicos.

#### j) Economia X Opções de suprimento

Como a maioria das cadeias foi concebida e implementada em um contexto industrial, em que a disponibilidade de energia não era de grande preocupação (HALLDORSSÓN; KOVÁCS, 2010), as empresas globais que enfrentam o mercado competitivo devem levar em conta investimentos em geração distribuída como forma de reduzir seus preços de produção. Dessa forma, decisões acerca do fornecimento de energia devem ser tomadas como escolhas de governança e atributos específicos sob aspectos econômicos (BOZARTH; HANDFIELD; DAS, 1998; CHOPRA; SODHI, 2004). A **redução nos custos** de produção pode ser então obtida por eficiência energética, aproveitamento de resíduos e uso de matéria-prima alternativa para a geração ou da escolha de fornecedores mais atraentes.

#### k) Estratégia x sustentabilidade

Os impactos ambientais da utilização de energia não são novidades. O que é relativamente novo é o estabelecimento entre o consumo de energia e os problemas ambientais regionais e globais e suas implicações. Embora o potencial da energia para aumentar o bem-estar humano seja inquestionável, a produção de energia convencional e o consumo estão intimamente ligados à degradação ambiental. Essa degradação

ameaça a saúde humana e a qualidade de vida e afeta o equilíbrio ecológico e da diversidade biológica (GOLDEMBERG, 2000).

Quando as empresas optam pela geração distribuída com base na **melhoria de sua imagem social e ambiental**, estão considerando o aspecto estratégico da sustentabilidade. Nesse caso, as empresas estão explorando a relação de negócios além de preocupações econômicas e legais (ROGER; JALAL; BOYD, 2008).

Como resultado, estratégias de negócios com opção por fontes de energia ambientalmente amigáveis tornam-se ferramentais para a diferenciação de marca e para informar aos consumidores sobre as preocupações ambientais (NAGURNEY; YU, 2012). Essa é uma nova perspectiva para a maioria das corporações globais e, geralmente, gera recompensas a longo prazo.

#### 1) Estratégia x Escassez de recursos

Quando as empresas enfrentam incertezas acerca do fornecimento de energia, combustíveis fósseis ou outro mercado de suprimento, olham para alternativas de *insourcing* como forma de **reduzir sua vulnerabilidade** (TURTON; BARRETO, 2006).

A escolha por processos de autogeração com base nessa perspectiva faz com que a empresa se proteja contra o esgotamento dos recursos energéticos frente às demandas adicionais - tanto por insumos como por produtos (HALLDORSSÓN; SVANBERG, 2013). Uma vez que a eficiência dos recursos é obtida, então as empresas podem ainda se beneficiar da geração distribuída para a redução de preços e aprimoramento da sua imagem (BOZARTH; HANDFOELD; DAS, 1998).

m) Estratégia x preço de *commodities*

Em primeiro lugar, como a energia elétrica pode ser tratada como uma *commoditie* de suprimento, a industrialização aliada ao crescimento econômico e populacional implica o aumento por sua demanda (PEREIRA *et al.*, 2012). Além disso, essas forças globais também contribuem para a crescente demanda de outras *commodities*, como petróleo, combustíveis, fósseis. As corporações globais devem então rever o seu processo de suprimento de energia, a fim de garantir seu processo de produção para a venda de mercadorias (LEE; BILLINGTON, 1992).

Dessa forma, a energia distribuída pode contribuir para o atendimento dessa crescente demanda, oferecendo também novas alternativas de geração a partir de insumos alternativos.

n) Estratégia x inovação tecnológica

Tradicionalmente, as fontes de geração distribuída vêm sendo utilizadas como sistemas redundantes, para aumentar a confiabilidade, reduzir custos com consumo durante picos de energia ou como unidades *back-up* (ISMA, 2012). À medida que determinadas inovações tecnológicas se tornaram mais difusas, tais sistemas assumiram papel-chave como soluções geradoras de energia elétrica (JIAYI; CHUANWEN; RONG, 2008).

À medida que as opções de geração distribuída contribuem para a responsividade, os processos de cogeração tornam-se uma solução extremamente atrativa para as corporações globais (PARMIGIANI; KLASSEN; RUSSO, 2011). O acesso a inovações tecnológicas pode, assim, levar as empresas a se protegerem contra a

crecente vulnerabilidade que as cadeias de suprimentos enfrentam.

o) Estratégia x opções de suprimento

Na busca de soluções para os problemas de risco de escassez de recursos, é possível obter benefícios além das vantagens econômicas a partir das análises *make-or-buy*.

**Aumentar a confiabilidade** é uma das forças motrizes das empresas globais que fundamentam suas iniciativas de geração distribuída com base nas potenciais ameaças ao fornecimento de energia (ISMA, 2012; LASSILA *et al.*, 2011; QUINN; HILMER, 1994).

Fontes seguras, confiáveis e limpas de energia elétrica são uma condição essencial para a sustentabilidade ambiental e a prosperidade econômica. No entanto, em todo o mundo, as fontes e o uso de energia elétrica tornam-se progressivamente mais variados e complexos (DE MARTINO JANNUZZI; DE MELO, 2013).

Como proposto por Schneider *et al.* (2013), um alinhamento apropriado entre a teoria dos custos de transação e a estrutura de governança correspondente permitirá organização e melhor avaliação de sua decisão a respeito do fornecimento de energia.

À medida que a informação foi recolhida e o domínio sobre o tema de estudo tornou-se mais abrangente e integrado, o quadro proposto foi revisado com a inclusão de novas perguntas e exclusão de outras. O QUADRO 1 retrata várias perspectivas que impactam tanto a procura quanto a estratégia de oferta de energia ao longo das últimas décadas.

QUADRO 1 – Quadro de análises

Aspectos de gestão das cadeias de suprimentos	Legal	Econômico	Estratégico
Sustentabilidade	Requisitos ambientais mandatórios	Aproveitamento dos rejeitos do processo	Imagem social e ambiental
Escassez de Recursos	Restrições de uso das fontes	Melhoria da eficiência produtiva	Redução da vulnerabilidade
Preço das Commodities	Mudanças nas taxas e regulamentações	Incerteza econômica	Crescimento da demanda
Inovação Tecnológica	Novas obrigações legais	Viabilização econômica do empreendimento	Aumento da responsividade
Opções de suprimento	Regulamentação dos mercados	Redução dos custos operacionais	Melhoria da confiabilidade

Fonte: desenvolvido pela autora.

O quadro permitiu definir nossas condições de contorno para analisar os estudos de caso e investigar quais as principais motivações para as decisões de *insourcing* de energia e quais os elementos-chave da estratégia organizacional que levam a tal decisão.



## **CAPÍTULO 6 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS ESTUDOS DE CASO**

Este capítulo descreve as empresas e os empreendimentos que fazem parte dos estudos de caso e apresenta os dados obtidos nas entrevistas, discutindo os resultados obtidos a partir desta investigação.

Os principais critérios para cada seleção da empresa foram:

- a) É de fato uma corporação global;
- b) a empresa tomou recentemente uma decisão de *insourcing* de energia.

Neste trabalho mantivemos o foco nas corporações globais por serem, na maioria dos casos, os consumidores de energia e com instalações grandes o suficiente para motivarem uma alternativa de geração distribuída de energia. Além disso, essas empresas são normalmente aquelas com maior potencial financeiro para investir em unidades de geração de energia.

Optou-se por concentrar a pesquisa em operações nos países emergentes, como ponto inicial para investigar as principais razões que levam as empresas ao *insourcing* de suas instalações de geração. A economia de muitos países emergentes tem características distintas que justificam sua escolha como estudo de caso deste trabalho. Por exemplo, muitos desses países são fortemente dependentes do fornecimento de matérias-primas e, como consequência, as operações da maior parte de suas corporações estão baseadas na disponibilidade e oferta de *commodities* (ASIF; MUNEER, 2007). Uma empresa cuja operação depende de *commodities* pode, então, ter necessidades específicas em relação ao uso de energia: aproveitamento de subprodutos, cumprimento da legislação ambiental, acesso a recursos escassos em áreas geográficas restritas, entre outros.

Eisenhardt (1989) sugere como sete o número máximo de casos que uma pessoa pode mentalmente processar, enquanto Yin (2013) propõe que os dados recolhidos devem estar próximos ou nesse limite de saturação. Foram investigados 10 casos diferentes, a partir de cinco setores industriais distintos. A lista de empresas e respectivos estudos de caso serão apresentados a seguir, com a descrição resumida dos casos analisados.

Nosso *mix* de empresas fornece ampla gama de indústrias e tamanhos, conforme proposto pela abordagem teórica de amostragem seleta e representativa (EISENHARDT, 1989; MILES; HUBERMAN; SALDANA, 2013; PAGELL; WU, 2009) em vários setores. As empresas investigadas vêm avaliando as decisões de *insourcing* de energia tomadas no passado, o que realça para a necessidade de desenvolverem-se novas proposições e uma teoria mais ampla que possa ser expandida para outra gama de organizações.

Foram conduzidas entrevistas detalhadas com especialistas e gestores das

empresas investigadas, além de avaliações de relatórios e dados secundários compartilhados pelas corporações. Os estudos de caso das empresas partiram de um questionário semiestruturado, o qual permitiu seguir um processo adaptativo em que algumas perguntas foram reformuladas e estruturadas durante as entrevistas. Perguntas pouco relevantes foram sendo retiradas e novas questões foram incorporadas durante a evolução da pesquisa.

Cada entrevista durou aproximadamente 2 horas e cobriu as seguintes questões acerca das empresas: detalhes sobre o negócio e a área de atuação, aspectos motivadores para as decisões sobre o consumo de energia, requisitos e políticas sustentáveis, custos e tarifas energéticas, disponibilidade de ativos, recursos e a utilização de *commodities*, advenços tecnológicos e alternativas de suprimento.

A mesma abordagem e protocolo foram aplicados em todas as entrevistas nos questionamentos sobre as iniciativas em relação aos projetos e empreendimentos para a geração de energia nos quais as empresas em questão estão envolvidas, visando à preservação de todos os aspectos da pesquisa. Foram levantadas diferentes perspectivas a partir de entrevistas com diferentes agentes, conforme a metodologia para múltiplos participantes proposta por Yin (2013).

As informações obtidas de diferentes fontes foram trianguladas a fim de sobrepor falhas e mitigar dados divergentes, aumentando a validade e confiabilidade dos dados (EISENHARDT, 1989; YIN, 2013). De maneira geral, obtiveram-se poucas respostas divergentes nas entrevistas. Quando isso ocorreu, essa divergência foi exposta aos entrevistados de forma a confrontá-los com os pontos de vista divergentes para que chegassem a uma resposta consensual. Adicionalmente às entrevistas, foram realizadas visitas às plantas industriais das empresas em questão e avaliados os dados já publicados por elas a respeito de suas estratégias e empreendimentos.

Após explorar os pontos anteriormente mencionados, os participantes da pesquisa atribuíram uma pontuação aos empreendimentos de geração distribuída aos quais as respectivas empresas estão ligadas, conforme os parâmetros do nosso *framework*. Cada uma das questões propostas foi avaliada pelos participantes, como:

- a) (+++) fundamental importância;
- b) (++) relevância parcial;
- c) (+) baixa relevância;
- d) (-) irrelevante.

As notas de todos os estudos de caso estão apresentadas no QUADRO 3 deste trabalho.

## **6.1 Estudos de caso**

Entre os estudos de caso de empresas com projetos de geração distribuída no Brasil, foram selecionados os maiores consumidores de energia do país e investidores de energia distribuída mais importantes. Obteve-se, assim, uma pequena amostra com foco nas empresas mais significativas com base no consumo de energia e investimentos de geração distribuída.

Um resumo das empresas e projetos investigados nos estudos de caso é apresentado no QUADRO 2.

QUADRO 2 - Resumo dos estudos de caso de empresas globais

Setor	País	Resumo da empresa	Estudo de caso	Empreendimento	MW
Metalúrgico Empresa A	Brasil	Empresa metalúrgica global presente em 60 países, com instalações industriais em 19 deles. Atua desde 1949 no Brasil operando essa planta estrategicamente planejada para ter sua fonte de energia hidrelétrica própria assim como suas reservas de carvão e minério de ferro. Durante as privatizações e incorporações ocorridas em 1980 e 1990, a empresa vendeu suas minas e as instalações hidrelétricas. Hoje em dia tais decisões afetam sua dependência em relação ao fornecimento de carvão e geraram contratos de longo prazo com as concessionárias públicas de energia.	#1	Planta de cogeração com aproveitamento de vapor para geração de energia elétrica.	60
			#2	Termelétrica para redução das emissões de gás e aproveitamento do calor.	60
Mineração Empresa B	Brasil	A empresa de mineração com atuação global e foco em extração de minério de ferro cuja negociação representa quase 70% de sua renda. Cerca de 50% da energia que a empresa consome no Brasil é gerada a partir de usinas de geração de energia hidrelétrica e plantas de geração distribuída.	#3	Planta eólica para suprimento das próprias operações de extração de minério de ferro no Brasil.	124
			#4	Planta de cogeração para uma unidade de extração de potássio cujo processo exige o emprego de vapor de água.	60
Óleo e gás Empresa C	Brasil	Empresa de exploração de petróleo e gás natural, com usinas produção e refino. Presente em 25 países as duas unidades dos estudos de caso estão localizados no Brasil em zonas geograficamente distintas do país e foram concebidas com mais de 50 anos intervalo: a primeira está localizada no Sudeste, região mais desenvolvida e industrializada do país e a segunda é uma nova instalação localizada na região Nordeste.	#5	Unidade de cogeração que visa garantir o fornecimento de energia elétrica e vapor para toda a operação local (SE Brasil).	47
			#6	Unidade de cogeração que visa garantir o fornecimento de energia elétrica e vapor para toda a operação local (NE Brasil).	150
Papel e Celulose Empresa D	Brasil	Maior produtor mundial de celulose de eucalipto. Tem 90% do seu suprimento de energia provenientes de fontes renováveis obtidos através do aproveitamento da madeira e de biomassa líquida.	#7	Cogeração a partir da biomassa, na forma de cascas de eucalipto e biomassa resultantes do processo de produção de papel.	185
Papel e Celulose Empresa E	Colômbia	Empresa produtora de papel e celulose presente em 17 países que utiliza o bagaço da cana-de-açúcar como matéria-prima para o seu processo. A produção de papel a partir do bagaço gera um segundo subproduto chamado "bagazillo", que tem grande potencial de cogeração de energia. No entanto, apenas 80% do "bagazillo" é reaproveitado e o restante permanece como resíduo.	#8	Planta de cogeração para atender ao aumento da produção.	16
Papel Celulose Empresa F	Colômbia	Empresa com instalações industriais em 34 países que utilizam como matéria-prima para sua produção plantações certificadas de pinus e eucalipto. Atualmente gera 70% de sua própria demanda de energia aproveitando a biomassa de casca de madeira no processo de cogeração.	#9	Planta de cogeração com aproveitamento de biomassa.	12
Açúcar e Alcool Empresa G	Colômbia	Empresa global de agronegócio que produz açúcar, mel e álcool. Seu processo de autogeração garante 100% do seu abastecimento de energia elétrica e vapor. O excedente gerado é vendido para a rede.	#10	Planta de cogeração com aproveitamento de bagaço e foco na redução de emissões de CO <sub>2</sub> .	36

Fonte: desenvolvido pela autora.

A primeira empresa investigada faz parte de um grupo metalúrgico de operação global. Desde 1949 esse grupo atua no Brasil com plantas originalmente planejadas para operarem com suas próprias fontes de energia hidrelétrica, reservas de carvão e minério. Mas durante o período de privatizações e incorporações ocorridas em 1980 e 1990, a empresa vendeu suas minas e as instalações hidrelétricas. Tais decisões têm hoje impacto substancial sobre a dependência do negócio em relação às mineradoras e concessionárias de energia elétrica com as quais a empresa mantém contratos de longo prazo. Embora válidos, os bons preços previstos nesses contratos permitem negociações periódicas, especialmente em relação ao volume de energia consumido.

Apesar dessas condições, a empresa A está à procura de soluções de energia para mitigar dois problemas: a) perda energética gerada nos processos de queima; b) solução de energia verde para reduzir as emissões de gases.

Com isso, a empresa A desenvolveu dois projetos de geração de energia para atender duas de suas unidades de negócios. Cada uma dessas plantas pretende gerar 10-36 MW de eletricidade e a viabilidade desses projetos ainda está em análise, considerando o custo dos empreendimentos e o retorno financeiro que trarão.

A segunda empresa analisada, aqui referida como empresa B, atua no setor de mineração em todo o mundo e seu *core business* é o comércio de minério de ferro do qual provêm cerca de 70% dos seus rendimentos. Ela acredita que os investimentos em geração de energia são essenciais para atender à demanda de suas operações globais e aproximadamente 50% do seu consumo de energia elétrica no Brasil são obtidos a partir de plantas de geração distribuída.

A empresa concentra-se no desenvolvimento de projetos que garantam a ampliação do uso de energia renovável e na sistematização de informações que ajudarão a tomar decisões estratégicas para reduzirem os riscos que envolvem o

suprimento de energia. A empresa já identificou diversas oportunidades para implementação de processos de geração distribuída e tem, no momento, dois empreendimentos em fase de implementação.

O primeiro projeto em desenvolvimento pela empresa B é uma planta de energia eólica com capacidade de geração de 124 MW no Brasil. Essa estratégia protege a empresa contra a volatilidade dos preços de energia e minimiza os riscos de suprimento. Como no Brasil a geração de energia a partir de fontes hidrelétricas e eólicas apresenta potencial e custos semelhantes, essa planta de energia eólica vai gerar energia para consumo próprio das operações de minério de ferro no país.

O segundo projeto da empresa B é uma central de cogeração para a unidade de mineração de potássio, o qual exige vapor de água no seu processo de extração. Essa unidade de cogeração irá otimizar o processo de produção de vapor, além de reduzir a dependência da rede e melhorar o processo em si. Esse projeto, embora extremamente atraente, enfrenta problemas em relação ao preço ou disponibilidade de gás natural na região, o que pode conduzir a uma solução diferente considerando o uso de biomassa disponível na região para alimentação da caldeira.

A principal diferença entre esses dois projetos da empresa B é que a central de cogeração irá fornecer energia para uma planta específica e combinar a geração de energia de vapor de processo. Sem essa unidade de cogeração, o processo de mineração de potássio não tem viabilidade econômica. Por outro lado, a usina de energia eólica é uma solução para apoiar futuras operações de extração de minério de ferro e reduzir os riscos de possíveis falhas de suprimento energético no país.

A empresa C é uma corporação do setor de óleo e gás com presença em mais de 25 países. Os casos aqui em estudo são dois empreendimentos com capacidade de 46,7 MW e 150 MW de unidades de processo de cogeração em refinaria para garantirem a

demanda de vapor e o fornecimento de energia elétrica para toda a operação. Embora essas duas unidades de refino estejam localizadas no Brasil, essas instalações ficam em regiões completamente afastadas e foram concebidas com mais de 50 anos de diferença: o primeiro empreendimento está localizado na região Sudeste, na área mais desenvolvida e industrializada do país, e o segundo é uma instalação nova e fica na região Nordeste.

Apesar das diferenças, ambos os empreendimentos são considerados estratégicos economicamente, uma vez que o processo de cogeração é inerente à indústria de refino de petróleo, já que o próprio emite gases que podem ser reaproveitados, garantindo a otimização dos insumos. Isso faz com que o investimento facilmente se pague em curto período de tempo. Nenhuma das unidades dessa empresa no Brasil enfrenta restrições em relação ao suprimento de energia, todavia, o país enfrenta riscos de apagões e nesse caso a planta de cogeração garante confiabilidade ao processo.

A empresa C também opera plataformas *offshore*<sup>7</sup> no Brasil, onde possui unidades de geração de energia que são consideradas uma solução de suprimento energético dependendo do preço pelo qual o gás produzido estiver sendo negociado. Basicamente, se o preço do gás é atraente, a empresa pode optar pela sua venda direta no mercado global, mas se não for, pode investir em usinas de geração em que a energia gerada poderia ser levada ao continente através de cabos. Tais, apesar de serem consideradas um fonte extremamente atrativa para geração energética, ainda estão sendo avaliadas pela empresa. Assim, os únicos casos aqui considerados neste estudo são as centrais de cogeração para as unidades operacionais.

A quarta empresa analisada no Brasil opera no setor de papel e celulose e é o

---

<sup>7</sup> *Offshore* que se situa ou é realizado ao largo da costa.



maior produtor mundial de celulose de eucalipto. Aqui denominada empresa D, opera com 90% do seu abastecimento de energia proveniente de fontes renováveis obtidos com o aproveitamento de biomassa. O empreendimento analisado trata-se de uma planta de cogeração com capacidade de 185 MW.

Entre as empresas colombianas cujos estudos de caso destacam-se como empreendimentos de corporações globais, trata-se aqui da empresa E, que opera em mais de 17 países com empreendimentos também no setor de papel e celulose. Essa empresa tem mais de 50 anos de experiência na produção de papel e vasta gama de produtos recicláveis. O empreendimento aqui analisado é uma planta de cogeração que aproveita 20% do resíduo do processo de produção de papel, cujo poder calorífico dessa biomassa é aproveitado e tem potencial de 16 MW de energia.

A sexta empresa aqui analisada é uma corporação colombiana com atuação global do setor de cana-de-açúcar. O processo aqui analisado aborda o aproveitamento do suco do bagaço, que é usado como combustível para geração de energia térmica e elétrica pela empresa F, com capacidade de 36 MW de geração, dos quais uma parcela de abastecimento supre as necessidades de energia da planta, gerando economia nos custos de produção, e a outra parte é vendida gerando renda extra ao negócio.

As notas de todos os estudos de caso obtidas a partir das avaliações que os entrevistados atribuíram a cada um dos empreendimentos de geração distribuída foram confrontadas entre si e com as anotações realizadas durante as entrevistas e sumarizadas conforme apresentado no **QUADRO 3** deste trabalho.

QUADRO 3 - Resultado do questionário de autoavaliação - continua

Setor / empresa	Estudo de caso	Planta	País	Aspecto da cadeia de suprimentos	Legal	Econômico	Estratégico
Metalúrgico Empresa A	#1	Cogeração	Brasil	Sustentabilidade	++	+++	+++
				Escassez de recursos	-	-	+
				Preço das <i>coommodities</i>	+	++	++
				Inovação tecnológica	+++	+++	++
				Opções de suprimento	-	+	+
	#2	Energia Limpa	Brasil	Sustentabilidade	+++	+++	+++
				Escassez de recursos	-	+	+
				Preço das <i>coommodities</i>	+	+	++
				Inovação tecnológica	+++	-	++
				Opções de suprimento	-	+	++
Mineração Empresa B	#3	Eólica	Brasil	Sustentabilidade	-	++	+++
				Escassez de recursos	-	-	+
				Preço das <i>coommodities</i>	+++	+++	+++
				Inovação tecnológica	-	-	++
				Opções de suprimento	+	+	+++
	#4	Cogeração	Brasil	Sustentabilidade	-	+++	+++
				Escassez de recursos	+++	+	+
				Preço das <i>coommodities</i>	+++	+++	+++
				Inovação tecnológica	-	+++	+++
				Opções de suprimento	+	+++	+++
Óleo e gás Empresa C	#5	Cogeração	Brasil	Sustentabilidade	-	+++	+
				Escassez de recursos	-	-	+
				Preço das <i>Coommodities</i>	+	+	++
				Inovação tecnológica	+	+++	++
				Opções de suprimento	-	+	+++
	#6	Cogeração	Brasil	Sustentabilidade	-	++	-
				Escassez de recursos	-	+++	+++
				Preço das <i>Coommodities</i>	-	++	+
				Inovação tecnológica	+	+++	++
				Opções de suprimento	-	+	+++
Papel e celulose Empresa D	#7	Cogeração	Brasil	Sustentabilidade	-	+++	+++
				Escassez de recursos	+++	+++	+++
				Preço das <i>Coommodities</i>	+	+	+
				Inovação tecnológica	-	++	+++
				Opções de suprimento	+	++	+++
Papel e Celulose Empresa E	#8	Cogeração	Colômbia	Sustentabilidade	+	+++	+++
				Escassez de recursos	+	+++	+++
				Preço das <i>coommodities</i>	+	+++	++
				Inovação tecnológica	+	++	++
				Opções de suprimento	-	-	-

QUADRO 3 – Resultado do questionário de autoavaliação - concluí

- Papel e Celulose Empresa F	#9	Cogeração	Colômbia	Sustentabilidade	-	+++	+++
				Escassez de recursos	-	+	+
				Preço das <i>coommodities</i>	+	+++	++
				Inovação tecnológica	+	++	+
				Opções de suprimento	-	-	-
Açúcar e Alcool Empresa G	#10	Cogeração	Colômbia	Sustentabilidade	+++	+++	++
				Escassez de recursos	-	+	+
				Preço das <i>coommodities</i>	-	+++	++
				Inovação tecnológica	-	+++	+++
				Opções de suprimento	++	+++	+++

## 6.2 Análise dos resultados

Os estudos de caso foram analisados não apenas sob o ponto de vista da geração e consumo energético, mas também com base no posicionamento da empresa a respeito de:

- a) Seu planejamento estratégico com base na confiabilidade, responsividade e vulnerabilidade dos empreendimentos frente às demandas futuras;
- b) suas decisões econômicas e financeiras sobre o consumo, a demanda, custos de operação, margens, economias de energia e a instabilidade local/global;
- c) requisitos legais enfrentados pela empresa frente a novas regulamentações, obrigações legislativas, restrições e tarifas.

Tais notas foram analisadas em conjunto com os resultados das entrevistas e sob a ótica do *framework*, conforme apresentado no QUADRO 4. Então, em uma análise mais profunda, examinou-se individualmente cada resultado de um dos 15 aspectos avaliados.

Avaliando os aspectos quanto à gestão global das cadeias de suprimentos, a sustentabilidade aparece como principal razão que motiva as empresas globais a optarem por iniciativas de geração distribuída, motivadas principalmente por razões estratégicas e econômicas.

QUADRO 4 – Quadro final com consolidação das respostas

Aspectos de gestão das cadeias de suprimentos	Legal	Econômico	Estratégico	Esca-la de importância
Sustentabilidade	Requisitos ambientais mandatórios	Aproveitamento dos rejeitos do processo	Imagem social e ambiental	Muito importante
Escassez de Recursos	Restrições de uso das fontes	Melhoria da eficiência produtiva	Redução da vulnerabilidade	
Preço das Commodities	Mudanças nas taxas e regulamentações	Incerteza econômica	Crescimento da demanda	
Inovação Tecnológica	Novas obrigações legais	Viabilização econômica do empreendimento	Aumento da responsividade	
Opções de suprimento	Regulamentação dos mercados	Redução dos custos operacionais	Melhoria da confiabilidade	Pouco importante

Fonte: desenvolvido pela autora.

Como exemplo, cita-se o caso da empresa de mineração que opera com práticas comerciais baseadas no desenvolvimento sustentável, buscando no longo prazo reduzir as emissões de gases, otimizar o uso de resíduos e aumentar sua matriz de energia limpa. Parte desse objetivo é obtida com a redução do consumo de energia elétrica e da implementação de sistemas de energia não convencionais com centrais de cogeração combinados e aproveitamento de biomassa.

A melhora da imagem ambiental e social das empresas motivada pelo aspecto estratégico da sustentabilidade foi destacada em todos os estudos de caso. Essa motivação fica bastante evidente, por exemplo, ao analisar-se a empresa siderúrgica que adotou a estratégia de autogeração de energia motivada pela obtenção de vantagens competitivas a partir de ações de gestão ambiental.

De forma similar, as empresas do setor açucareiro buscam também a geração distribuída de energia com base em um sistema produtivo baseado no aproveitamento de seu principal resíduo processual, ou seja, o bagaço de cana, reforçando ainda mais os aspectos estratégico e econômico de uma decisão apoiada em sustentabilidade.

Nesta análise, a sustentabilidade pode ser percebida, de maneira geral, como um aspecto além das políticas de apoio ao uso de recursos renováveis de energia e emissões de poluentes. Dando suporte a essa análise está o fato de que a maioria dos estudos de caso aqui analisados considerou o aproveitamento dos rejeitos do processo como um dos mais importantes aspectos econômicos da geração distribuída, reforçados pelas negociações de emissões de carbono e tarifas que incentivam a redução de rejeitos.

No ponto de vista estratégico, a imagem social e ambiental das empresas destaca-se como o segundo aspecto mais relevante entre todos os 15 observados, contribuindo de forma relevante para o pilar da sustentabilidade. Aliando esse comprometimento a ferramentas de *branding*<sup>8</sup>, reforça-se a responsabilidade corporativa na imagem do negócio, conforme a proposição de Wichmann *et al.* (2015) de que em um contexto social a legitimação será positivamente relacionada ao compromisso efetivo dos alvos em iniciativas ambientais do negócio.

O valor estratégico da sustentabilidade é destacado em todos os estudos de caso, reforçando o que é proposto por Montabon *et al.* (2016), para quem a sustentabilidade econômica, social e ambiental pode ser obtida simultaneamente ainda que exija caros comprometimentos. Por exemplo, o estudo de caso da empresa mineradora demonstra que os elevados investimentos em geração distribuída geram amplos benefícios em torno de sua imagem institucional. Além disso, salienta-se que as empresas do setor de

---

<sup>8</sup> *Branding* é uma atividade estratégica, de conceituação e planejamento.

açúcar se mostram extremamente interessadas nos benefícios que podem obter com a utilização das plantas de cogeração no que diz respeito não só aos benefícios econômicos, mas também em relação ao meio ambiente.

Com isso, pode-se afirmar que as iniciativas de geração distribuída de energia que visam ao aprimoramento da imagem social e ambiental das corporações são tão importantes para elas quanto os benefícios econômicos gerados por tais investimentos, propondo então uma extensão à teoria existente. Assim, foram identificados distintos desafios na gestão com foco em *stakeholders*, considerando interesses particulares e gerais em atributos de sustentabilidade, os quais podem ser fomentados por abordagens legais, educativas e tecnológicas, contribuindo para a valoração econômica das empresas e enfatizando o caráter estratégico que visa à plenitude do negócio a longo prazo.

Sob a dimensão legal, a sustentabilidade também colabora de maneira significativa para tais decisões, uma vez que requisitos ambientais mandatórios são, entre todos os aspectos dessa coluna, os mais destacados pelas empresas dentro de tal motivação. Todavia, as empresas dependem do desenvolvimento de novos tipos de requisitos, considerando que os processos de cogeração já atingiram sua maturidade de implantação.

Em contrapartida à relevância da sustentabilidade, a escassez de recursos foi percebida como o risco menos relevante da cadeia de suprimentos no que diz respeito às decisões de *insourcing* de energia. Em parte, essa razão pode estar apoiada na condição geográfica das empresas analisadas nesta pesquisa, dada a rica biodiversidade e riqueza mineral dos países onde os estudos de caso foram analisados. Nenhuma das empresas investigadas enfrenta, nos países onde a pesquisa ocorreu, restrições ao uso das fontes ou precisam buscar melhoria nos insumos.

A maioria dos estudos de caso demonstrou preocupação por parte das empresas frente a possíveis apagões de energia elétrica. A energia elétrica torna-se, assim, um recurso escasso e motiva as empresas a buscarem a geração distribuída como forma de se protegerem e reduzirem a vulnerabilidade de suas cadeias em casos de possíveis restrições. Essa constatação está em linha com o que propõem Hajmohammad e Vachon (2015), que identificam a percepção de risco como um dos fatores mais relevantes para decisões estratégicas e reforça os argumentos propostos por Williamson (1989) com a teoria dos custos de transação.

Considerando a dimensão econômica da escassez de recursos, o aproveitamento de rejeitos do processo tem pouca relevância sobre a melhoria da eficiência produtiva nos estudos de caso analisados. Em parte, uma das razões para isso é o fato de os processos aqui descritos dependerem basicamente de insumos inerentes ao próprio processo produtivo do negócio – gás, óleo, vapor e biomassa –, o que não acarreta algum risco para as empresas ao gerarem sua energia a partir dessas fontes, pois o suprimento delas será sempre garantido por elas mesmas.

Ademais, nenhuma restrição de uso das fontes foi mencionada como relevante sob a dimensão legal proposta, enfraquecendo, dessa forma, a contribuição da legislação local para esse tipo de empreendimento.

Destaca-se, entretanto, a grande importância dada pelas empresas ao preço das *commodities* na tomada de decisões acerca de iniciativas de geração distribuída. A incerteza econômica e a volatilidade da demanda de tais produtos podem afetar tais decisões, sejam essas variações sobre os produtos finais dessas empresas (como o minério de ferro, petróleo ou açúcar), a própria eletricidade ou os insumos para a geração de energia (gás, biomassa).

O segundo aspecto da cadeia de suprimentos mais importante para motivar

iniciativas de geração distribuída de energia refere-se ao preço das *commodities*. Tal aspecto foi ressaltado por todas as empresas, com exceção da indústria do setor açucareiro.

A incerteza econômica e a volatilidade da demanda afetam de forma relevante as decisões a respeito do suprimento de energia, sejam elas referentes aos produtos finais dessas indústrias (por exemplo, minério de ferro, petróleo, açúcar), à própria energia elétrica ou aos insumos necessários à geração de energia (por exemplo, biomassa).

Nos países onde os recursos renováveis constituem a fonte de geração de energia mais comum, as tarifas de energia costumam ser estabelecidas a preços normalmente razoáveis. Se esses preços se elevam, passa a ser atraente para as empresas terem fontes geradoras para venderem seu excedente energético ao mercado ou, em determinados casos, negociarem seus resíduos de processo que podem ser aproveitados por outras plantas de geração.

Empresas globais, entretanto, quando operam um negócio de capital intensivo, normalmente são aptas a pagarem mais pelo suprimento de energia ou a investirem em geração própria a fim de reduzirem custos. Dessa forma, a incerteza econômica foi fortemente destacada pela empresa de mineração, cujas operações dependem diretamente do custo da energia elétrica, do gás natural e das tarifas do mercado de ferro. Sua receita depende dos valores de minério de ferro negociados no mercado global cujos preços não estão diretamente ligados às tarifas locais de energia.

Como os preços das *commodities* flutuam de acordo com mercados globais, essa relação torna-se ainda mais crítica quando a opção de suprimento energético depende de tecnologias e processos específicos de geração que restringem o suprimento a um único tipo de combustível. Por essa razão, tanto a empresa mineradora quanto a siderúrgica investigadas neste trabalho investiram em sistemas que podem ser facilmente



cambiáveis, possibilitando sua ligação ao *grid* caso os valores e as demandas por determinados insumos subam rapidamente. Essa condição é garantida não só por meio de recursos técnicos, mas também se apoia em contratos de longo prazo entre as empresas consumidoras e concessionárias de energia.

Assim, o aspecto econômico referente ao preço das *commodities* é extremamente relevante para alguns projetos de geração distribuída. Por exemplo, a planta de cogeração para a mina de exploração de potássio foi prevista como uma oportunidade para reduzir a dependência da unidade em relação às concessionárias e simultaneamente aumentar a eficiência do processo em si. Essa alternativa mostrou-se extremamente eficaz, visto que o processo de extração do potássio exige vapor de água. Então, a unidade de cogeração pode auxiliar na produção desse vapor, além de gerar energia para toda a planta utilizando a entrada de gás natural.

Apesar de atraente, tal projeto enfrentou algumas ameaças em relação à disponibilidade do gás natural e de seu preço no futuro, ou seja, da volatilidade de demanda e da incerteza sobre os preços das *commodities*. De maneira geral, a disponibilidade do gás natural pode levar à busca por soluções alternativas com base na tecnologia do processo, considerando, por exemplo, o uso de biomassa no lugar do gás como combustível para a caldeira. Isso acontece porque, nesse caso, a viabilidade financeira do projeto é fundamental para justificar sua implementação.

Ademais, tem-se também o caso das indústrias de celulose que aproveitam os rejeitos do processo do setor açucareiro como matéria-prima para a produção de papel de maneira extremamente rentável. Para algumas dessas empresas, a geração de energia só é possível a partir de processos que utilizem esse bagaço de cana. Portanto, elas precisam avaliar o retorno financeiro dessa negociação da biomassa com a indústria de celulose frente ao preço da energia elétrica e às vantagens de sua própria geração a

partir do bagaço.

Da mesma forma para a indústria de petróleo e gás, a geração de energia é uma alternativa que depende basicamente do preço do gás no mercado global. Se o preço do gás é atraente, a empresa pode optar por vender sua produção, caso contrário, ela vai usá-lo em suas usinas de geração própria e consumir ou até mesmo negociar a comercialização da energia gerada.

Em relação ao aspecto legal referente ao preço das *commodities*, a empresa mineradora cita as recentes mudanças na regulamentação do mercado de energia como um importante motivador para sua decisão de gerar a própria energia. Até 2012 a empresa negociava seu excedente energético, mas a recente desregulamentação do mercado afetou drasticamente a rentabilidade dessa comercialização, tornando menos atrativos os projetos de geração de energia fundamentados na venda do excedente.

O terceiro aspecto mais importante entre as cinco forças da cadeia de suprimentos discutidas aqui neste trabalho diz respeito à inovação tecnológica. Os estudos de caso analisados sugerem que alguns dos projetos de geração de energia só se tornaram economicamente viáveis a partir da disseminação de determinadas tecnologias. Por exemplo, a usina de geração eólica é um claro exemplo de que a tecnologia escolhida aumentou a responsividade da companhia graças a adventos tecnológicos que permitiram a viabilização do empreendimento.

Os entrevistados ressaltaram as dimensões econômica e estratégica como pilares que definiram o investimento nas oito plantas de cogeração. Por exemplo, o aspecto econômico foi fundamental para as decisões da empresa mineradora, que se baseou na análise geral e de retorno de longo prazo com a geração de energia. De maneira similar, a operação das demais indústrias também se beneficiou, aproveitando o calor para geração de energia, ou seja, aproveitando de forma eficiente os resíduos de processo.

Os casos da indústria de óleo e gás foram responsáveis por aumentar a responsividade das operações de forma significativa, pois as plantas dependiam de 95% do fornecimento de eletricidade para seu funcionamento. E com o advento da cogeração tornaram-se completamente autossuficientes em relação ao suprimento de energia.

Outro caso que reforça a importância da inovação tecnológica para as empresas é o exemplo da indústria de açúcar. De maneira resumida, a empresa optou por uma alternativa energética aproveitando a biomassa disponível cuja escolha foi além dos aspectos econômicos, reforçando o valor estratégico do aumento de responsividade.

Todos os 10 casos relatados aqui neste estudo tratam de iniciativas com foco na redução de riscos, ainda que a conexão com as grandes concessionárias seja sempre uma opção disponível para as plantas em questão. Isso coloca em quarta posição de relevância para as empresas as recém-criadas opções de fornecimento como um aspecto-chave da gestão das cadeias de suprimento no que diz respeito ao planejamento de suprimento energético.

No caso de apagões ou racionamentos, tanto as siderúrgicas quanto a empresa de óleo e gás investigadas possuem a capacidade e reorganizar seu suprimento de energia apesar dos custos incidentes.

A planta eólica operada pela mineradora também é um exemplo de tomada de decisão estratégica para a garantia de confiabilidade operacional, já que ela foi projetada para fornecer energia para as operações de extração e tratamento de minério de ferro. Essa fonte de geração de energia garante a disponibilidade de recursos de eletricidade no caso de futuros apagões ou, ainda, de elevações no preço do minério de ferro que podem gerar mais interesse da companhia em aumentar sua produção.

Assim, a decisão de aumentar a confiabilidade e controlar os custos de produção reforça a importância dos valores estratégico e econômico obtidos com a geração

distribuída.

Dessa forma, a recente desregulamentação de alguns mercados de energia trouxe aumento da confiabilidade, flexibilização das matrizes energéticas, redução dos custos e da dependência em relação às grandes concessionárias. Alguns projetos, como as iniciativas de cogeração e planta eólica, que requerem grandes aportes de capital investido, não seriam rentáveis nem economicamente viáveis sem o apoio de políticas de incentivo à geração de energia por fontes renováveis.

Das cinco forças que regem a gestão da cadeia de suprimentos global, a escassez de recursos aparece nesta pesquisa como a menos relevante de todas para as empresas. A justificativa para essa questão pode estar fundamentada nas condições geográficas, na biodiversidade e no padrão de consumo energético dos países onde estão instaladas as empresas investigadas. Nenhum dos países em questão enfrenta restrições de recursos ou necessidade de busca pela exploração de fontes alternativas. Vale ressaltar que, dada a possibilidade de apagões energéticos, algumas das empresas analisadas nos estudos de caso fundamentaram suas decisões na redução da vulnerabilidade como forma de lidar com a possível restrição de disponibilidade de eletricidade no futuro.

Em relação à escassez de recursos, o amplo aproveitamento de resíduos do processo tem sido motivado prioritariamente pelo uso mais eficiente dos recursos e não pela restrição de uso e/ou disponibilidade dos mesmos. Entretanto, essa pode ser uma condição especial das empresas aqui investigadas, dado que, para nove delas, o insumo necessário para o processo de geração de energia é um produto ou subproduto do seu negócio-fim. Com isso, tais empresas não enfrentam riscos de falta ou indisponibilidade desses recursos, garantindo com isso a operação de suas plantas de geração de energia.

De forma geral, os estudos de caso aqui considerados indicam a motivação estratégica, seguida pela econômica como as mais relevantes questões que levam ou não

à decisão de investimento em uma planta de geração de energia distribuída. A motivação legal é claramente a de menos relevância para as empresas globais, operando nos mercados em desenvolvimento no que diz respeito à questão de geração própria de energia elétrica.

### **6.3 Discussão**

Apesar de atraente à primeira vista, decisões acerca do suprimento de energia demandam flexibilidade por parte do gerador-consumidor, tornando-se, conseqüentemente, difíceis de serem revertidas. Esse tipo de decisão normalmente se apoia firmemente nas definições de governança corporativa ou em potenciais incentivos e subsídios que podem favorecer a viabilidade econômica e financeira de tais empreendimentos.

Além disso, conforme se percebe pelos estudos de caso descritos no capítulo anterior, as regulamentações legais precisam sofrer adaptações e revisões para que possam favorecer e incentivar ainda mais a geração de energia distribuída por fontes não convencionais ou renováveis. Essa percepção leva ao desenvolvimento da primeira de uma série de proposições neste estudo:

Proposição #1: apesar das recentes desregulamentações que alguns mercados sofreram com o intuito de fomentar novas fontes de energia elétrica, incentivos legais e outros mecanismos legislativos que visam a políticas de sustentabilidade, proteção de recursos ambientais e o uso de inovações tecnológicas são cruciais para o amplo uso de fontes de geração distribuída.

Apesar do atual cenário onde as fontes de energia limpa são caracterizadas pelos

altos custos de capital, em alguns países existe a demanda por instalações consumidoras situadas em locais sem qualquer conexão com o *grid*. Essa demanda motiva as empresas a estabelecerem modelos financeiros mais detalhados, com horizontes mais longos para taxa de retorno, ponderando também potenciais incentivos ao avaliarem a viabilidade de novas fontes de geração distribuída de energia. Nesse cenário, as decisões tornam-se ainda mais críticas quando há dependência de um tipo específico de tecnologia ou fonte para a geração de energia, que pode tornar ainda mais restritas as opções de suprimento da empresa.

Adicionalmente, mudanças no comportamento do consumidor podem forçar as cadeias e empresas a se reposicionarem e revisarem toda a sua estratégia de suprimento energético.

Quanto à geração de energia distribuída, todas as empresas investigadas demonstraram flexibilidade em relação ao suprimento de energia, porém uma vez feita a opção pelo investimento em uma planta própria de geração, tal empreendimento não poderá em outro momento ser revertido para outra utilização. Ou seja, as empresas aqui avaliadas têm a opção de se conectar ao *grid* de energia caso seja necessário, não podendo se desfazer da planta na qual investiram.

É importante ressaltar que, de acordo com as informações dos entrevistados, o fornecimento de energia elétrica não era uma preocupação na época em que esta pesquisa foi conduzida. Entretanto, como a alternativa de geração distribuída geralmente carrega consigo custos mais elevados de processo do que outras fontes tradicionais de suprimento energético, as empresas que optaram por tais empreendimentos não estavam focadas apenas na redução de custos operacionais, mas sim considerando relevantes implicações estratégicas desse investimento.

De acordo com a denominação ecológica proposta por Montabon, Pagell e Wu

(2016) e considerando o amplo espectro de alternativas para suprimento energético, as principais razões para o *insource* de energia vão muito além dos aspectos financeiros e precisam considerar a oportunidade de uma empresa estabelecer, operar e manter uma estrutura geradora mais eficiente que a dos seus competidores. Tal ponderação leva a estabelecer a seguinte proposição:

Proposição #2: a decisão de corporações globais que operam em mercados emergentes de gerar seu próprio suprimento de energia não está fundamentalmente baseada em incentivos para redução de custos.

Uma vez que os preços e tarifas de energia elétrica são estabelecidos a valores atrativos, as empresas consideram o investimento em fontes de geração distribuída salientando as incertezas e os custos futuros de eletricidade. Os estudos de caso demonstraram que a escassez de recursos não é uma ameaça presente, pois nenhuma das companhias investigadas precisou considerar a busca por fontes alternativas baseada na economia do custo de geração.

No que diz respeito à dimensão legal, cabe aos órgãos legislativos governamentais impulsionar incentivos fiscais de curto prazo e regulamentos para promoverem mudanças no desenvolvimento econômico que tenham impacto direto sobre o preço da energia elétrica e da negociação de seus excedentes. Entretanto, baseado nos estudos de caso aqui considerados, as decisões de investimento em fontes próprias de geração de energia foram motivadas principalmente por razões estratégicas e econômicas, ou seja, compromissos de longo prazo, de maneira oposta aos incentivos fiscais de curto prazo. Isso levou à próxima proposição, que estende e complementa a proposição #2.

Proposição #3: em países com forte potencial de geração de energia a partir de fontes renováveis, tais como bioenergia e energia eólica, o largo uso de energia

distribuída é pouco impactado pelos valores e tarifas de energia no mercado, mas é fortemente influenciado pelas futuras perspectivas de demanda e oferta.

Em alguns locais, a infraestrutura de distribuição de energia elétrica é limitada ou depende da incidência de elevadas tarifas. Todavia, se a demanda local é suprida pelas concessionárias geradoras e distribuidoras, tais aspectos não podem ser tidos como restritivos.

Nos locais onde não há algum tipo de acesso à rede elétrica pública, os preços e tarifas para fornecimento do suprimento energético passam a ter forte impacto nas decisões de investimento comercial e, conseqüentemente, nas estratégias de geração distribuída.

Vale ressaltar também que todas as empresas dos estudos de caso apresentados neste estudo buscavam o aumento de sua responsividade e da confiabilidade de seu suprimento energético, protegendo-se contra futuros riscos de apagões elétricos. A partir da análise cruzada dos estudos de caso, percebe-se que a maioria das empresas opera com múltiplas fontes, ou seja, redundância, em vez de depender exclusivamente de uma única alternativa de suprimento energético. Particularmente nesta análise, concluiu-se que as plantas de geração distribuída funcionam como alternativas de baixo custo, que reforçam o atual modelo do sistema de suprimento energético.

As recentes melhorias tecnológicas permitiram a combinação de calor com a geração de energia elétrica, ao passo que os métodos de inovação de tecnologia precisam ser ampliados de acordo com a área de negócio e tipo de processo de cada empresa para que possam abranger novos equipamentos e processos. Como empreendimentos que dependem de geração distribuída são projetos de investimentos com uso intensivo de capital, muitas dessas plantas tornam-se fundamentais para a viabilização do negócio e redução de despesas. Apesar disso, dados os custos de



eletricidade para a energia gerada a partir de fontes limpas, as empresas optam pelo aporte em iniciativas desse tipo, realizando investimentos puramente estratégicos para a companhia.

No futuro, a introdução e ampla difusão de novas tecnologias ou, ainda, o aprimoramento das técnicas vigentes podem fazer com que a geração de energia por fontes distribuídas se torne economicamente mais atrativa. De forma mais específica, a partir dos estudos de caso, percebe-se que as empresas tomaram a decisão de gerar seu próprio suprimento energético, transcendendo as dimensões econômicas de análise. Aquelas que optaram por esse tipo de investimento tomaram a decisão de, concomitantemente, melhorar sua imagem social e ambiental e proteger-se contra futuros cenários de demanda volátil, aumentando sua responsividade. De maneira mais resumida, essa ideia está apresentada na quarta proposição deste trabalho.

Proposição #4: das cinco forças que gerem as mudanças nas cadeias de suprimentos, a que mais contribui para a tomada de decisão estratégica sobre a própria geração de energia é a sustentabilidade.

Por último, o pilar econômico não foi desconsiderado nas análises de empresas globais operando em mercados em desenvolvimento no que diz respeito às decisões de geração própria de energia. Por exemplo, as receitas das companhias podem ser correlacionadas aos preços das *commodities*, os quais estão extremamente relacionados às incertezas da economia global, mas, ao mesmo tempo, não estão diretamente relacionados aos preços da energia elétrica ou dos insumos para sua geração.

Com isso, nossa quinta e última proposição deste trabalho está relacionada não só aos recursos fundamentais para a geração de energia, mas também aos preços de outras *commodities* que impactam o fluxo de caixa das empresas globais.

Proposição #5: nos mercados emergentes, o preço das *commodities* desempenha

relevante papel nas decisões sobre geração distribuída de energia.

Tal cenário pode levar duas distintas possibilidades: se a receita da companhia depende do preço de *commodities* que estão diretamente ligados ao preço ou à geração de energia, a empresa tem mais liberdade para investir em iniciativas de geração distribuída. Por outro lado, a empresa pode exigir análises mais detalhadas sobre o retorno do investimento em fontes de geração própria caso sua margem com a venda de *commodities* seja reduzida.

## **CAPÍTULO 7 CONCLUSÃO**

Neste trabalho foram investigadas *por quais razões as empresas primarizam sua geração de energia*. De maneira objetiva pode-se afirmar que os principais motivos que levam as empresas globais que operam em mercados em desenvolvimento a optarem pelo *insourcing* de energia são: o aproveitamento de rejeitos do processo, a melhoria da imagem social e ambiental, o aumento da responsividade e confiabilidade, a incerteza econômica e crescimento da demanda e a viabilização econômica do empreendimento.

De maneira particular, todos os estudos de caso citaram o pilar estratégico como o mais relevante motivador para as decisões de geração própria de energia, seguido pela motivação econômica, pois a partir dos aspectos analisados as empresas destacaram a pressão pela busca recorrente de lucros.

Para enfrentar as constantes mudanças pelas quais o mercado global vem passando, as empresas vêm se preparando aumentando a redundância dos seus

processos, apesar das chances de perderem suas vantagens competitivas como cadeias enxutas. Dessa forma, as atividades relacionadas à cadeia de suprimentos passam a ser elemento de grande interesse dos gestores, por lidarem com fatores estratégicos para a solução de problemas no novo cenário mundial.

Como resultado, muitas empresas estão desenvolvendo suas estratégias de suprimento com base em padrões globais que vão além da análise puramente econômica. Nessa linha, a teoria de custos transacionais (WILLIAMSOM, 1989) pode ser usada para orientar uma estratégia organizacional, em que as tomadas de decisão consideram os benefícios estratégicos com custos de transação na busca pela máxima eficiência.

De maneira geral, infere-se que as empresas adotam critérios estratégicos para garantir os lucros e, dessa forma, resguardar seu pilar econômico a longo prazo. Nesse cenário, os aspectos legais podem contribuir para que as empresas operem no mesmo patamar, reconhecendo significativas implicações de política pública na mesma linha em que Montabon, Pagell e Wu (2016) propõem na lógica ecologicamente dominante.

*Sobre os tradicionais fundamentos de gestão cadeias de suprimentos que afetam a estratégia de energia de empresas globais, a sustentabilidade é o fator que mais se destaca. Essa conclusão vai ao encontro da lógica de dominação ecológica proposta por Montabon, Pagell e Wu (2016).*

Evidencia-se, assim, a necessidade de uma gestão da cadeia de suprimentos que respeite a premissa de preservação do meio ambiente como fundamental para o desenvolvimento econômico. Essa premissa orienta a reestruturação das cadeias de suprimento de energia de empresas globais na busca por mais competitividade em mercados com rígidas exigências dos *stakeholders* na busca por organizações éticas e ecologicamente responsáveis.

Todavia, existe uma ressalva que precisa ser destacada, a de que a presente pesquisa focou-se em tomadas de decisão referentes à geração distribuída para consumo próprio de energia. Dessa forma, a presente análise considera projetos específicos de geração de energia e não as decisões gerais das companhias.

Para reafirmar a importância da sustentabilidade de uma maneira mais ampla referente ao planejamento estratégico geral das empresas, são necessários estudos mais profundos com foco em outras questões de análise. Assim, iniciativas como o investimento em fontes de geração distribuída de energia podem ser vistas como o primeiro passo em direção a um sistema corporativo voltado para a sustentabilidade. Em outras palavras, de maneira oposta à tentativa de modificar completamente a empresa inteira de uma só vez, sugere-se que a gestão sustentável das cadeias de suprimentos seja implementada de maneira gradual, focando em iniciativas distintas a cada passo.

Algumas objeções sempre haverá em relação ao cumprimento dos atributos de sustentabilidade. E em alguns casos, empresas globais poderão migrar para países com regras menos rígidas, fugindo de responsabilidade social corporativa imposta em alguns locais. A própria globalização se encarrega de reordenar o sistema, pressionando as empresas para realizarem os termos de ajuste de conduta (TACs). Fica claro, então, que os gestores não podem tomar decisões fundamentados somente no aspecto econômico, ou seja, voltado apenas para o lucro dos acionistas. Afinal, a longo prazo, esse tipo de postura pode trazer prejuízos para os acionistas, visto que pode desqualificar a empresa diante da sociedade e dos órgãos públicos.

No Brasil, a partir de 2003 o setor de geração de energia elétrica é obrigado a divulgar seu balanço social contendo informações qualitativas e quantitativas precisas sobre o desempenho da empresa nas áreas sociais, ambientais e nas relações com os seus diversos *stakeholders*. O balanço social é um instrumento importante para tomadas

de decisões de investimento e governança na empresa e evidencia a relevância da teoria dos *stakeholders* proposta por Freeman (1984).

Do ponto de vista gerencial, as empresas globais precisam dedicar especial atenção aos benefícios de longo prazo produzidos pela geração própria de energia como, por exemplo, a criação de novas unidades de negócio, a geração de valor a partir de resíduos e o desenvolvimento de novos produtos, assim como o custo do ciclo de vida das tecnologias de geração e dos sistemas implementados.

De forma resumida, entende-se que, para se garantir ambiente sustentável, com utilização de inovações tecnológicas, economia de recursos, estabilidade nos preços das *commodities* e alternativas de suprimento, deve haver atuação dos órgãos públicos, no sentido de legislar a favor desses ganhos e garantir que as empresas trabalhem enfatizando ações estratégicas e não apenas econômicas. É o pilar legal que irá garantir a existência de um cenário cujas práticas de longo prazo, ou seja, estratégicas, irão gerar benefícios econômicos duradouros.

## **7.1 Implicações práticas**

O objetivo ao desenvolver este quadro é ajudar as empresas a avaliarem o *status quo* de uma planta de energia distribuída e identificar oportunidades de melhoria em potencial para reconfigurar a sua estratégia de cadeia de suprimentos. A partir dos estudos de entrevistas em profundidade e estudos de caso, conseguiu-se desenvolver uma estrutura robusta que abrange todos os aspectos que levam as empresas a investirem em instalações próprias de geração de energia.

Em primeiro lugar, é necessário ter melhor compreensão de como as empresas globais estão se comportando ao tomarem a decisão de investir em iniciativas de energia

distribuída e, conseqüentemente, obter melhor compreensão das inter-relações entre os vários elementos capturados pelo nosso quadro. Além disso, buscou-se, com base nas proposições estabelecidas, ajudar os tomadores de decisão em futuras avaliações de projetos de energia/geração distribuída.

Em poucas palavras, desenvolveu-se uma estrutura conceitual que leva em conta não apenas as questões de gestão de operações tradicionais - como a demanda intermitente, a sazonalidade, a dificuldade de armazenar energia, preços, previsão imprecisa, questões logísticas para conexão de geração de energia para o mercado consumidor -, mas também aspectos relacionados a cadeias globais de abastecimento - a crescente demanda, requisitos legais, sustentabilidade, encurtamento dos ciclos de vida de produtos, crise econômica, a flutuação do preço do petróleo e a escassez de recursos.

## **7.2 Implicações teóricas**

Esta pesquisa fornece contribuições para a literatura existente sobre gestão de operações com foco no desenvolvimento de operações de energia distribuída. Em primeiro lugar, contribui para o desenvolvimento da teoria, tomando aspectos globais de operações de cadeias de suprimentos e organizando-os num quadro de análises que deve ser avaliado para investigações em futuras decisões a respeito do suprimento energético de outras empresas.

Os resultados dos estudos de caso mostram que a teoria dos *stakeholders* de Freeman (1984) é utilizada como fundamentação para a estratégia atrelada ao modelo de governança corporativa e garantindo vantagens competitivas aos diversos segmentos de atuação. Com as decisões de *insourcing* de energia elétrica as empresas buscam garantia do seu próprio valor, aumento do valor das ações e, conseqüentemente, crescente lucro

para os *stockholders*.

Uma das principais conclusões deste trabalho é que, apesar da responsabilidade econômica ser ressaltada como base de todas as demais análises - pois antes de qualquer coisa a empresa deve manter-se lucrativa -, para preservar ou aumentar esses resultados o planejamento estratégico da cadeia de suprimento de energia deve adotar um modelo de governança que, além de cumprir todas as exigências legais, vise também atender a todos os *stakeholders* envolvidos.

O conceito de lucro não é mais garantia para as expectativas dos investidores, por isso as atenções dos gestores se voltaram para o valor da empresa como possibilidade de ganhos futuros e as análises econômicas objetivaram também os custos de transação. O foco na busca pelo lucro dá lugar ao valor da empresa. Essa afirmativa, entretanto, não quer dizer que o gestor deva deixar de buscar o lucro, pois a ausência deste conduz a um processo de falência.

De acordo com McIvor (2009, p. 50), "análises de custos de transação têm o foco em habilidades de governança, enquanto visões baseadas em recursos se concentram principalmente na capacidade de produção". Ainda que esses custos transacionais não sejam formalmente levados em conta na avaliação financeira das alternativas, estão todos de acordo com a teoria proposta por Williamson (1998), ao acentuarem a disponibilidade restrita de fornecedores locais, a especificidade de ativos e recursos tecnológicos dedicados ao processo de geração, o nível geral de incerteza em torno da demanda e a frequência ininterrupta de fornecimento energético para garantia das operações.

Neste estudo, destaca-se a importância da teoria dos *stakeholders* (FREEMAN, 1984) e da teoria dos custos de transação (WILLIAMSON, 1998) para avaliarem estrategicamente a decisão de fornecimento de energia. As questões de pesquisa estão



focadas em estratégias de governança e buscam o alinhamento entre decisões de *insourcing* e as estruturas de governança correspondente.

### **7.3 Limitações e pesquisas futuras**

As reflexões aqui contidas e as discussões provenientes dos casos estudados aprofundam a compreensão da motivação de empresas globais que atuam em mercados em desenvolvimento na busca por investimentos em geração distribuída. Naturalmente, como era de se esperar, esta pesquisa não esgotou o assunto e abre novas perspectivas para outros estudos.

Como nossa amostra é composta de empresas com iniciativas de geração distribuída localizadas no Brasil e na Colômbia, pesquisas futuras podem testar nossas proposições em maior número de empresas e diferentes indústrias em desenvolvimento de medidas específicas e objetivos baseados nos resultados do presente estudo. A continuidade deste estudo pode ser na forma de pesquisas que incluam, por exemplo, investigações com base no nosso quadro também em outros países e mercados. Espera-se que trabalhos futuros que possam incorporar o quadro de análises aqui desenvolvido possam validar a metodologia aqui proposta.

A presente pesquisa limita-se a apoiar os gestores em análises de opções para que sejam identificadas as melhores estratégias de suprimentos para o consumo de energia elétrica das empresas sem, no entanto, identificar as melhores práticas globais (regulatórias e políticas) para esse tipo de suprimento.

Pode-se, então, propor futuramente estudos que identifiquem propostas de ajustes e inovações regulatórias que sejam mais eficientes no sentido de viabilizar a difusão das iniciativas de geração distribuída nos países em desenvolvimento, uma vez

que a presente pesquisa limita-se a ressaltar a importância de tais políticas, mas sem identificá-las de forma mais objetiva. Nesse sentido, novas investigações deverão buscar mecanismos regulatórios adotados em outros países e avaliar a adequação de tais mecanismos regulatórios aos países em desenvolvimento.

De maneira complementar, pesquisas futuras também podem se empenhar em avaliar os impactos financeiros obtidos por empresas geradoras, distribuidoras e para os consumidores frente a novas iniciativas de geração distribuída.

Adicionalmente, propõe-se, ainda, que sejam examinadas as perspectivas de disseminação dessas tecnologias no sistema elétrico dos países abordados no presente trabalho pelos próximos anos. Acredita-se ser importante analisar a evolução da estratégia corporativa das empresas que optaram pela autogeração de energia, ampliando os critérios de avaliação para outros além dos propostos pelo nosso quadro. Poderão ser analisados aspectos societários, indicadores de produtividade, eficiência e análise de fluxo de caixa em complementação a esta análise.

Esse tipo de estudo exige dados quantitativos e detalhados sobre as empresas avaliadas, o que pode ser viável adotar estudos de caso específicos, sendo pouco provável de ser alcançado com estudos de caso múltiplos.

Ademais, o presente trabalho não pretende ser normativo nem denota que para tornarem-se competitivas as empresas precisem optar pela verticalização de suas operações, trazendo para dentro da cadeia atividades e funções exercidas por terceiros.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). Disponível em: <http://www.aneel.gov.br>. Acesso em: 05 de janeiro de 2016.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL) Resolução 482/2012. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências. Brasília: **DO**, 18.05.2012.

ALDANA, A. *et al.* **Implementation of smart grids in the Colombian electrical sector**. Innovative Smart Grid Technologies (ISGT Latin America), IEEE PES Conference on. IEEE, 2011, p. 1-6.

ASIF, M.; MUNEEER, T. Energy supply, its demand and security issues for developed and emerging economies. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 11, n. 7, p. 1388-1413, 2007.

BALAKRISIAN, S. The dynamics of make-or-buy decisions. **European Journal of Operational Research**, v. 74, pp. 552-571, 1994.

BARROSO, L.A. *et al.* Auctions of contracts and energy call options to ensure supply adequacy in the second stage of the Brazilian power sector reform. *In*: 2006 IEEE POWER ENGINEERING SOCIETY GENERAL MEETING. IEEE. Montreal, Quebec, Canada **Anais...**, 2006. p. 8.

BERMÚDEZ, D.A.; CHIVITA, N.B. **Impulsores, retos y estrategias para la generación distribuida en grandes empresas del Valle Del Cauca**. Universidad Icesi Facultad de Ingeniería, Santiago de Cali, 2014.

BOVAIRD, T. Public-private partnerships: from contested concepts to prevalent practice. **International Review of Administrative Sciences**, v. 70, n. 2, p. 199-215, 2004.

BOZARTH, C.; HANDFIELD, R.; DAS, A. Stages of global sourcing strategy evolution: an exploratory study. **Journal of Operations Management**, v. 16, n. 2, p. 241-255, 1998.

CÁNEZ, L.E.; PLATTS, K.W.; PROBERT, D.R. Developing a framework for make-or-buy decisions. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 20, n. 11, p. 1313-1330, 2000.

CHOPRA, S.; SODHI, M.S. Managing risk to avoid supply-chain breakdown. **MIT Sloan Management Review**, v. 46, n. 1, p. 53, 2004.

CHRISTOPHER, M.; PECK, H. Building the resilient supply chain. **The international Journal of Logistics Management**, v. 15, n. 2, p. 1-14, 2004.

CLARKE, J.A. *et al.* The role of built environment energy efficiency in a sustainable UK energy economy. **Energy Policy**, v. 36, n. 12, p. 4605-4609, 2008.

COMISSÃO ECONÔMICA PARA A AMÉRICA LATINA E O CARIBE COASE, R.H. The nature of the firm. **Econômica**, v. 4, n. 16, p. 386-405, 1937.

COMISSÃO ECONÔMICA PARA A AMÉRICA LATINA CEPAL. Disponível em: [www.cepal.org](http://www.cepal.org). Acesso em: 05 de jan de 2014.

DE MARTINO JANNUZZI, G.; DE MELO, C.A. Grid-connected photovoltaic in Brazil: Policies and potential impacts for 2030. **Energy for Sustainable Development**, v. 17, n. 1, p. 40-46, 2013.

DONDI, P. *et al.* Network integration of distributed power generation. **Journal of Power sources**, v. 106, n. 1, p. 1-9, 2002.

DYMENT, J.J. Strategies and management controls for global corporations. **Journal of Business Strategy**, v. 7, n. 4, p. 20-26, 1987.

EISENHARDT, K.M. Building theories from case study research. **Academy of Management Review**, v. 14, n. 4, p. 532-550, 1989.

ELKINGTON, J. Enter the triple bottom line. **The Triple Bottom Line: Does It All Add Up**, v. 11, n. 12, p. 1-16, 2004.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Anuário estatístico de energia elétrica 2013**. Disponível em: [http://www.epe.gov.br/AnuarioEstatisticodeEnergiaEletrica/20130909\\_1.pdf](http://www.epe.gov.br/AnuarioEstatisticodeEnergiaEletrica/20130909_1.pdf), on October 16th, 2014. Acesso em: outubro de 2016.

FREEMAN, R.E. Strategic management: A stakeholder approach, Boston, Pitman. *In*: FRIEDMAN, M. The social responsibility of business is to increase its profits. **New York Times Magazine**, v. 33, n. 30, p. 32-33, 1984.

FREEMAN, R.E. **Strategic management: A stakeholder approach**. Cambridge University Press, 2010.

GATTORNA, J. **Living supply chains: alinhamento dinâmico de cadeias de valor**. São Paulo: Financial Times, 2009.

GIDDENS, A. **The politics of climate change**. Cambridge, UK, 2009.

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1991.

GOLDEMBERG, J. **World Energy Assessment: energy and the challenge of sustainability**. United Nations Pubns, 2000.

GRYNBERG, R.; NEWTON, S. **Commodity prices and development**. Oxford University Press, 2007.

HAJMOHAMMAD, S.; VACHON, S. Mitigation, avoidance, or acceptance? Managing supplier sustainability risk. **Journal of Supply Chain Management**, 2015.

HALLDÓRSSON, A.; KOVÁCS, G. The sustainable agenda and energy efficiency: Logistics solutions and supply chains in times of climate change. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 40, n. 1/2, p. 5-13, 2010.

HALLDÓRSSON, A.; SVANBERG, M. Energy resources: trajectories for supply chain management. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 18, n. 1, p. 66-73, 2013.

HAMMONS, T.J.; BARROSO, L.A.; RUDNICK, H. Market Mechanisms and Supply Adequacy in Power Sector Reforms in Latin America. *In: THE 41ST INTERNATIONAL UNIVERSITIES POWER ENGINEERING CONFERENCE*. IEEE. Newcastle, **Proceedings...**, 2006. p. 965-973.

HOFF, T.E.; WENGER, H.J.; FARMER, B.K. Distributed generation: an alternative to electric utility investments in system capacity. **Energy Policy**, v. 24, n. 2, p. 137-147, 1996.

HOLCOMB, T.R.; HITT, M.A. Toward a model of strategic outsourcing. **Journal of Operations Management**, v. 25, n. 2, p. 464-481, 2007.

IKEA Group Sustainability Report FY14. 2014. Disponível em: [http://www.ikea.com/ms/en\\_GB/about-the-ikea-group/people-and-planet/index.html](http://www.ikea.com/ms/en_GB/about-the-ikea-group/people-and-planet/index.html). Acesso em: 08 de maio de 2015.

INSTITUTE FOR SUSTAINABILITY. 2013. Disponível em: <http://www.instituteforsustainability.co.uk/latestpublications.html>. Acesso em: 08 de maio de 2015.

INSTITUTO NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA (INEE). Disponível em: [http://www.inee.org.br/forum\\_ger\\_distrib.asp](http://www.inee.org.br/forum_ger_distrib.asp). Acesso em: 18 de agosto de 2016.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). Disponível em: [https://www.iea.org/bookshop/731-World\\_Energy\\_Investment\\_2016](https://www.iea.org/bookshop/731-World_Energy_Investment_2016). Acesso em: 15 de fevereiro de 2016.

ISMA, M. Visualising the global shift in energy demand and supply. **International Journal of Energy Economics and Policy**, v. 2, n. 3, p. 134, 2012.

JIAYI, H.; CHUANWEN, J.; RONG, X. A review on distributed energy resources and MicroGrid. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 12, n. 9, p. 2472-2483, 2008.

JOHNSTONE, N. HAŠČIČ, I.; POPP, D. Renewable energy policies and technological innovation: evidence based on patent counts. **Environmental and Resource Economics**, v. 45, n. 1, p. 133-155, 2010.

JONES, A. Truly global corporations? Theorizing 'organizational globalization' in advanced business-services. **Journal of Economic Geography**, v. 5, n. 2, p. 177-200, 2005.

KANTER, R.M.; DRETHER, T.D. "Global strategy" and its impact on local operations: Lessons from Gillette Singapore. **The Academy of Management Executive**, v. 12, n. 4, p. 60-68, 1998.

KNEMEYER, A.M.; ZINN, W.; EROGLU, C. Proactive planning for catastrophic events in supply chains. **Journal of Operations Management**, v. 27, n. 2, p. 141-153, 2009.

KOCH, C. Control and governance of transmission organizations in the restructured electricity industry. **Available at SSRN 234330**, 2000.

LAKATOS, E.M.; MARCONI, M.A. **Fundamentos de metodologia científica**. São Paulo: Atlas, 1993.

LASSILA, J. *et al.* Concept of strategic planning in electricity distribution business. **International Journal of Energy Sector Management**, v. 5, n. 4, p. 447-470, 2011.

LEE, H.L.; BILLINGTON, C. Managing supply chain inventory: pitfalls and opportunities. **Sloan Management Review**, v. 33, n. 3, p. 65, 1992.

MACHADO, M.M. **Economias de escala e eficiência na geração de energia elétrica no Brasil**. Tese (Doutorado em Economia), Universidade de Brasília, Brasília 2014.

MANTEL, S.P.; TATIKONDA, M.V.; LIAO, Y. A behavioral study of supply manager decision-making: Factors influencing make versus buy evaluation. **Journal of Operations Management**, v. 24, n. 6, p. 822-838, 2006.

MATTOS, M.G. **Gestão de riscos em cadeias suprimentos [manuscrito]**: estudo exploratório sobre a experiência brasileira, 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes e Geotecnia). Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia da. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

McCRONE, A. *et al.* Global trends in renewable energy investment 2012. **Frankfurt School UNEP Collaborating Centre for Climate and Sustainable Energy Finance**, 2012.

McIVOR, R. How the transaction cost and resource-based theories of the firm inform outsourcing evaluation. **Journal of Operations management**, v. 27, n. 1, p. 45-63, 2009.

MOLLENKOPF, D. *et al.* Green, lean, and global supply chains. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 40, n. 1/2, p. 14-41, 2010.

MONTABON, F.; PAGELL, M.; WU, Z. Making sustainability sustainable. **Journal of Supply Chain Management**, 2016.

MOREIRA, J.R. *et al.* Externalidades associadas à geração distribuída de energia elétrica a partir de biomassa na indústria sucroalcooleira. *In: 5th ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL*. Campinas, **Proceedings...**, 2004.

MILES, M.B.; HUBERMAN, A.M.; SALDANA, J. **Qualitative data analysis: A methods sourcebook**. SAGE Publications, Incorporated, 2013.

MIRATA, M.; NILSSON, H.; KUISMA, J. Production systems aligned with distributed economies: Examples from energy and biomass sectors. **Journal of Cleaner Production**, v. 13, n. 10, p. 981-991, 2005.

NAGURNEY, A.; YU, M. Sustainable fashion supply chain management under oligopolistic competition and brand differentiation. **International Journal of Production Economics**, v. 135, n. 2, p. 532-540, 2012.

OLLAIK, L.G.; ZILLER, H.M. Concepções de validade em pesquisas qualitativas. **Educação e Pesquisa**, v. 38, n. 1, p. 229-241, 2012.

PAGELL, M.; WU, Z. Building a more complete theory of sustainable supply chain management using case studies of 10 exemplars. **Journal of Supply Chain Management**, v. 45, n. 2, p. 37-56, 2009.

PARMIGIANI, A.; KLASSEN, R.D.; RUSSO, M.V. Efficiency meets accountability: Performance implications of supply chain configuration, control, and capabilities. **Journal of Operations Management**, v. 29, n. 3, p. 212-223, 2011.

PEREIRA, M.G. *et al.* The renewable energy market in Brazil: Current status and potential. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 16, n. 6, p. 3786-3802, 2012.

POPPO, L. Influence activities and strategic coordination: Two distinctions of internal and external markets. **Management Science**, v. 41, n. 12, p. 1845-1859, 1995.

PRADO, C.A.S. **Análise dos modelos de coordenação da operação adotados a partir da reestruturação dos sistemas elétricos no mundo: uma abordagem segundo os quadros de referência da gestão de cadeias de suprimentos**. 2006. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) - COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE (PNUMA) 2016. Disponível em: <http://web.unep.org/regions/brazil/other/efici%C3%A2ncia-de-recursos>  
Acesso em: 15 de fevereiro de 2016.

QUINN, J.B.; HILMER, F.G. Strategic outsourcing. **Sloan Management Review**, v. 35, n. 4, p. 43, 1994.

RAMAMURTI, R.; SINGH, J.V. **Emerging multinationals in emerging markets**. Cambridge University Press, 2009.

RODRÍGUEZ, C.R.C. **Mecanismos regulatórios, tarifários e econômicos na geração distribuída: o caso dos sistemas fotovoltaicos conectados à rede**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Campinas: UNICAMP, 2002.

ROGERS, P.P.; JALAL, K.F.; BOYD, J.A. **Sustainable development indicators: An introduction to sustainable development**. London, UK: Earthscan, 2008, p. 116-122.

SALAMONI, I.T. *et al.* **Metodologia para cálculo de geração fotovoltaica em áreas urbanas aplicada a Florianópolis e Belo Horizonte**. (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil ) 2004.

SANDERSON, J. Passing value to customers: on the power of regulation in the industrial electricity supply chain. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 4, n. 4, p. 199-208, 1999.

SAUNDERS, M.N.K. **Research methods for business students**. 5/e. Pearson Education India, 2011.

SCHNEIDER, C.O. *et al.* Transaction cost economics in global sourcing: Assessing regional differences and implications for performance. **International Journal of Production Economics**, v. 141, n. 1, p. 243-254, 2013.

SILVA, E.L.; MENEZES, E.M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. Florianópolis, UFSC, 2001.

STOCK, J.R.; BOYER, S.L.; HARMON, T. Research opportunities in supply chain management. **Journal of the Academy of Marketing Science**, v. 38, n. 1, p. 32-41, 2010.

TURTON, H.; BARRETO, L. Long-term security of energy supply and climate change. **Energy Policy**, v. 34, n. 15, p. 2232-2250, 2006.

UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA (UPME). 2015. Disponível em: <http://www1.upme.gov.co/demanda-y-eficiencia-energetica>. Acesso em: 15 de fevereiro de 2016.

URIBE, M.; YUE, V.Z. Country spreads and emerging countries: Who drives whom?. **Journal of International Economics**, v. 69, n. 1, p. 6-36, 2006.

VOSS, C.; TSIKRIKTSIS, N.; FROHLICH, M. Case research in operations management. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 22, n. 2, p. 195-219, 2002.



WICHMANN, B.K. *et al.* Making Environmental SCM Initiatives Work—Moving Beyond the Dyad to Gain Affective Commitment. **Journal of Supply Chain Management**, v. 52, n. 1, p. 21-40, 2016.

WILLIAMSON, O.E. Outsourcing: transaction cost economics and supply chain management. **Journal of supply chain management**, v. 44, n. 2, p. 5-16, 2008.

WILLIAMSON, O.E. Transaction cost economics. **Handbook of Industrial Organization**, v. 1, p. 135-182, 1989.

WILLIAMSON, O. E. Transaction cost economics: how it works; where it is headed. **De Economist**, v. 146, n. 1, p. 23-58, 1998.

YIN, R.K. **Case study research: Design and methods**. Sage publications, 2013.