

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE ECONOMIA
MONOGRAFIA DE BACHARELADO

**A TRANSIÇÃO ENERGÉTICA NA ALEMANHA:
POSSIBILIDADES E LIMITES PARA A UTILIZAÇÃO
DE FONTES RENOVÁVEIS**

BERNARDO BLAZUTI BARRETO GONÇALVES
matrícula nº 109024484

ORIENTADOR: Prof. Dr. Ronaldo Goulart Bicalho

MARÇO 2015

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE ECONOMIA
MONOGRAFIA DE BACHARELADO

**A TRANSIÇÃO ENERGÉTICA NA ALEMANHA:
POSSIBILIDADES E LIMITES PARA A UTILIZAÇÃO
DE FONTES RENOVÁVEIS**

BERNARDO BLAZUTI BARRETO GONÇALVES
matrícula nº 109024484

ORIENTADOR: Prof. Dr. Ronaldo Goulart Bicalho

MARÇO 2015

As opiniões expressas neste trabalho são de exclusiva responsabilidade do autor

AGRADECIMENTOS

À minha família, em especial à minha mãe Carmen e meu pai Fernando, pelo apoio, amor incondicional e valores de vida que me ensinaram.

Aos meus amigos, do Colégio Sagrado Coração de Maria e do Instituto de Economia da UFRJ, por todos os momentos de felicidade que essas amizades me proporcionaram nos últimos anos.

Aos professores do Instituto de Economia, em especial ao Professor Ronaldo Bicalho, que tanto contribuíram para a minha formação pessoal e profissional.

Por fim, agradeço a Deus por ter me guiado pelo caminho correto nos momentos em que mais precisei.

RESUMO

Este estudo monográfico tem como objetivo analisar o processo de transição energética ocorrido na Alemanha, a partir dos anos 1990, através do exame das principais medidas políticas tomadas para que o objetivo da inserção das fontes renováveis na matriz energética alemã fosse alcançado. Os principais resultados identificados no estudo foram: i) a mudança na conscientização popular a respeito da importância das fontes mais limpas de geração de energia para a economia alemã como um todo; ii) a dificuldade da inserção de novas tecnologias renováveis de fornecimento de energia decorrente da presença de fontes tradicionais de geração já estabelecidas sobre a matriz energética alemã; iii) papel essencial do Estado na formulação de medidas e políticas que permitam que o sucesso da transição energética seja obtido.

SÍMBOLOS, ABREVIATURAS, SIGLAS E CONVENÇÕES

FIT	Tarifas Feed-In
GEE	Gases do Efeito Estufa
IEA	Agência Internacional de Energia
IER	Instituto de Pesquisa de Energia
kW	Kilowatt
kWh	Kilowatt Hora
Mt	Milhões de Toneladas
MW	Megawatts
TWh	Terawatts Hora

ÍNDICE

INTRODUÇÃO	8
CAPÍTULO I - ELEMENTOS DA POLÍTICA ENERGÉTICA.....	11
<i>I.1 - Questões climáticas e segurança do abastecimento</i>	11
I.1.1 - Mudança climática	12
I.1.2 - Segurança energética	14
<i>I.2 - Gestão do trade-off segurança energética versus segurança climática</i>	16
I.2.1 - Eficiência energética	17
I.2.2 - O caso alemão	18
CAPÍTULO II - O PROCESSO DE TRANSIÇÃO ENERGÉTICA ALEMÃ	20
<i>II.1 - Trajetória alemã em busca das renováveis</i>	20
II.1.1 - Financiamento do projeto	21
II.1.2 - Reestruturação do plano	22
II.1.3 - Efeitos do acidente de Fukushima	25
<i>II.2 - Desafios da transição energética para a Alemanha.....</i>	26
II.2.1 - Promoção da sustentabilidade.....	27
II.2.2 - O papel-chave das novas tecnologias	29
II.2.3 - Mudanças sem prejuízos à base.....	33
CAPÍTULO III - CRÍTICAS E REVISÃO DA TRANSIÇÃO	36
<i>III.1 - Críticas ao projeto</i>	36
III.1.1 - Ameaça de desindustrialização e os elevados custos	37
III.1.2 - Problemas na rede elétrica.....	39
<i>III.2 - Revisão do projeto.....</i>	42
CONCLUSÃO	45
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Emissões de CO2 por combustível, entre 1973 e 2011.	13
Gráfico 2: Emissões de CO2 por setor da economia, entre 1973 e 2011.....	19
Gráfico 3: Geração de eletricidade na Alemanha, entre 2005 e 2050.....	28
Gráfico 4: Demanda e oferta de energia final na Alemanha, entre 2005 e 2050.	29
Gráfico 5: Emprego nos setores de energia na Alemanha, entre 2005 e 2011.....	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Metas contidas nos Pacotes Energéticos de 2010 e 2011.	24
Tabela 2: Custo da eletricidade residencial no mundo em 2012.	39

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Importação de fontes tradicionais de energia na Alemanha em 2012.	18
Figura 2: Desenvolvimento das turbinas eólicas na Alemanha, entre 1990 e 2010.....	31
Figura 3: Fluxos e informações da rede elétrica alemã.	41

INTRODUÇÃO

Em um mundo plenamente globalizado, no qual diferentes formas de se conduzir uma economia impactam diretamente nas relações econômicas e sociais entre os países, a energia se apresenta como um dos pilares que sustentam o crescimento econômico e o sucesso das políticas nacionais. A energia tem o papel-chave de ser o suprimento que alimenta os diferentes setores da economia, os quais são essenciais para que haja desenvolvimento econômico e manutenção do bem-estar da sociedade.

Durante décadas, os combustíveis fósseis foram a principal fonte para a geração da energia. Dado que o setor energético se caracteriza por ser intensivo em capital, onde os baixos custos e a alta disponibilidade de recursos facilitam a exploração dos combustíveis fósseis, diversos países formaram sua base energética sob fontes tradicionais de geração de energia, onde a Inglaterra e os Estados Unidos se destacam, com a exploração de carvão a partir da revolução industrial pelos ingleses, e o uso intensivo de petróleo pelos norte-americanos. Sendo assim, fontes tradicionais como o carvão mineral, o petróleo e o gás natural adquirem papel de protagonistas na geração e no fornecimento de energia.

Todavia, por mais que essas fontes tradicionais carreguem consigo diversos benefícios, certos problemas relacionados à exploração dos combustíveis fósseis fizeram com que se fosse repensado a forma de produção energética a partir dessas fontes. Dentre os principais assuntos de debate, os problemas climáticos ganham destaque. Nesse caso, os Gases do Efeito Estufa (GEE) adquirem o papel de vilões no processo de geração energética via combustíveis fósseis.

Analisado o caso da Alemanha, temos uma economia robusta e plenamente desenvolvida, em que a produção industrial se destaca por setores como o automobilístico, maquinário pesado, químico, dentre outros, os quais são alimentados por uma mão de obra altamente qualificada (IEA, 2013, p. 20). Para que esses setores possam manter o nível de desenvolvimento econômico observado até hoje, é essencial que as necessidades energéticas sejam atendidas através de um fornecimento qualificado e seguro de recursos energéticos.

Tendo em vista o grau de desenvolvimento econômico da Alemanha, a matriz energética alemã foi, por muitas décadas, intensiva na exploração de combustíveis fósseis, na qual se destaca a exploração de petróleo, carvão e gás natural, os quais foram responsáveis por garantir a segurança do abastecimento energético, mantendo assim os níveis necessários ao crescimento econômico e à manutenção do bem-estar social.

Todavia, a Alemanha ganha papel de destaque mundial quando o assunto é o combate aos problemas climáticos relacionados às emissões de GEE. Desde o início da década dos anos 1990, a Alemanha está realizando uma mudança radical em sua matriz energética, incentivando o uso cada vez maior de fontes renováveis para a geração de energia. Com isso, a matriz energética, antes intensiva em combustíveis fósseis, passará a ter as fontes renováveis como principais fornecedoras de energia, caracterizando uma transição energética ainda não observada no mundo.

Uma mudança tão relevante não pode ser feita de um dia para o outro, dado os impactos que a economia como um todo irá sentir. A implementação de novas fontes de exploração energética, as quais ainda são pouco desenvolvidas e necessitam de um volume elevado de recursos financeiros para sua inclusão na matriz energética, enfrenta diversos obstáculos no caminho do sucesso.

É necessário um importante suporte governamental para que as fontes renováveis sejam bem aceitas. E a Alemanha se dispôs a fazer isso, criando possibilidades de financiamento do projeto e formulando políticas que beneficiam as novas fontes, além das metas de redução do uso de combustíveis fósseis com o passar dos anos. Porém, dada a complexidade de administração que a transição energética gera, nem sempre as decisões tomadas são as mais adequadas, permitindo o surgimento de algumas críticas ao processo de transição.

A presente pesquisa monográfica busca analisar o processo de transição da matriz energética alemã a partir da década de 1990, destacando os princípios mais relevantes que guiaram a política energética da Alemanha e apresentando as decisões tomadas e os desafios enfrentados, bem como as críticas geradas com esse processo.

Esse trabalho foi elaborado em cinco seções. A primeira seção é essa breve introdução; na segunda são apresentados alguns conceitos importantes relacionados à política energética, no qual o *trade-off* presente entre segurança climática e segurança energética é

estudado, mostrando o importante papel da eficiência energética para o gerenciamento desse conflito; a terceira mostra a evolução histórica da política energética alemã nas duas últimas décadas, demonstrando os principais desafios a serem enfrentados pela Alemanha; a quarta engloba as críticas ao processo de transição e as adequações realizadas a fim de se obter o sucesso esperado com a transição energética; e a última é destinada à conclusão e algumas considerações finais.

CAPÍTULO I - ELEMENTOS DA POLÍTICA ENERGÉTICA

A política energética engloba diferentes conceitos, que vão desde a promoção da sustentabilidade, a segurança energética e até as pressões internas e externas. Dada as diferentes dimensões que essa política adquire, as ações a serem elaboradas pelo *policy maker* devem levar em conta os termos econômicos e políticos, além da questão da segurança, principal alicerce da política energética (BAUMANN, 2008, p. 4).

Um dos principais objetos de estudo na política energética atual é o *trade-off* existente entre a segurança energética e as mudanças climáticas, o qual envolve o trabalho em conjunto das políticas energética e ambiental, em que se destacam a mitigação dos problemas ambientais e a manutenção do nível ótimo de abastecimento energético.

Tendo em vista os esforços no gerenciamento desse *trade-off*, a eficiência energética aparece como principal solução para os problemas enfrentados pelos administradores públicos. Nesse contexto, a Alemanha ganha destaque internacional na gestão do fornecimento energético agregado ao controle dos problemas ambientais.

1.1 - Questões climáticas e segurança do abastecimento

O sucesso econômico de qualquer país está diretamente ligado à formulação de bases políticas sólidas que sustentem um nível ótimo de crescimento, agregado à manutenção do bem-estar social. Para que um Governo obtenha êxito em sua administração, seja em termos macroeconômicos ou microeconômicos, é necessário um trabalho sério na formulação de políticas e na implementação das mesmas perante a sociedade. Apenas dessa maneira o país conseguirá manter bons níveis de crescimento sem que haja prejuízos à sociedade e ao mercado.

A política energética aparece como uma das políticas mais importantes para o sucesso econômico. Tendo em vista que seu objetivo principal é alcançar o suprimento de energia necessária ao desenvolvimento econômico e ao bem-estar da sociedade, a política energética se apresenta como uma política que abrange o presente e o futuro. Sendo assim, ações e decisões devem ser tomadas em conjunto no tempo, já que, do ponto de vista estratégico,

essas políticas garantem diversas questões conjunturais no presente, mas também planejam o futuro do país ao qual o *policy maker* representa (BICALHO; QUEIROZ, 2012, p. 3).

A grande questão dessa política é conseguir fazer com que se tenha um consenso mínimo na tomada de decisões, já que o número de agentes, setores, fontes e interesses envolvidos é diretamente proporcional à sua abrangência, ou seja, será cada vez mais difícil alcançar uma anuência, e por consequência, será um desafio manter a consistência. Dito isso, podemos imaginar que, em um ambiente em que o grande desafio é manter a consistência, o surgimento de inconsistências potenciais se dá de forma natural.

Como em toda formulação de diferentes políticas, os interesses e objetivos muitas vezes se cruzam, criando obstáculos para o *policy maker*. Na política energética, é reconhecida a existência de conflitos de interesses, com especial atenção para a relação entre mudança climática e segurança energética. Por mais que sejam dois temas não pertencentes à mesma área de política pública, o campo energético criou uma interdependência com o campo ambiental, tendo a mudança climática adquirido o papel de protagonista (BICALHO; QUEIROZ, 2012, p. 5; BAUMANN, 2008).

Com isso, observamos a presença de um *trade-off* entre segurança climática e segurança energética, provocado pelas diferenças de objetivos entre as políticas ambiental e energética. O grande desafio para os administradores públicos é conseguir formular ações que permitam administrar esse *trade-off* de uma forma em que os dois campos, ambiental e energético, sejam beneficiados.

I.1.1 - Mudança climática

O estudo das mudanças climáticas se inicia quando compreendemos que o clima é descrito como os valores médios, agregado a suas variações, de um conjunto de atributos do tempo, como por exemplo a precipitação, os ventos, dentre outros, analisados em um determinado período¹ de tempo (UNEP; UNESCO, 2011, p. 6).

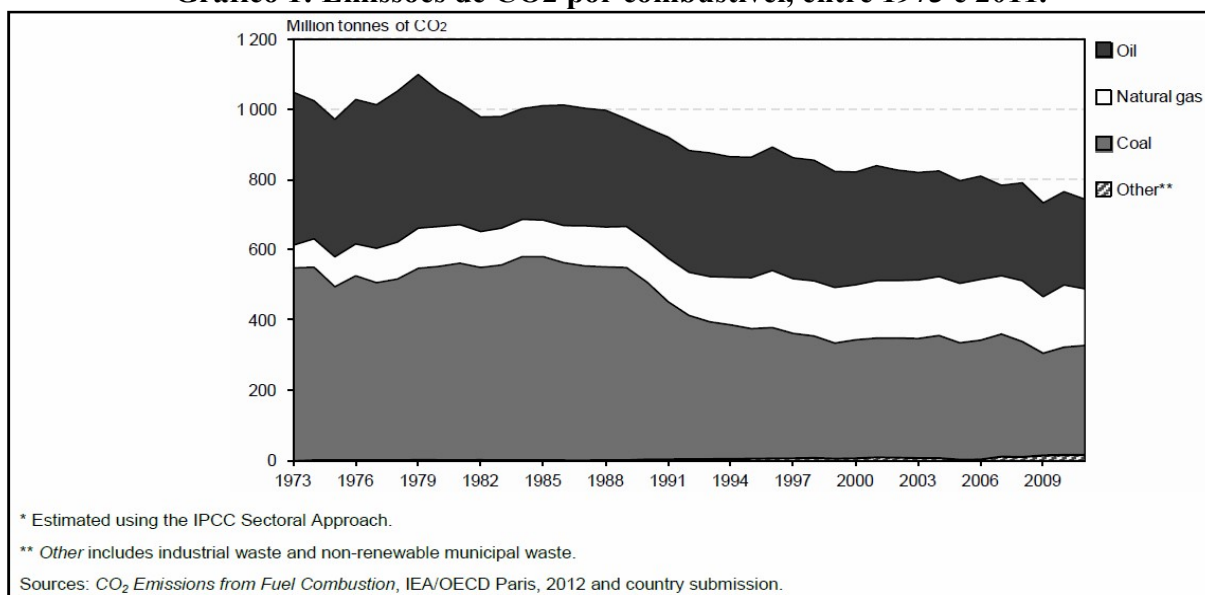
Quando analisamos as mudanças recentes observadas no clima mundial, logo relacionamos as atividades econômicas. É inevitável pensarmos que uma fábrica polui o ar, com a emissão de gás carbônico através de suas chaminés, ou que uma indústria deteriora os rios com o lançamento de resíduos tóxicos nos mesmos. Essa forma de enxergar a mudança

¹ Nesse caso, o período pode variar de dias, meses e até milhares de anos.

climática diretamente ligada à atividade humana, ou seja, uma mudança climática antrópica², afeta a formulação de políticas públicas (UNEP; UNESCO, 2011, p. 6)

A elevação da temperatura da superfície da terra é objeto de discussão há anos entre os administradores globais. Há um consenso que o aquecimento global é resultado direto da atividade humana, dentre as quais se destacam a queima de combustíveis fósseis³, algumas atividades agrícolas e o desmatamento de florestas. Os malefícios gerados com a elevação da temperatura global são observados no derretimento de geleiras, nas alterações de atividades agrícolas, como a produção de alimentos, e no surgimento de eventos climáticos incomuns, como secas e ciclones.

Gráfico 1: Emissões de CO₂ por combustível, entre 1973 e 2011.



Fonte: IEA (2013, p. 51)

Na Alemanha, a presença de combustíveis fósseis sobre a matriz energética é marcante. Utilizando o Gráfico 1 acima para a análise, observamos que a emissão de dióxido de carbono através da queima de combustíveis fósseis representa 81,5% das emissões de gases do efeito estufa em 2011 (IEA, 2013, p. 50). Dentre as emissões de dióxido de carbono através da queima de combustíveis, o carvão e o petróleo se apresentam como os mais poluentes, com 41,6% e 34,2%, respectivamente, das emissões em 2011 (IEA, 2013, p. 50). O gás natural, outra importante fonte de suprimento energético, foi responsável por cerca de 21,8% das emissões de GEE em 2011 (IEA, 2013, p. 51), o qual, diferentemente do carvão e do petróleo, elevou em 38% sua parcela nas emissões se comparado com o nível de 1990, no

² A mudança climática é considerada antrópica quando é causada pela ação humana.

³ Se destacam o carvão, o gás natural e o petróleo.

qual o gás natural representou 12,4% do total das emissões pela queima de combustíveis (IEA, 2013, p.51).

As ações de mitigação dos problemas gerados com as mudanças climáticas se concentram na diminuição das emissões e na retirada gradual dos gases causadores do efeito estufa da atmosfera. Dentre as medidas que surgem para o combate da mudança do clima global se destacam a utilização de fontes de energia de baixo conteúdo de carbono, a adoção de novos meios de vida que não dependam do uso de combustíveis fósseis e no aumento da eficiência no uso de recursos energéticos (BICALHO; QUEIROZ, 2012, p. 14).

Por ser um tema em constante debate no cenário político e econômico global, a mudança climática recente criou uma conscientização mundial sobre a importância da tomada de ações que combatam as transformações no clima e seus agravantes. Se destacam a Convenção da Terra⁴ realizada no Rio de Janeiro em 1992, a assinatura do Protocolo de Quioto⁵, em 1997, e também o acordo de Copenhague em 2009 e a reunião da COP 16 em 2010, reforçando a intenção internacional no combate das transformações climáticas, limitando as emissões de gases do efeito estufa e combatendo cada vez mais o aquecimento global (UNEP; UNESCO, 2011, p. 52).

Segundo a IEA, a Alemanha obteve sucesso em suas ações recentes no combate das mudanças climáticas. Nas duas últimas décadas, foi observada uma redução de 21,3% no valor total das emissões de gás carbônico através da queima de combustíveis fósseis, passando de 949,7 milhões de toneladas de dióxido de carbono em 1990 para 747,6 milhões de toneladas em 2011 (IEA, 2013, p.50), mostrando a importância da atuação pública no controle das emissões de GEE.

I.1.2 - Segurança energética

Por definição, a segurança energética se refere à segurança do abastecimento da energia necessária ao desenvolvimento econômico e ao bem-estar de um país ou região. É importante ressaltar que problemas no abastecimento energético afetam não apenas a população de um país através da restrição diária no uso de energia, mas também implicam em perdas para os diversos setores da economia responsáveis por manter o crescimento e o desenvolvimento econômico e industrial.

⁴ Nessa convenção foi instituída a Convenção das Nações Unidas sobre Mudança Climática (UNFCCC), a qual foi criada para sustentar a negociação internacional sobre o clima.

⁵ O Protocolo de Quioto foi assinado durante a Terceira Conferência das Partes da UNFCCC, conhecido como COP 3.

Como observado por Bicalho e Queiroz (2012, p. 6), a segurança energética pode ser analisada em termos econômicos, na qual a segurança aparece como o acesso à energia que se necessita, em quantidade suficiente e preço razoável, e também pode ser analisada em termos físicos, na qual a segurança é associada à interrupção física do fornecimento de energia, seja ela temporária ou permanente, e parcial ou total.

O aumento de preços impacta negativamente sobre a segurança energética, em termos econômicos, já que aumenta a vulnerabilidade do país ou região, o qual acaba sofrendo com os impactos econômicos causados pela elevação do preço da energia. Todavia, as interrupções físicas do abastecimento energético são mais graves, já que, além de gerarem custos econômicos e sociais, também criam uma ameaça à segurança nacional, na qual a autonomia e a independência são diretamente afetadas (HELM, 2008).

A segurança energética se apresenta como uma externalidade, já que o Estado deve intervir para garanti-la em favor do bem-estar social. Por trás desse ponto de vista está a ideia de que o mercado não consegue interpretar de forma precisa os eventos que poderiam ser potenciais interruptores do abastecimento de energia, como por exemplo, desastres naturais e acontecimentos não planejados (HELM, 2008).

A presença da incerteza faz com que a administração da segurança energética necessite de reservas de segurança e manutenção de excesso de capacidade, o que implica em altos custos de capital. Por mais que uma parte da segurança energética possa ser estabelecida com certa precisão, outra parte deve ser trabalhada por meio da percepção. Ou seja, o *policy maker* deve observar o contexto atual, examinando os países importadores e exportadores de energia, investigando as relações entre eles e a situação interna dos países-chave, e utilizar isso para tomar as decisões necessárias.

Assim como a segurança energética, a dependência pode ser analisada em termos físicos e econômicos. Enquanto a primeira análise diz respeito à relação entre as importações líquidas de energia e a energia primária total que é produzida ou consumida, a segunda se refere ao peso das importações de energia sobre as importações totais. Quanto menor for o número de países fornecedores de energia, maior será a vulnerabilidade no mercado energético (BICALHO; QUEIROZ, 2012, p. 8).

O estudo do contexto atual para formulação da política energética mostra que um objetivo essencial para o agente econômico é conseguir fazer com que o país se torne

autossuficiente, diminuindo assim a dependência na importação de energia de outros países. Esse objetivo é importante visto que a segurança energética está diretamente ligada à confiabilidade da fonte de suprimento de energia, ou seja, o ideal é fazer com que a economia nacional deixe de depender de outros países para o abastecimento de energia e passe a garantir o fornecimento energético através de recursos próprios.

1.2 - Gestão do trade-off segurança energética versus segurança climática

Feito o mapeamento do *trade-off*, o Estado deve formular medidas e políticas que busquem mitigar esse conflito. Uma forma de se encarar esse problema é admitir que a diminuição das emissões de gases do efeito estufa para atenuar o problema ambiental só será obtida com a redução significativa do consumo de energia. Essa forma radical de se encarar o problema vai de encontro com a base da política energética, na qual o abastecimento energético necessário ao desenvolvimento econômico e ao bem-estar da sociedade deverá ser sempre garantido. Sendo assim, o radicalismo imposto nessa atuação limita o alcance da política energética.

Reduzir o consumo imediato de energia gera um custo social elevadíssimo, ao passo que a redução do processo de mudança climática implica na diminuição do crescimento econômico. Diante desse problema, fica a cargo do Estado determinar o quanto, em termos de desenvolvimento econômico e bem-estar social, será necessário abrir mão para que o objetivo seja alcançado.

Segundo Bicalho e Queiroz (2012, p. 20), as dificuldades na gestão desse *trade-off* podem ser divididas em três grandes desafios: A primeira dificuldade que se mostra é com relação a obrigatoriedade de hierarquização dos objetivos, ou seja, é importante que uma política seja subordinada a outra, fazendo com que as prioridades que determinam a formulação de políticas sejam esclarecidas; A segunda dificuldade diz respeito à percepção dos problemas, onde a formulação de políticas é diretamente afetada; A terceira dificuldade que o *policy maker* enfrenta é a dotação de recursos, já que é necessário um volume elevado de recursos para que as políticas obtenham o sucesso esperado.

Tendo em vista as dificuldades que se apresentam na gestão do *trade-off*, é difícil enxergar um futuro em que a economia intensiva no uso de combustíveis fósseis seja transformada em uma economia de uso de fontes renováveis de geração de energia, na qual o uso de fontes poluentes é substituído pela implementação de tecnologias que utilizem recursos

naturais não poluentes para a geração de energia. Nesse caso, a eficiência energética se apresenta como alternativa para a gestão do *trade-off* entre segurança energética e segurança climática.

I.2.1 - Eficiência energética

Sabendo-se que encarar o problema do uso dos combustíveis fósseis de uma forma mais radical gera um custo econômico e social elevado, o uso de tecnologias mais eficientes aparece como alternativa para se contornar o *trade-off* entre segurança energética e segurança climática, ao passo que a implementação de tecnologias alternativas de uso de novas fontes de abastecimento sem o uso de carbono se torna mais sustentável.

Essa forma de gerenciamento do *trade-off* se baseia em utilizar tecnologias mais modernas que permitam reduzir o consumo de combustíveis fósseis, ao passo que o correspondente energético gerado por esses combustíveis não fosse alterado, ou seja, a diminuição do consumo de combustíveis fósseis se daria no consumo de energia final⁶, sem que a energia útil⁷, fosse alterada. Sendo assim, as necessidades energéticas dos consumidores imprescindíveis ao bem-estar social e ao desenvolvimento econômico continuariam sendo atendidas, agora com um volume de energia menor. (BICALHO; QUEIROZ, 2012, p. 25).

É essencial entendermos que nem toda tecnologia baseada em fontes renováveis de geração energética é a mais eficiente. Ou seja, apesar de uma nova tecnologia utilizar uma fonte que não gera os problemas ambientais que outras tecnologias baseadas nos combustíveis fósseis geram, ela pode não ser eficiente no sentido de poder necessitar de um volume maior de recursos para seu funcionamento. O importante nesse caso é que as emissões de gases do efeito estufa, associado à diminuição no volume de recursos utilizados, sejam alcançados, seja através de tecnologias novas ou antigas.

No papel, a eficiência energética se apresenta como uma ótima alternativa de enfrentamento do *trade-off*. Todavia, é necessário compreendermos que sua implementação deve ser questionada em dois fatores. Primeiramente, é importante saber se a redução do consumo de combustíveis fósseis afeta a emissão de gases do efeito estufa em um grau que compense o investimento na eficiência energética. Por outro lado, é necessário o estudo dos custos gerados pela implementação de novas tecnologias (BICALHO; QUEIROZ, 2012).

⁶ Energia final representa a energia que é colocada a disposição dos usuários nos diferentes setores da economia, como a gasolina, o diesel e a eletricidade.

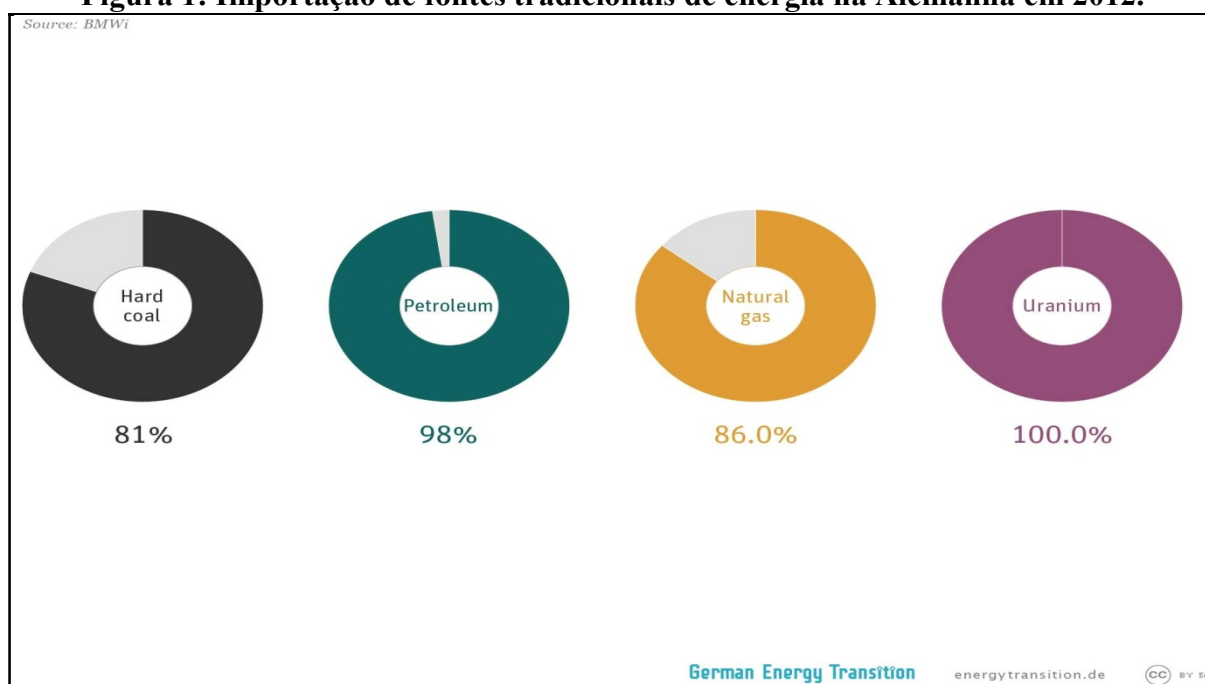
⁷ Energia útil representa a energia que realmente atende as necessidades energéticas do consumidor, como o calor de processo, o aquecimento direto e a iluminação.

1.2.2 - O caso alemão

A Alemanha ganha destaque nas questões relacionadas à implementação de novas tecnologias mais eficientes. Por ser uma das principais economias mundiais, sendo a maior economia da Europa, o consumo energético, seja para a produção industrial, uso comercial e em meios de transporte, ou uso residencial, é elevado.

Os diversos setores da economia alemã fazem utilização intensiva de combustíveis fósseis, sendo o setor de transporte o mais dependente dessa fonte de energia, tendo em vista a importância econômica que esse setor da economia carrega consigo, já que a distribuição de toda produção industrial depende de uma desenvolvida e bem estruturada malha de transportes. O setor industrial também se destaca no consumo energético, já que as grandes indústrias situadas na Alemanha dependem do fornecimento energético para a manutenção da linha de produção e da distribuição dos produtos para os mercados interno e externo.

Figura 1: Importação de fontes tradicionais de energia na Alemanha em 2012.

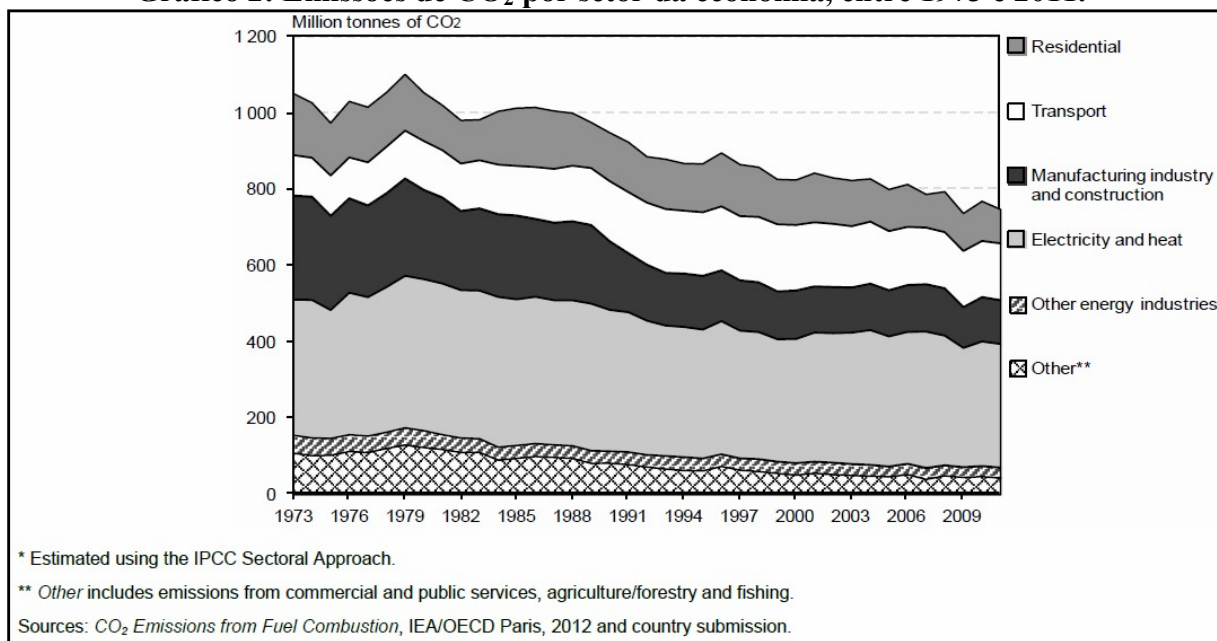


Fonte: Morris e Pehnt (2012, p. 7)

A inclusão de novas fontes de geração na matriz energética alemã contribuiu para a redução da dependência de fornecimento externo de energia, já que o volume de importações de recursos para a geração de energia na Alemanha é elevadíssimo. Como podemos observar na Figura 1 acima, 81% do carvão utilizado na geração de energia na Alemanha é importado. Além disso, quase a totalidade de petróleo utilizado na Alemanha para fins de fornecimento energético é importado, além de 86% de importações de gás natural, sendo a maior parte vindos da Rússia.

A redução no volume de importações de recursos energéticos beneficia a Alemanha, no sentido que diminui a dependência externa, fazendo com que a vulnerabilidade seja cada vez menor. Com isso, as mudanças no mercado internacional de energia causam impactos menores sobre a economia alemã, já que o abastecimento interno através de fontes renováveis e mais eficientes é suficiente para o atender o volume energético necessário à manutenção do desenvolvimento econômico e do bem-estar social.

Gráfico 2: Emissões de CO₂ por setor da economia, entre 1973 e 2011.



Fonte: IEA (2013, p. 51)

Sendo um dos principais problemas ambientais mundiais, a emissão de dióxido de carbono é combatida com seriedade pela Alemanha. A queda na emissão de dióxido de carbono nos principais setores da economia alemã, observada através da análise do Gráfico 2 acima, é um claro indicador do sucesso recente na política redução das emissões de gases causadores do efeito estufa.

A trajetória alemã no processo de transição, com a exposição das principais medidas tomadas pelos administradores públicos nas duas últimas décadas, e os desafios que o processo de transição impôs à Alemanha, serão analisados no capítulo a seguir.

CAPÍTULO II - O PROCESSO DE TRANSIÇÃO ENERGÉTICA ALEMÃ

Tendo em vista a importância que os combustíveis fósseis possuem perante a matriz energética alemã, é fácil compreendermos que uma mudança radical, com a implementação de novas fontes renováveis de geração no lugar das fontes tradicionais, não será realizada em um curto período de tempo.

A caminhada alemã em busca da inserção das fontes renováveis na geração de energia, agregada à implementação de novas tecnologias que priorizassem a eficiência energética, se iniciou há mais de duas décadas, com a formulação de medidas e políticas que permitissem que os objetivos traçados para a transição fossem alcançados.

Além disso, grandes desafios foram enfrentados na transição energética, a qual é marcada pela preocupação com os impactos que as mudanças poderiam causar sobre o crescimento econômico e o bem-estar da sociedade, já que o grande objetivo da transição energética era criar vantagens econômicas e ambientais para a Alemanha sem que a base econômica e social fosse afetada.

II.1 - Trajetória alemã em busca das renováveis

A manutenção do crescimento econômico e social está ligada a uma gama de fatores que afetam, direta ou indiretamente, a economia de qualquer país. Dentre esses fatores temos o suprimento energético. Como em qualquer grande economia, a Alemanha depende de fontes energéticas convencionais, como o carvão, o gás natural e o petróleo e as plantas nucleares, para que o suprimento seja garantido, sendo o carvão a principal fonte por mais de quatro décadas.

Todavia, por mais que as fontes tradicionais gerem benefícios em termos econômicos, já que são mais baratas, mais confiáveis e também mais abundantes, elas geram alguns prejuízos, principalmente pela poluição que causam. Nesse sentido, a Alemanha buscou reformular o suprimento energético, traçando um caminho em busca de fontes renováveis que conseguissem manter o nível ideal de abastecimento, associando ganhos em termos ambientais.

A trajetória alemã se inicia com a implementação de tarifas para o financiamento de projetos de longo prazo (tarifas *feed-in*) que consigam trazer um número elevado de investidores que acreditem no sucesso do projeto, promovendo assim uma expansão mais rápida das fontes renováveis na matriz energética alemã.

Além das tarifas *feed-in* (FIT), a Alemanha buscou adequar seu plano conforme a demanda por novos investimentos fosse crescendo e as mudanças no mercado internacional surgissem, fazendo com que no biênio 2010-2011 houvesse uma transformação importante no projeto, sendo essencial para que uma solidez maior ao processo fosse garantida, além de uma resposta imediata às alterações internas e externas que poderiam afetar o percurso alemão em busca das renováveis.

II.1.1 - Financiamento do projeto

O percurso alemão na implementação de fontes renováveis se inicia em meados da década de 1990, quando as tarifas *feed-in* foram introduzidas pelo Governo da Alemanha como a principal forma de financiamento do projeto de transição energética, através do incentivo ao investimento em novas tecnologias para geração de energia com a garantia de retornos elevados em um longo prazo.

O princípio básico da política de tarifas *feed-in* é garantir para o investidor o retorno em um período de tempo previamente determinado a partir do pagamento pela eletricidade gerada através de fontes de energia renováveis. Os retornos eram determinados de maneira não discriminatória e se diferenciavam conforme a tecnologia utilizada, a capacidade instalada, a localização do projeto, a qualidade da fontes, dentre outras variáveis (COUTURE; GAGNON, 2010, p. 955).

Um importante aspecto a ser destacado é que as tarifas *feed-in* reduzem significativamente os riscos de se investir em novas tecnologias de geração de energia, tendo em vista que os pagamentos são baseados nos custos de implementação de projetos de fontes renováveis e são garantidos por um longo período de tempo. Essa segurança que as FIT's oferecem aos investidores se torna essencial para a atração cada vez maior de investimentos intensivos em capital nas fontes renováveis de energia (COUTURE; GAGNON, 2010, p. 955).

Em 1991, foi estabelecido o *Electricity Feed-in Act*, mecanismo o qual buscava acelerar o investimento nas fontes renováveis de energia, fazendo com que essas novas

tecnologias tivessem acesso garantido à rede, com preferência no despacho, e que os investidores, os quais assinavam contratos de longo termo, conseguissem um retorno viável em relação ao investimento (IER, 2014, p. 2).

A base dessa política estava exatamente em garantir aos fornecedores de energia, através das tarifas *feed-in*, um preço que garantisse um retorno suficiente ao investimento. Essa foi a forma encontrada para minimizar o custo elevado das novas tecnologias em relação as tecnologias convencionais, estimulando diversos produtores, desde o proprietário de uma pequena fazenda até um grande empresário, a investir nas novas fontes, já que o retorno era garantido no longo prazo.

A simplicidade da política tarifária e a facilidade de acesso para diversos investidores fizeram com que as FIT's fossem usadas em diversas economias, sendo que, até hoje mais de 50 países as utilizam. Nos Estados Unidos da América, as tarifas aparecem na forma de contratos de aquisição de energia, conhecidos como *power purchase agreement* (PPA), no qual é firmado um contrato entre um *seller*⁸ e um *buyer*⁹. As principais diferenças para o projeto tarifário alemão são a simplicidade e o tempo dos acordos, já que enquanto na Alemanha os contratos são de longo termo e acessíveis a diversos investidores, nos Estados Unidos da América os contratos normalmente não chegam a 20 anos e são acompanhados de uma enorme burocracia (MORRIS; PEHNT, 2012, p. 35).

II.1.2 - Reestruturação do plano

Por mais que a política de financiamento adotado tenha conseguido atingir o objetivo de promover as novas tecnologias renováveis, com o tempo, uma reestruturação se fez necessária, devido à necessidade de transformar a transição energética em um plano robusto com metas formuladas e objetivos a serem alcançados.

No início da década de 2000 foi implementado o Renewable Energy Source Act (em alemão, Erneuerbare-Energien-Gesetz), o qual adicionava uma base jurídica para as tarifas *feed-in* (IER, 2014, p. 4). O plano buscava remunerar cada tecnologia renovável com base em seu custo de geração, o que obrigava o operador da rede de energia a incluir as fontes renováveis na rede e a remunerar o produtor por cada Kilowatt hora de energia produzida, por pelo menos 20 anos. Isso fazia com que cada tecnologia tivesse sua remuneração própria, deixando mais claro para o investidor os possíveis retornos.

⁸ *Seller* é o fornecedor de energia.

⁹ *Buyer* é o consumidor de energia.

A reestruturação na trajetória alemã para as energias renováveis nos anos 2000 causou um impacto imediato sobre a economia alemã e também sobre outras economias globais. Como o novo plano simplificou e regulamentou o investimento nas novas fontes, a atração se tornou cada vez maior, já que pequenos e médios investidores eram seduzidos pela remuneração volumosa de longo prazo. Isso fez com que o mercado de suprimento energético deixasse de ficar nas mãos das poucas companhias produtoras de energia, as quais se baseavam nas tecnologias tradicionais como o carvão, demonstrando assim um impacto significativo sobre o mercado (MCKILLOP, 2013).

Tendo em vista o sucesso observado do plano formulado pelo Governo da Alemanha, outras economias globais acabaram tomando-o como base na formulação de políticas energéticas, já que o sistema de remuneração através de FIT's, associado aos ganhos relativos às fontes renováveis, fez com que o complexo processo de transição de fontes tradicionais em direção as fontes renováveis se tornasse mais acessível.

A reformulação da política energética alemã não terminou com a mudança de planos em 2000. Uma década após a implementação do plano, o Governo Alemão traçou novas metas para tornar as tecnologias renováveis como principais fontes de suprimento energético da matriz alemã, tendo o ano de 2050 como prazo final para os objetivos serem alcançados (IEA, 2013, p. 26).

Dentre as principais metas do novo plano, se destacam o aumento da eficiência energética, a expansão cada vez maior das fontes renováveis de abastecimento, a redução da emissão de gases de efeito estufa e a retirada gradual da energia nuclear como uma das fontes de abastecimento até o ano de 2022.

As metas do novo projeto foram traçadas não apenas com o objetivo de simplesmente dar continuidade ao antigo projeto. Os objetivos a serem alcançados passavam pela procura cada vez maior da segurança energética e da proteção climática, ao passo que buscavam promover o crescimento e a competitividade da indústria alemã (IEA, 2013, p. 26).

Tendo em vista que os objetivos do novo plano influenciavam não apenas o âmbito ambiental da política alemã, observamos uma outra face do processo de transição energética na Alemanha, já que, por trás das mudanças ambientais, existe uma forte ambição de transformar a Alemanha em um país líder em eficiência energética associada à proteção

ambiental sem que isso cause efeitos negativos sobre os preços da energia, o crescimento econômico e o bem-estar social (IEA, 2013, p. 26).

Tabela 1: Metas contidas nos Pacotes Energéticos de 2010 e 2011.

	2012	2020	2030	2040	2050
Reduction in GHGs (base year: 1990)	-27%	-40%	-55%	-70%	-80%
Share of renewable energies in total final energy consumption	10%	18%	30%	45%	60%
Share of renewable energies in electricity consumption	20%	35%	50%	65%	80%
Reduction of primary energy consumption (base year: 2008)	-5%	-20%			-50%
Reduction of electricity consumption (base year: 2008)	-1%	-10%			-25%
Reduction of final energy consumption in the transport sector (base year: 2008)		-10%			-40%

Source: BMWi.

Fonte: IEA (2013, p. 27)

As metas traçadas no novo plano podem ser observadas na Tabela 1 acima. Utilizando os níveis de emissão do ano 1990 como base, observa-se que até o ano de 2020 deverá ser feito um corte de 40% nas emissões dos gases do efeito estufa, enquanto para 2030 o corte previsto deverá ser de 55%. Já em 2040 é esperada a redução de 70% das emissões, chegando a um valor entre 80% e 95% em 2050 (IEA, 2013, p. 27).

Além da meta de redução das emissões de gases causadores do efeito estufa, o novo plano alemão tenta implementar o uso cada vez maior de fontes renováveis na geração de energia. A meta é de que até 2050 a parcela das renováveis no consumo de eletricidade seja de cerca de 80%, mostrando o claro objetivo de substituir as fontes baseadas nos combustíveis fósseis por fontes de baixo conteúdo de carbono (IER, 2014, p. 4).

Outro importante indicador presente nas metas traçadas com o plano energético de 2010 é a redução no consumo de energia primária¹⁰ e de eletricidade. Usando o ano de 2008 como base, é esperado uma redução de consumo de energia primária de cerca de 20% em 2020, chegando a 50% até o ano de 2050. Já com relação ao consumo de eletricidade, a meta é de que em 2020 o consumo seja 10% menor, chegando a uma redução de 25% até 2050 (IER, 2014, p. 4).

¹⁰ A energia primária representa os produtos energéticos providos pela natureza em sua forma direta, como o gás natural, petróleo, carvão mineral, lenha, dentre outros.

II.1.3 - Efeitos do acidente de Fukushima

O novo projeto de energia implementado em Setembro de 2010 inseriu em suas metas a redução gradual do uso de plantas nucleares para a produção de energia, as transformando em uma espécie de ponte para o estabelecimento das fontes renováveis, principalmente a solar e a eólica, em um período aproximado de 12 anos (IER, 2014, p. 4). Ao passo que as usinas nucleares eram vistas como fontes não seguras e de alto custo, era necessário diminuir o uso dessa fonte gradualmente.

Inicialmente previsto para ser executado no longo prazo, o processo de eliminação das usinas nucleares sofreu uma importante mudança no ano de 2011. Em março do mesmo ano, no Japão, mais especificamente na província de Fukushima, na região de Tohoku, um tsunami de grande magnitude atingiu a Central Nuclear de Fukushima I, afetando diretamente três dos seis reatores da usina, acarretando na liberação de significativas quantidades de material radioativo.

O impacto do acidente de Fukushima Daiichi foi rapidamente sentido pela política energética alemã. Pressionado pela opinião popular, o Governo Federal resolveu reformular a política energética de longo prazo, tendo como principais mudanças o imediato desligamento de oito dos dezessete reatores nucleares em atividade e a implementação da meta de deixar de usar qualquer fonte nuclear até o ano de 2022 (IER, 2014, p.4).

Sabendo-se que as plantas nucleares tinham sua importância sobre a rede de abastecimento energético, já que, em 2010, a energia nuclear era responsável pelo abastecimento de cerca de 22,6% da eletricidade gerada na Alemanha (IEA, 2013, p.31), os impactos das novas mudanças foram significativos sobre a economia alemã, sendo os empresários e as famílias os mais prejudicados, já que custo extra advindo dessas mudanças recaiu sobre seus bolsos (IER, 2014, p. 4).

Além do problema financeiro, outro empecilho que surgiu com as novas mudanças foi o uso de fontes tradicionais para a garantia do suprimento, como o carvão. Ou seja, ao mesmo tempo que se buscava deixar de usar uma fonte não confiável de alto custo, era necessário recorrer a fontes tradicionais poluentes e mais custosas, na medida que as fontes renováveis ainda não tinham capacidade de sustentar um nível razoável de suprimento energético sozinhas.

O pacote de energia adotado em 2011 se caracterizava por algumas esferas específicas, na qual se destacam a expansão da infraestrutura da rede de eletricidade, a flexibilização do sistema elétrico, o incentivo às fontes renováveis, a promoção da eficiência energética e o estímulo aos investimentos em pesquisa e desenvolvimento, principalmente no que tange as tecnologias de armazenamento de energia (IEA, 2013, p.31).

A adoção de novas medidas só foi possível através de um trabalho em conjunto do Gabinete Federal, do Bundestag (Parlamento Alemão) e o Bundesrat (Conselho Federal), os quais aprovaram um pacote de leis em Junho de 2011 (IEA, 2013, p. 27). Esse pacote era constituído de sete atos e um decreto, os quais buscavam expandir a rede em conjunto com a expansão das fontes renováveis, além de promover ainda mais a eficiência energética e possibilitar as reformas necessárias.

Dentre as principais medidas do pacote energético de 2011 se destacam o *Energy Industry Act* (EnWG), o qual planejava a expansão da colaboração em rede dos operadores do sistema, encurtando os termos e facilitando principalmente os consumidores de energia, além do *Act to Accelerate the Expansion of Electricity Networks* (NABEG), que buscava o aumento da rede elétrica, na qual a Agência Federal responsável pelo controle da rede elétrica ficava responsável pela implementação de redes de alta tensão que cortam os Estados da Alemanha e também o *Energy and Climate Fund Act*, em que era criado um fundo para receitas relacionadas ao comércio sobre emissões de gás carbônico, sendo a quantia arrecadada pelo fundo usada na aceleração do plano de eliminação do uso de plantas nucleares, além da promoção das fontes renováveis e futuros projetos de sustentabilidade climática e ambiental (IEA, 2013, p. 28).

II.2 - Desafios da transição energética para a Alemanha

Transformar uma matriz energética que se estabeleceu sobre fontes tradicionais de abastecimento, as quais garantem o pleno funcionamento de uma economia e tudo que gira em torno dela, em uma matriz em que novas tecnologias renováveis aparecem como protagonistas é um desafio para qualquer país. Na Alemanha, a questão vai muito além do aspecto sustentável do processo, afetando diversos setores da economia e acarretando em alguns empecilhos no caminho da transição.

Em uma caminhada longa e demorada em busca da implementação das fontes renováveis, diversos obstáculos são enfrentados pelo Governo Alemão, o qual é obrigado a

encontrar soluções para o enfrentamento de problemas ambientais graves, como a elevada emissão de gases causadores do efeito estufa, os quais são provocados em sua maioria pela utilização de fontes convencionais de geração de energia. Nesse caso, a dificuldade está em mitigar os transtornos causados pelas emissões, grandes vilãs da mudança climática, sem que a segurança energética seja afetada.

II.2.1 - Promoção da sustentabilidade

O primeiro grande desafio que a Alemanha se depara no processo de transição para as renováveis é a gestão do *trade-off* entre segurança climática e segurança energética. Como foi estudado no primeiro capítulo desse trabalho, uma das principais questões da política energética é conseguir garantir que o abastecimento energético não afete a segurança climática. Porém, a dificuldade aparece quando observamos que a geração de energia por fontes tradicionais afeta diretamente o clima, ao passo que as emissões de gases do efeito estufa são consequências da utilização de fontes convencionais de geração.

A implementação de fontes mais limpas na matriz energética alemã foi a forma encontrada para que o suprimento continuasse sendo garantido e os problemas climáticos fossem combatidos com mais eficácia. A redução gradual da utilização de fontes tradicionais só foi permitida com a inserção de fontes renováveis na matriz energética. Com metas traçadas e projetos formulados, a Alemanha se destacou internacionalmente pelos esforços no financiamento das novas tecnologias, e por combater o nível cada vez maior de emissões de gases do efeito estufa.

Como vimos anteriormente nesse capítulo, o desligamento de oito reatores nucleares na Alemanha, em 2011, após o acidente de Fukushima Daiichi no Japão, acarretou em uma utilização maior do carvão para o fornecimento de energia (IER, 2014, p. 5). Isso nos mostra que mesmo que haja um consenso que a redução do uso de fontes tradicionais é necessária para que os problemas climáticos sejam mitigados, em certos momentos, a segurança do abastecimento se sobrepõe ao plano de transição energética.

Todavia, o que observamos no caso alemão, é que mesmo que as fontes tradicionais ainda sejam utilizadas para garantir o suprimento energético, o objetivo de transformar as fontes renováveis em protagonistas da matriz energética sempre estará a frente de outros objetivos.

Analisando o Gráfico 3 a seguir, temos o cenário até 2050 muito bem planejado, no qual as renováveis irão gradualmente substituir as fontes convencionais, transformando uma matriz energética intensiva em combustíveis fósseis em uma matriz com forte presença de fontes limpas de geração energética.

Gráfico 3: Geração de eletricidade na Alemanha, entre 2005 e 2050.

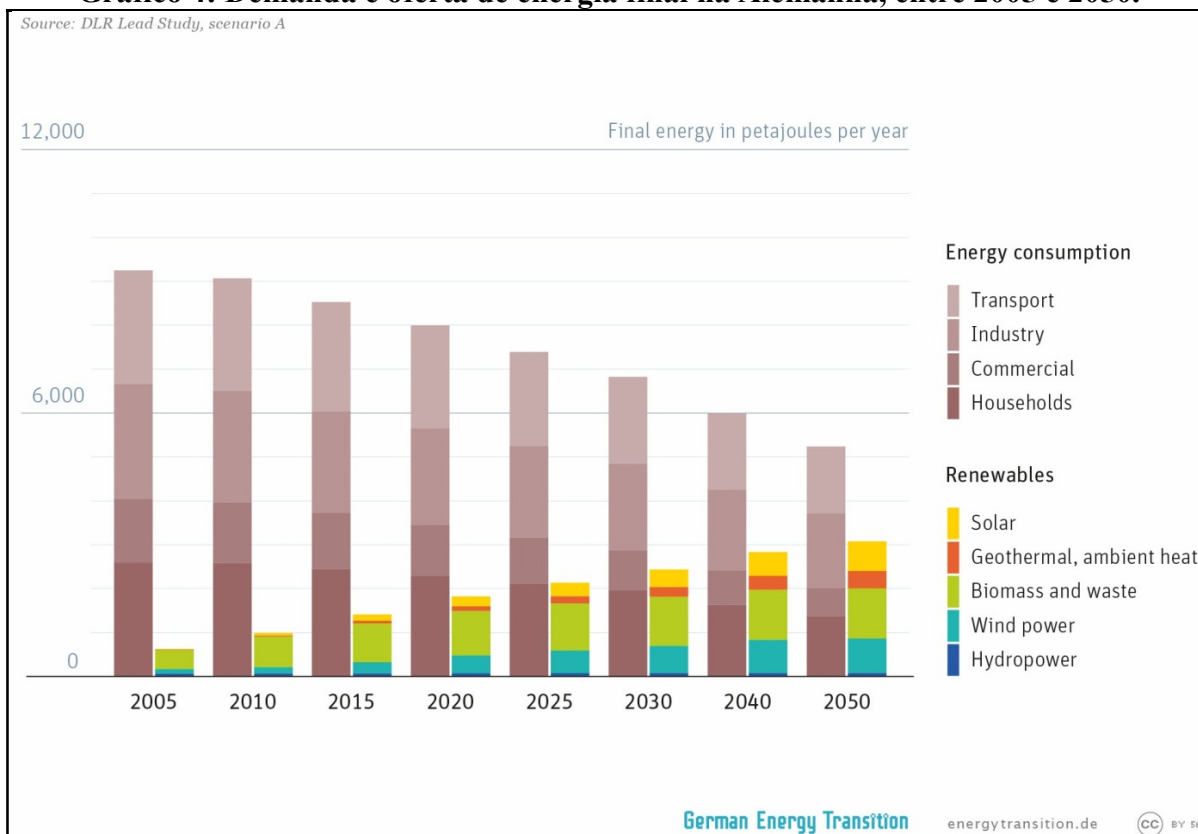


Fonte: Morris e Pehnt (2012, p.15)

A eficiência energética se destaca entre os desafios no processo de transição alemão. Como visto anteriormente, a gestão do *trade-off* entre segurança climática e segurança energética passa diretamente pela eficiência energética. A utilização de tecnologias mais eficientes propicia diminuição dos elevados custos de geração, além de atenuar o problema das emissões de gases do efeito estufa causados pela utilização de combustíveis fósseis.

É importante ressaltar que, para que a eficiência energética seja útil na transição energética, é importante que o consumo de energia seja reduzido gradualmente. Ou seja, para que haja a diminuição no consumo de energia, é necessário um esforço tanto do setor industrial quanto dos consumidores residenciais, os quais devem admitir que o uso da energia elétrica deverá ser sustentável, buscando cada vez mais o menor nível de desperdício possível (MORRIS; PEHNT, 2012, p.11; IEA, 2013, p. 35).

Gráfico 4: Demanda e oferta de energia final na Alemanha, entre 2005 e 2050.



Fonte: Morris e Pehnt (2012, p. 12)

Utilizando o Gráfico 4 acima na análise, podemos observar que o objetivo de inclusão das fontes renováveis na matriz energética alemã é diretamente relacionado com a redução do consumo de energia nos diferentes setores da economia da Alemanha. Ou seja, para que as fontes renováveis consigam adquirir o papel de protagonistas na geração de energia na Alemanha, é essencial que haja a conscientização da importância de se reduzir o consumo energético.

II.2.2 - O papel-chave das novas tecnologias

O sucesso do projeto de mudança para as fontes renováveis passa pela pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias que permitam substituir as fontes convencionais por fontes mais limpas, sem que o abastecimento energético seja afetado. O objetivo nesse caso é conseguir obter ganhos decorrentes de ser a pioneira no desenvolvimento de tecnologias sustentáveis para a geração de energia.

A transição para as renováveis permitiu a utilização cada vez menor de uma das principais tecnologias de geração utilizadas na Alemanha, as plantas nucleares, as quais tinham certa influência sobre a matriz energética. Como vimos anteriormente, esse processo

foi abruptamente acelerado em 2011 com o novo pacote de energia estabelecido na Alemanha, após o acidente de Fukushima Daiichi no Japão.

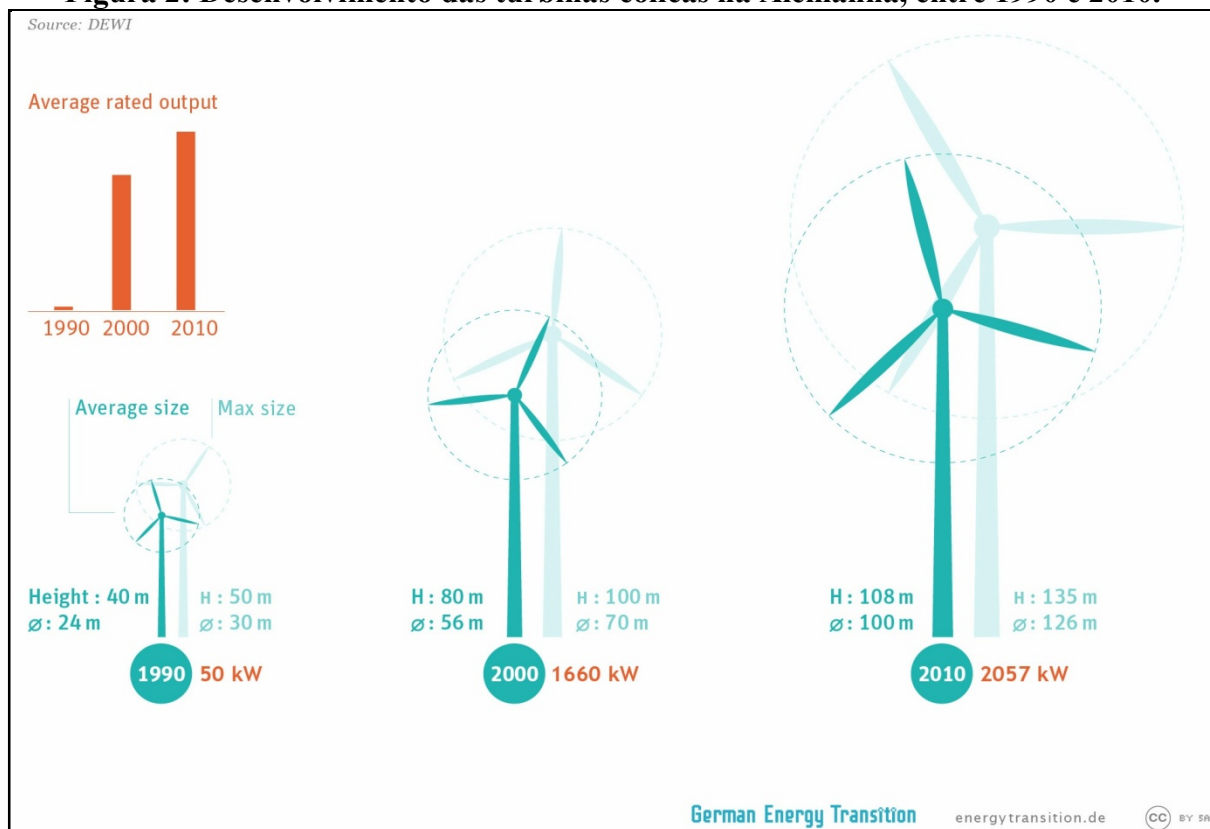
Todavia, a oposição à energia nuclear na Alemanha já existe desde a década dos anos 1970. Por mais que as plantas nucleares tenham sua importância sobre a matriz energética alemã, alguns problemas fazem com que a utilização dessas plantas seja cada vez mais criticada. Dentre os principais fatores de objeção às nucleares temos o constante risco de um desastre nuclear, como houve no Japão em 2011 e na Ucrânia em 1986, com o acidente de Chernobil, podendo a radiação gerar sérios danos, muitas vezes irreversíveis ao país, além dos elevados custos, não só de manutenção das usinas como o de financiamento de novas plantas, e também a escassa fonte de urânio, o qual é o combustível das usinas nucleares (MORRIS; PEHNT, 2012, p. 6).

Visto que as tecnologias convencionais ajudam na manutenção dos problemas climáticos, a Alemanha se viu obrigada a procurar novas tecnologias renováveis que permitissem uma geração mais limpa de energia com custos cada vez menores. O pioneirismo na adoção de tecnologias até então pouco utilizadas fez da Alemanha um país com setores fortes ligados à essas tecnologias, os quais auferiram ganhos relativos a pesquisas e o desenvolvimento de meios que permitissem a instalação de novas plantas com um custo reduzido. Com isso, tecnologias como eólica, solar e biomassa tiveram sucesso na inserção sobre a matriz energética alemã, sendo bem aceitas e crescendo cada vez mais com o passar dos anos.

A primeira tecnologia adotada na transição energética foi a energia eólica, no início da década dos anos 1990, com as primeiras turbinas de geração de energia. Inicialmente com pequenas turbinas que produziam uma quantidade reduzida de energia, a energia eólica foi ganhando destaque na matriz energética alemã, na qual representa atualmente cerca de 8% da energia gerada (MORRIS; PEHNT, 2012, p. 16; IEA, 2013, p. 125).

Inicialmente implementada através de pequenas turbinas, a energia eólica foi crescendo gradualmente e conquistando cada vez mais espaço sobre a matriz energética alemã. Em 2011, a energia eólica tinha uma capacidade instalada de geração de 48,9 Terawatts hora (TWh) através de mais de 20.000 plantas eólicas espalhadas pelo território alemão (IEA, 2013, p. 125). Com o passar dos anos, as turbinas, até então de pequeno porte, deram lugar a grandes turbinas com alta capacidade de geração de energia, como podemos observar na Figura 2 a seguir.

Figura 2: Desenvolvimento das turbinas eólicas na Alemanha, entre 1990 e 2010.



Fonte: Morris e Pehnt (2012, p. 16)

Financiadas pela política de tarifas *feed-in*, as plantas eólicas se diferenciam entre os parques eólicos *onshore* e *offshore*. Enquanto os primeiros são normalmente projetos de pequeno e médio porte, os quais muitas vezes estão nas mãos de pequenos investidores e algumas comunidades, os parques *offshore* são projetos de grande porte realizados por grandes corporações. Os custos de implementação e manutenção de parques *offshore* são bem maiores que os custos dos parques *onshore*, fazendo com que o papel do Governo no financiamento dos projetos seja essencial para o sucesso dessa tecnologia (MORRIS; PEHNT, 2012, p. 16; IEA, 2013, p. 126).

Além da energia eólica, outra importante tecnologia adotada pela Alemanha no processo de transição foi a energia solar, a qual apareceu sob a forma de painéis solares fotovoltaicos, os quais absorvem o calor gerado pela incidência de raios solares e os transformam em energia (MORRIS; PEHNT, 2012, p. 19; IEA, 2013, p. 124).

Inicialmente, a energia solar sofreu certa oposição devido ao custo dos painéis. Todavia, o que se observou foi o desenvolvimento na Alemanha do maior mercado de painéis fotovoltaicos do mundo. Isso se deve ao fato dos volumosos investimentos em pesquisa e desenvolvimento de tecnologias mais eficientes, o que permitiu uma queda de cerca de 50%

do preço dos painéis no período entre 2008 e 2012 (MORRIS; PEHNT, 2012, p. 19), fazendo com que essa tecnologia se tornasse mais barata que as turbinas eólicas.

Em 2011, a parcela da energia solar no suprimento de energia através de fontes renováveis de geração foi de cerca de 16,8%, com 2,2 TWh do total de 132,3 TWh (IEA, 2013, p. 124). A capacidade instalada de painéis fotovoltaicos em 2011 foi de 25.039 Megawatts (IEA, 2013, p. 124). Os painéis fotovoltaicos são em maioria de pequeno porte, com menos de 100 kilowatts (kW), devido a facilidade e rapidez na instalação dessa tecnologia, permitindo a utilização de mais de 288.000 painéis de pequeno porte espalhados pelo território alemão (IEA, 2013, p. 124).

Por fim, dentre as principais tecnologias adotadas na transição energética na Alemanha, a biomassa aparece como a mais versátil por servir não apenas como geradora de eletricidade, mas também pelo fornecimento de calor e combustíveis (MORRIS; PEHNT, 2012, p. 18). Além de sua versatilidade de usos, a biomassa é vantajosa por ser facilmente estocável e por conseguir atender a demandas extras de energia quando as energias solar e eólica não dão conta de toda a demanda, já que os geradores alimentados por biomassa são rapidamente colocados em uso.

A biomassa representa cerca de 33,3% da geração de eletricidade através de fontes renováveis na Alemanha (IEA, 2013, p. 217). Dos 132,3 TWh de eletricidade gerada por fontes renováveis em 2011, aproximadamente 44 TWh vieram do uso de biomassa (IEA, 2013, p. 217). A capacidade instalada em 2011 foi de 7.324 MW (IEA, 2013, p. 127).

Quando tratamos da biomassa devemos entender que as duas fontes básicas da bioenergia são a silvicultura e a agricultura. Nesse sentido, a Alemanha se destaca no uso de madeira para a produção de energia, em que cerca de 40% da produção madeireira alemã é utilizada na geração de energia, sendo o restante utilizado como material para outros fins (MORRIS; PEHNT, 2012, p. 18).

Por ser a segunda maior fonte de geração energética entre as tecnologias renováveis, a biomassa ganhou especial atenção do Governo Alemão. Em meados de Abril do ano de 2009, o *Federal Ministry for Food, Agriculture and Consumer Protection* (BMELV), junto com o *Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety* (BMU), formularam um plano específico para essa tecnologia, o *Biomass Action Plan*, o qual estabelecia os potenciais usos da biomassa para geração de energia e identificava as possíveis

fontes de recursos para esse fim, promovendo assim o uso da bioenergia na geração de calor, eletricidade e combustível para diversos setores da economia (IEA, 2013, p. 127).

II.2.3 - Mudanças sem prejuízos à base

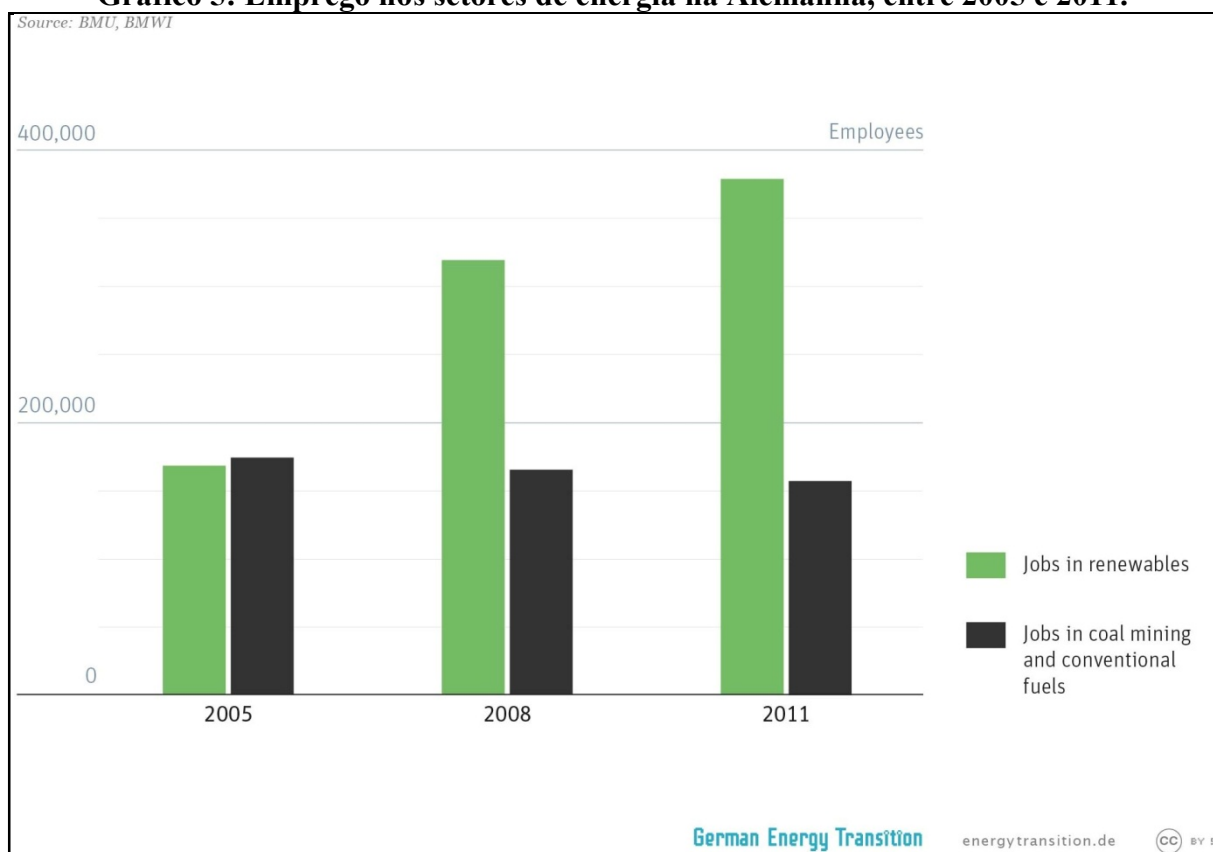
O debate sobre o processo de transição energética na Alemanha envolve muitas vezes os impactos sociais e econômicos causados pelas políticas adotadas. A pressão em cima das medidas tomadas para que as fontes renováveis sejam incluídas na matriz energética é justificada, em sua maioria, pelos elevados custos gerados, principalmente no que tange o financiamento do projeto. Para que o sucesso esperado com o projeto seja obtido, é importante o suporte do Governo Alemão a fim de que os impactos sejam pouco sentidos e que os preços da eletricidade se mantenham em um nível estável.

A estratégia adotada pela Alemanha foi permitir o investimento em novas tecnologias renováveis a uma gama imensa de investidores. Ou seja, o Governo Alemão não buscou financiar o projeto de transição apenas através das grandes companhias que têm capacidade financeira de custear os grandes projetos, criando oportunidades para pequenos e médios investidores que visavam obter uma margem relativa de lucro em um período previamente determinado. Com isso, o que se viu na Alemanha foi uma rápida expansão de plantas de geração elétrica através de tecnologias mais sustentáveis e mais baratas.

Além de fortalecer as pequenas e médias comunidades espalhadas pelo território alemão, tendo em vista que a aceitação popular sobre as mudanças se tornou mais fácil quando se observou que essas mudanças traziam benefícios tanto econômicos quanto sociais (MORRIS; PEHNT, 2012, p. 8), a política alemã ajudou a diminuir a dependência de importações de recursos energéticos, já que era muito mais fácil e barato instalar uma planta de geração elétrica em pequenas comunidades do que importar recursos de outros países, fazendo assim com que recursos financeiros que antes saiam do país circulassem na economia interna.

O domínio alemão sobre o mercado de eficiência energética e sobre as exportações de tecnologias sustentáveis é notório, o qual influencia diretamente diversas empresas alemãs que se dedicam a esse mercado, gerando assim um número cada vez maior de empregos. Segundo estimativas da *German Renewable Energy Federation* (BEE), a expectativa é que até o ano de 2020 existam 500.000 postos de trabalho, diretos e indiretos, relacionados às fontes renováveis.

Gráfico 5: Emprego nos setores de energia na Alemanha, entre 2005 e 2011.



Fonte: Morris e Pehnt (2012, p. 5)

A geração de empregos relacionados às fontes renováveis de energia mostram a influência dessas fontes não apenas sobre as questões ambientais, mas também sobre bases econômicas importantes ao desenvolvimento da Alemanha. Utilizando o Gráfico 5, se compararmos os empregos relacionados às fontes tradicionais e as fontes renováveis de energia, em 2011, as vagas no setor de energia renovável são mais que o dobro em relação as fontes tradicionais, quase atingindo a marca de 400.000 vagas de emprego (MORRIS; PEHNT, 2012, p. 5).

Há de se admitir que a transição energética só irá obter sucesso na Alemanha caso as bases, econômica e social, não sejam afetadas. A implementação de novas tecnologias renováveis na matriz energética não foi um plano meramente ambiental. Por trás da aparência sustentável do plano, no qual fontes mais limpas de geração vão substituir as fontes convencionais poluidoras, há um objetivo claro de manter o crescimento industrial e econômico sem que haja perdas de competitividade no mercado internacional.

Além disso, o plano também tenta promover uma mudança social gradual, já que a população alemã sempre fez uso de tecnologias avançadas intensivas em energia, e a

transformação nas fontes de energia poderia afetar diretamente o conforto gerado pelo uso dessas tecnologias. Para que esses objetivos sejam alcançados, é necessário o investimento em novas tecnologias mais eficientes, as quais vão permitir o uso cada vez menor de recursos ambientais e financeiros na geração energética, mantendo assim a base econômica e social inalterada.

Os desafios que a transição energética criou para Alemanha fizeram com que críticas com relação as medidas tomadas no processo surgissem, exigindo novas medidas governamentais para contornar os problemas criados pelo próprio processo de transição, as quais serão explicitadas no capítulo seguinte.

CAPÍTULO III - CRÍTICAS E REVISÃO DA TRANSIÇÃO

Tendo em vista o radicalismo na implementação de fontes renováveis na matriz energética alemã, amplamente dominada pelos combustíveis fósseis na geração energética, a Alemanha obteve algumas vantagens, como o desenvolvimento de tecnologias mais eficientes e o domínio no mercado mundial de geração elétrica a partir de fontes limpas, o que permitiu que o processo de transição fosse conduzido de uma maneira simples e eficaz.

Porém, apesar dos benefícios gerados com a transição energética, alguns empecilhos foram enfrentados pela Alemanha em sua trajetória em busca das renováveis. Por não ter como se basear em políticas de outros países a fim de traçar medidas que evitassem erros já observados, o Governo alemão foi obrigado a conviver com erros e acertos na formulação de políticas voltadas para a transição energética, o que provocou críticas ao processo de transição energética, principalmente no que diz respeito aos custos do processo.

Com isso, a processo de transição sofreu diversas alterações com o passar dos anos. Mais recentemente, em 2014, uma revisão do projeto foi realizada a fim de que problemas adquiridos com o processo fossem mitigados, e objetivos traçados anteriormente fossem alcançados.

III.1 - Críticas ao projeto

Ao formular os dois grandes pacotes de energia em 2010 e 2011, o Governo Alemão imaginou obter sucesso em suas metas de substituição energética, com a economia alemã permanecendo internacionalmente competitiva, as indústrias se estabelecendo cada vez mais como um dos mais fortes setores industriais do mundo e os custos direcionados aos consumidores se mantendo controlados.

Contudo, o que observamos é que o sucesso do projeto ainda está longe de ser alcançado, ao passo que os custos cresceram exorbitantemente e a indústria alemã começou a sentir relativas perdas de competitividade, tendo em vista a dependência que o setor industrial alemão tem em relação ao suprimento energético.

Os problemas, nesse caso, não se restringem apenas à elevada carga financeira e as ameaças à indústria alemã. A rede de energia alemã sofre com a constante intermitência no fornecimento de energia através de fontes renováveis, causando instabilidade na distribuição energética e gerando perdas para a atividade econômica.

III.1.1 - Ameaça de desindustrialização e os elevados custos

Para entendermos o problema dos custos no projeto de transição energética alemã é importante ressaltarmos que a economia alemã é altamente intensiva em energia para o crescimento de suas manufaturas, as quais representam cerca de 25% da economia alemã (IER, 2014, p. 4). Ou seja, não há como a existir crescimento das manufaturas sem que haja uma rede de abastecimento energético estável.

Temos então que a instabilidade gerada pela elevação dos custos faz com que o setor industrial alemão perca cada vez mais competitividade no mercado internacional, principalmente se observamos a economia norte-americana, na qual o boom do uso do gás de xisto fez com que as indústrias obtivessem relativos ganhos de competitividade no mercado, já que o abastecimento feito por uma nova fonte energética muito mais barata reduziu os custos de produção (IER, 2014, p. 4). Com isso, o preço do gás natural doméstico norte americano foi reduzido, se tornando mais eficiente sua utilização em relação ao carvão para a geração de eletricidade (HAYES, 2013).

A ameaça de desindustrialização da economia alemã aparece exatamente no momento em que outras economias mundiais surgem com medidas atrativas de baixo custo para as grandes empresas situadas na Alemanha, as quais não querem continuar arcando com os elevados custos da transição.

As mudanças realizadas no processo de transição energética na Alemanha impactaram sobre o mercado de negócios de energia. Ao passo que as renováveis foram ganhando força na matriz energética alemã, as grandes empresas do determinado mercado se viram obrigadas a promover mudanças em toda a estrutura empresarial, a fim de que os prejuízos derivados das mudanças fossem mitigados.

Haja vista a preferência no despacho que as renováveis possuem na matriz energética alemã e as políticas voltadas para o uso cada vez menor das fontes tradicionais de geração de energia, as quatro grandes empresas do mercado de energia alemão (E.ON, RWE, Vattenfall e EnBW), que até 2010 eram responsáveis por mais da metade da geração de energia na

Alemanha, se viram obrigadas a mudar a forma de atuar no mercado de energia alemão, no qual muitas plantas de geração através de fontes tradicionais foram deixadas de lado (MORRIS, 2014). Se antes a exploração de combustíveis fósseis para a geração de energia caracterizava a atuação dessas empresas, agora o foco estava em investir cada vez mais no uso de fontes renováveis para a geração e o fornecimento de energia.

Um exemplo do impacto das mudanças provenientes do processo de transição energética na Alemanha é a importante mudança ocorrida recentemente na E.ON, a qual decidiu transformar radicalmente a estrutura da empresa. No novo modelo, a empresa passou a ser dividida em duas empresas independentes. A primeira, denominada como E.ON SE, é sustentada pelas fontes renováveis, pelas redes de distribuição de energia e pelo foco na solução aos consumidores. A segunda, denominada apenas como Nova Companhia, também possui algumas bases que a sustentam, como a geração de energia através de fontes tradicionais, as *commodities* globais e o *upstream*¹¹ (E.ON, 2014).

Com isso, vemos que as mudanças relativas ao processo de transição energética na Alemanha causaram impactos relevantes sobre os negócios do mercado de energia alemão, no qual as principais empresas se viram obrigadas a transformar suas estruturas para que o rumo das renováveis fosse mantido.

Outro problema que a economia alemã acaba enfrentando é a baixa nos níveis de exportação da indústria, derivada do aumento dos custos relativos ao pagamento pelo uso de energia elétrica, ficando claro que se esses novos custos não recaíssem diretamente sobre a indústria, a Alemanha poderia obter níveis mais elevados de exportação, mantendo a competitividade perante o mercado mundial.

¹¹ Entende-se por *upstream* a parte da cadeia produtiva na indústria do petróleo que antecede o refino, onde temos atividades como a exploração e a produção.

Tabela 2: Custo da eletricidade residencial no mundo em 2012.

País	Custo por kWh em dólares americanos
União Européia (Média)	\$0.26
Dinamarca	0.41
França	0.19
Alemanha	0.35
Irlanda	0.26
Itália	0.28
Japão	0.26
Holanda	0.24
Espanha	0.29
Suécia	0.25
Suiça	0.22
Reino Unido	0.20
Estados Unidos	0.12

Fonte: Adaptado de IER (2014, p. 10)

Se as empresas, sejam elas de grande ou pequeno porte, são afetadas com a transição energética na Alemanha, as famílias também foram atingidas. Como observado na Tabela 2 acima, se compararmos o custo da energia elétrica residencial nos principais países desenvolvidos em 2012 em relação ao custo nos Estados Unidos da América, vemos que o custo da energia elétrica na Alemanha é o segundo maior de todos, com \$0.35 por kWh, sendo maior que a média dos custos na Europa, na qual a eletricidade doméstica custa em média \$0.26 por kWh, e quase três vezes maior que o custo nos Estados Unidos da América, em que cada kWh custa \$0.12 (IER, 2014, p.9).

Além disso, as altas taxas para subsidiar a expansão das energias limpas na matriz energética alemã também se apresentam como uma importante crítica ao processo de transição. Em 2013, as taxas de energia subiram cerca de 25% se comparadas ao ano anterior, atingindo um valor de 42 bilhões de dólares¹² (IER, 2014, p. 10), demonstrando o peso financeiro que a transição colocou principalmente sobre a população, a fim de se financiar o projeto de transição energética.

III.1.2 - Problemas na rede elétrica

A rápida expansão da geração de energia através de fontes renováveis provocou uma certa instabilidade sobre a rede elétrica alemã, a qual foi provocada principalmente pela

¹² Esse valor, se expressado na moeda utilizada na Alemanha, é tido como cerca de 31.6 bilhões de euros.

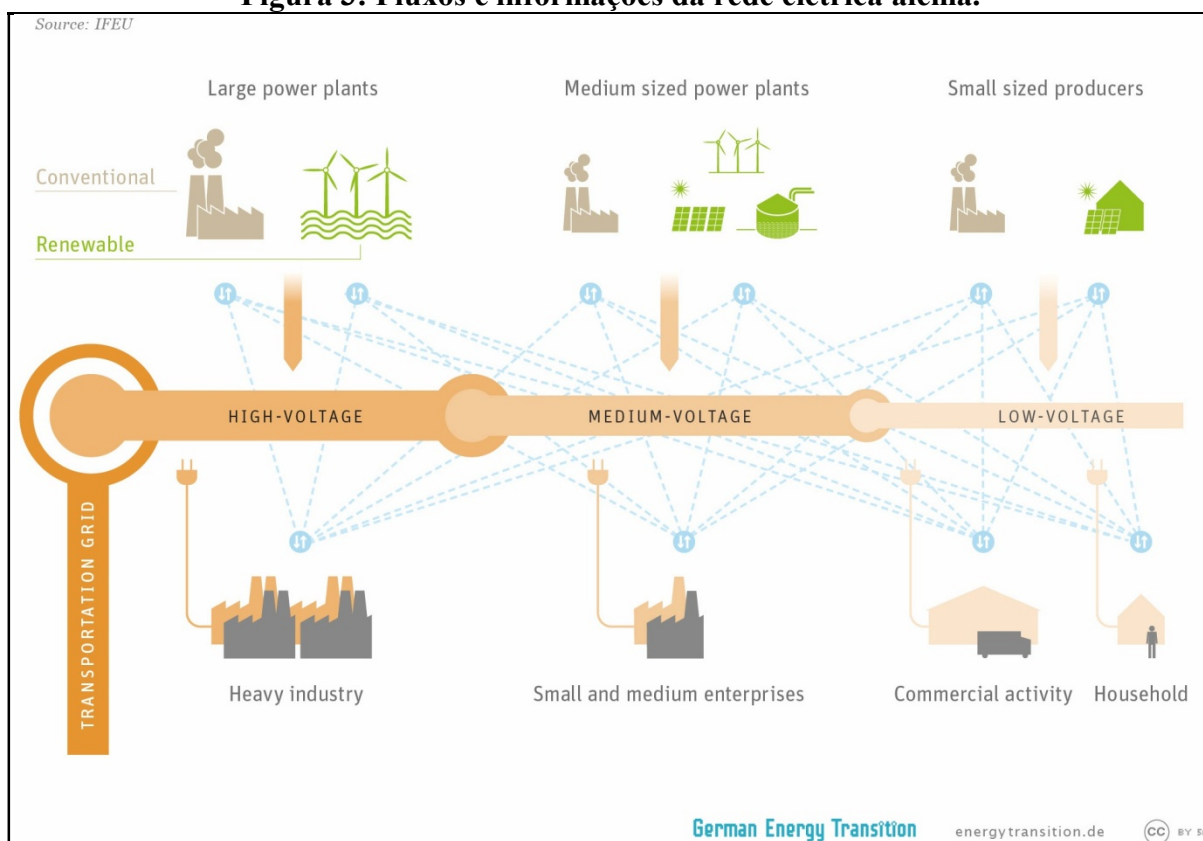
inerente intermitência na transmissão de energia elétrica presente na geração através de plantas solares e eólicas, já que dependem de recursos naturais para a geração de eletricidade, ou seja, caso não haja incidência de raios solares sobre os painéis fotovoltaicos, ou os ventos não movimentem as turbinas eólicas, não haverá produção de energia (IER, 2014, p. 6).

A implementação de novas plantas geradoras de energia espalhadas por todo território alemão criou um desafio para os operadores da rede. A grande questão está em garantir o fornecimento de energia elétrica através de fontes que, apesar de serem mais sustentáveis, não passam a segurança do abastecimento que as fontes convencionais oferecem.

Tendo em vista que o território alemão é bastante vasto, as indústrias não estão localizadas em poucos distritos, mas sim espalhadas pelo enorme espaço geográfico, no qual alguns locais se destacam por determinadas atividades industriais, como a região de Stuttgart e suas indústrias automobilísticas, a região de Essen e as indústrias siderúrgicas que lá se desenvolveram, dentre outros. Para que se consiga garantir o suprimento energético necessário para a operação dessas diversas indústrias, é preciso uma rede extensa e moderna que interligue os centros geradores de energia elétrica aos grandes consumidores, sejam eles indústrias, grandes centros urbanos e territórios rurais.

Nessa conjuntura, identificamos um problema presente na rede de energia elétrica alemã, que é a capacidade de interligação das redes de transmissão do sistema. Como as indústrias estão espalhadas pelo território alemão, nem sempre uma planta de distribuição eólica ou solar estará perto de um centro industrial. Os custos da expansão das linhas de transmissão deverão ser repassados aos consumidores, caracterizando assim mais um agravante da questão do financiamento do projeto.

Figura 3: Fluxos e informações da rede elétrica alemã.



Fonte: Morris e Pehnt (2012, p. 23)

A integração da rede de distribuição de energia na Alemanha é um desafio a ser encarado pelo *policy maker*, tendo em vista a importância estratégica que uma rede plenamente interligada tem para o sucesso do processo de transição. Como podemos observar na Figura 3 acima, a rede elétrica alemã é extremamente complexa, na qual as linhas de transmissão são divididas por sua voltagem (alta, média e baixa), as quais atendem diferentes setores da economia (MORRIS; PEHNT, 2012, p. 23; IEA, 2013, p. 139).

Para a indústria pesada de base, as linhas de alta voltagem são abastecidas com energia derivada das grandes plantas eólicas *offshore* e das plantas intensivas em combustíveis fósseis, enquanto pequenas e médias empresas são abastecidas por linhas de transmissão de média voltagem, que são alimentadas por plantas eólicas *onshore*, painéis fotovoltaicos, biomassa e também plantas convencionais. Não menos importante, as linhas de transmissão de baixa voltagem fornecem energia para atividades comerciais e consumo doméstico (MORRIS; PEHNT, 2012, p. 23).

Uma das dificuldades que se apresentam para as fontes eólica e solar está exatamente na localização de suas plantas. Vale ressaltar que uma planta de geração eólica só obtém sucesso em um território no qual haja vento durante um bom período do ano, o que também

vale para uma planta de geração solar, a qual só é válido o investimento em um local com boa incidência de raios solares.

O problema que se destaca é que, muitas vezes, os locais mais propícios à instalação dessas plantas nem sempre necessitam de uma carga grande de abastecimento, fazendo com que muitas vezes uma certa região abrigue uma planta de geração eólica ou solar e haja excesso de oferta de energia. Por consequência, certas regiões que são mais intensivas em energia podem ficar com o fornecimento prejudicado (IER, 2014, p.6).

Uma importante crítica ao processo de transição energética na Alemanha se dá com relação à administração dos estoques energéticos. As fontes renováveis de geração de energia, como a solar e a eólica, sofrem do problema de não serem despacháveis, ou seja, não é possível simplesmente ligar as turbinas eólicas ou os painéis fotovoltaicos quando é necessário atender a demanda energética. Com isso, tecnologias tracionais como o carvão e as plantas nucleares acabam ganhando força nessa discussão, já que não sofrem do mesmo problema que as renováveis no que diz respeito a estocagem de energia. A busca, nesse caso, deverá ser pelo aumento das pesquisas e do desenvolvimento de novas tecnologias que permitam o desenvolvimento de formas estocagem de energia mais eficientes (MORRIS; PEHNT, 2012, p. 24).

III.2 - Revisão do projeto

Devido aos problemas enfrentados pelo Governo Alemão, no que se refere aos elevados custos de financiamento da transição e as dificuldades relacionadas ao gerenciamento da rede elétrica e da matriz energética, foi necessária uma revisão do projeto de transição para as renováveis. Com isso, em 2014 foi realizada uma reforma na política energética alemã, buscando a reformulação de políticas já existentes e a criação de novas metas para que o sucesso esperado com a transição fosse alcançado.

Haja vista a importância da manutenção dos principais objetivos da transição, em que os pilares que sustentavam o projeto eram a eficiência energética e as fontes renováveis, era importante que se repensasse a forma de financiamento adotada para inclusão das renováveis, na qual a maior parte dos custos financeiros recaiam sobre os consumidores residenciais. Ou seja, as grandes indústrias, que até então eram responsáveis por uma parcela pequena do financiamento do processo, deveriam arcar com maiores parcelas de recursos, a fim de que a crítica a respeito dos encargos financeiros aos consumidores finais fosse solucionada.

Além da questão financeira, a revisão da transição energética alemã se fez necessária para manutenção do objetivo de, até 2050, cerca de 80% da eletricidade utilizada na Alemanha seja disponibilizada através de fontes renováveis de geração (GRAICHEN, 2014, p. 1). Para que esse objetivo, o qual é um dos principais objetivos da transição, não perdesse sua importância, era necessário o incentivo cada vez maior das fontes renováveis, criando maneiras de uma melhor inclusão dessas fontes na matriz energética alemã e no mercado de energia.

A reforma executada em Agosto de 2014 objetivava dar uma resposta às pressões exercidas pelos setores industrial e elétrico, principalmente no que tange à competitividade da indústria alemã (BICALHO, 2014). Além disso, alguns pontos, como a maior integração das fontes renováveis no mercado de energia alemão e a busca por tecnologias mais eficientes, também estavam inclusos no pacote energético de 2014.

A adequação do processo de transição alemã é sustentada pela busca da segurança energética, a qual já era um dos principais objetivos do plano antes mesmo da recente mudança, aliada ao controle de custos da implementação das plantas de geração através de fontes renováveis, além do alinhamento de questões ambientais e climáticas (BICALHO, 2014).

Os principais aspectos da adequação da política energética alemã incluem a redução gradual dos incentivos às tecnologias renováveis, as quais terão um maior controle sobre as novas plantas, além do fim dos bônus e privilégios dados às fontes limpas, fazendo com que haja um maior equilíbrio no mercado de energia da Alemanha.

A mudança será realizada através do maior controle sobre a capacidade instalada das fontes renováveis. No caso dos painéis fotovoltaicos, a capacidade de geração atual é de cerca de 37.448 MW, com uma previsão de aumento anual de 2.500 MW. Já para as plantas eólicas *onshore*, as quais possuem uma capacidade atual de 34.638 MW, a previsão é de crescimento de 2.500 MW por ano (GRAICHEN, 2014, p. 2).

Para que a questão dos custos do processo seja resolvida, é necessário o estabelecimento de uma nova forma de financiamento, a qual se baseia em um sistema de pagamentos através de contratos de diferença, em que os produtores devem vender a energia produzida de forma independente e serão remunerados através da diferença entre o preço de

mercado da energia e a FIT empregada para as diferentes tecnologias (GRAICHEN, 2014, p. 3).

Por mais que, por lei, as FIT's continuem a ser usadas, esse novo modelo de financiamento será utilizado para todas as novas instalações, em 2015, com capacidade maior que 500 kW, e para instalações com capacidade acima de 100 kW a partir de Janeiro de 2016 (GRAICHEN, 2014, p. 4).

É importante salientar que a adequação da transição energética realizada em 2014 pelo Governo Alemão não é uma última reforma do processo, tendo em vista que os objetivos traçados incluem metas a serem atingidas em um longo período de tempo, e há a expectativa que em 2016 a transição seja novamente revista (GRAICHEN, 2014, p. 7).

A essência do presente debate é a manutenção da competitividade da indústria alemã aliada ao combate das emissões de gases do efeito estufa. Ou seja, o enfrentamento das questões climáticas passa pela segurança do abastecimento, evitando que haja uma transformação estrutural na economia alemã e permitindo que a Alemanha disponha de todos os benefícios gerados com a transição energética.

CONCLUSÃO

O estudo da transição energética na Alemanha permitiu o entendimento de duas das principais questões que norteiam a tomada de decisões no setor de energia. As mudanças climáticas, as quais são um problema a ser enfrentado constantemente por Governos e também pelas diferentes sociedades, mostram a consequência do uso intensivo de combustíveis fósseis para a geração de energia. Por outro lado, a segurança do abastecimento, a qual sempre será um objetivo traçado por qualquer política energética, nos mostra a importância que os recursos energéticos têm para o desenvolvimento econômico e para a manutenção do bem-estar social.

A análise desses dois conceitos é essencial para o entendimento do *trade-off* existente entre eles, o qual exige do *policy maker* um gerenciamento baseado em ações que busquem mitigar os problemas causados por esse *trade-off* sem que haja impactos sobre a economia e a sociedade. Com isso, fica evidente a dificuldade envolvida em uma mudança radical a partir de uma transição energética, o que nos leva a crer que a passagem de uma economia intensiva no uso de carbono para uma economia na qual as fontes renováveis predominam sobre as fontes convencionais é lenta e enfrenta diversos obstáculos pelo caminho.

A eficiência energética se apresenta como uma possível solução para a administração do *trade-off* entre mudança climática e segurança do suprimento. O uso cada vez maior de tecnologias mais eficientes é benéfico tanto para as questões ambientais, quanto para as questões econômicas, ao passo que essas tecnologias buscam a utilização cada vez menor de carbono, grande causador das emissões de gases do efeito estufa, além de serem mais rentáveis para o Estado, ao passo que a economia de recursos que elas carregam permitem a utilização cada vez menor de montantes financeiros.

A Alemanha se destaca internacionalmente na busca por fontes renováveis de geração de energia. Tendo em vista o radicalismo no uso de fontes alternativas na matriz energética em substituição às fontes tradicionais, os desafios que se apresentaram foram devidamente enfrentados pelo Governo Alemão, o qual manteve o foco na criação de maneiras de financiamento e inclusão dessas fontes no mercado de energia nacional, o qual era dominado

por fontes convencionais, como o carvão e o petróleo, buscando alternativas que fossem benéficas para a economia e a sociedade alemã.

O pioneirismo alemão no que se diz respeito às fontes limpas fez com que diversos países utilizassem as políticas públicas alemãs para a criação de políticas internas de incentivo às fontes renováveis. Dado a facilidade que as tarifas *feed-in* possuem no financiamento dessas fontes, muitas economias seguiram a ideia de incentivos cada vez maiores para a utilização de fontes não poluentes, tendo em vista que essas fontes dependem do esforço do Estado para se estabelecerem economicamente.

Durante a caminhada em busca das fontes renováveis de geração, a Alemanha se viu obrigada a reestruturar o plano conforme os acontecimentos e as pressões, internas e externas, fossem surgindo, o que obrigou o Estado a formular novas políticas com o passar dos anos, em que se destacam os pacotes energéticos de 2000, 2010, 2011 e 2014. Contudo, mais reformulações devem ser observadas no futuro, tendo em vista que a política energética alemã é alvo constante de questionamentos de diversos setores da economia, os quais por muitas vezes se veem prejudicados por alguma questão relacionada à transição energética.

Tendo em vista que a base da transição energética na Alemanha se deu através da inclusão de fontes renováveis na matriz energética e do uso de tecnologias mais eficientes, é importante compreendermos que essa transição deverá ser feita sem que haja uma mudança estrutural na economia alemã, a qual acarretaria na perda de competitividade da forte indústria alemã perante o mercado internacional e provocaria distúrbios no desenvolvimento econômico e no bem-estar social.

Visto que a concorrência internacional faz com que a Alemanha tome medidas econômicas e sociais para manter sua posição perante as outras grandes economias, a transição para as fontes renováveis adquire papel-chave na estratégia de longo prazo da economia alemã, na qual o grande desafio será conseguir fazer com que a inclusão das fontes renováveis não gere impactos negativos na base econômica e social do país.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAUMANN, F. **Energy security as multidimensional concept**. CAP Policy Analysis 1. Center for Applied Policy Research: Munich, 2008. 14 p.

BAYAR, T. **German industry calls for renewables policy reform**. Renewable Energy World, 2013. Disponível em: <<http://www.renewableenergyworld.com/rea/news/article/2013/09/german-industry-calls-for-renewables-reform>>. Acesso em: 30 jan. 2015.

BICALHO, R. **A mudança da política alemã de incentivos às energias renováveis**. Blog Infopetro, 2014. Disponível em: <<https://infopetro.wordpress.com/2014/09/01/a-mudanca-da-politica-alema-de-incentivo-as-energias-renovaveis/>>. Acesso em: 25 jan. 2015.

BICALHO, R.; QUEIROZ, R. **Segurança energética e mudança climática: estruturando o debate energético**. Centro de Excelência em Economia da Energia: Rio de Janeiro, 2012. 34 p.

COUTURE, T.; GAGNON, Y. **An analysis of feed-in tariff remuneration models: Implications for renewable energy investment**. Energy Policy, v. 38, n. 2. Guildford: Elsevier, 2010. p. 955-965.

E.ON. **New corporate strategy: E.ON to focus on renewables, distribution networks, and customer solutions and to spin off the majority of a new, publicly listed company specializing in power generation, global energy trading, and exploration and production**. Disponível em: <<http://www.eon.com/content/eon-com/en/media/news/press-releases/2014/11/30/new-corporate-strategy-eon-to-focus-on-renewables-distribution-networks-and-customer-solutions-and-to-spin-off-the-majority-of-a-new-publicly-listed-company-specializing-in-power-generation-global-energy-trading-and-exploration-and-production.html/>>. Acesso em: 19 fev. 2015.

FEDERAL MINISTRY FOR ECONOMIC AFFAIRS AND ENERGY. **An Electricity Market for Germany's Energy Transition**. Berlin, 2014. 56 p. Entidade conhecida pela sigla BMWi.

_____. **The Energy of the Future**. Berlin, 2014. 21 p.

FRONDEL, M. et al. **Economic impacts from the promotion of renewable energy technologies: The German experience**. Ruhr Economic Papers n. 156: Bochum, 2009. 32 p.

GRAICHEN, P. **10 Questions and Answers on the 2014 Reform of the German Renewable Energy Act**. Agora Energiewende, Briefing Paper, 2014. 8 p.

HAYES, C. **Dual Revolutions = Energy Evolution?**. Huffington Post, 2013. Disponível em: <http://www.huffingtonpost.com/cylvia-hayes/dual-revolutions-energy_b_2896482.html>. Acesso em: 20 dez. 2014.

HELM, D. **Credible energy policy: Meeting the challenges of security of supply and climate change**. London: Policy Exchange, 2008. 60 p.

INSTITUTE FOR ENERGY RESEARCH. **Germany's green energy failure: A lesson for U.S. Policymakers**. Washington, 2014, 14 p. Entidade conhecida pela sigla IER.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Energy Policies of IEA Countries: Germany 2007 Review**. Paris: OECD/IEA, 2007. 181 p. Entidade conhecida pela sigla IEA.

_____. **Energy Policies of IEA Countries: Germany 2013 Review**. Paris: OECD/IEA, 2013. 206 p.

_____. **Energy Supply Security: The Emergency Response of IEA Countries.** Paris: OECD/IEA, 2014. 601 p.

KAINER, A. **Greentech Industries: Further growth driver for CEE?** Viena: Roland Berger Strategy Consultants, 2012. 31 p.

LAIRD, F. N.; STEFES, C. **The diverging paths of German and United States policies for renewable energy: Sources of difference.** Energy Policy, v. 37, n. 7. Guildford: Elsevier, 2009. p. 2619-2629.

LANG, M. **Clear Bundestag Majority for 2022 Nuclear Phase-out and Coalition Party Approval for Energy Package.** German Energy Blog, 2011. Disponível em: <<http://www.germanenergyblog.de/?p=6677>>. Acesso em: 15 jan. 2015.

MCKILLOP, A. **Germany will dilute - not abandon - its Energiewende plan.** EU Energy Policy Blog, 2013. Disponível em: <<http://www.energypolicyblog.com/2013/09/22/germany-will-dilute-not-abandon-its-energiewende-plan/>>. Acesso em: 20 jan. 2015.

MORRIS, C. **Is Germany now bad for traditional utilities?** Energiewende Blog, 2014. Disponível em: <<http://energytransition.de/2014/12/is-germany-now-bad-for-traditional-utilities/>>. Acesso em: 19 fev. 2015.

MORRIS, C.; PEHNT, M. **Energy Transition: The German Energiewende.** Berlin: Heinrich Böll Stiftung, 2012. 93 p.

PINTO JR., H. Q. (Org). **Economia da energia: fundamentos econômicos, evolução histórica e organização industrial.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2007. 343 p.

SCHIERMEIER, Q. **Renewable power: Germany's energy gamble.** Nature, 2013. Disponível em: <<http://www.nature.com/news/renewable-power-germany-s-energy-gamble-1.12755>>. Acesso em: 20 dez. 2014.

TALBOT, D. **The Great German Energy Experiment.** MIT Technology Review, 2012. Disponível em: <<http://www.technologyreview.com/featuredstory/428145/the-great-german-energy-experiment/>> Acesso em: 22 dez. 2014.

THE ECONOMIST. **E.ON and E.OUT: A German power-producer is breaking itself up to face the future.** Berlin, 2014. Disponível em: <<http://www.economist.com/news/business/21635503-german-power-producer-breaking-itself-up-face-future-eon-and-eout>>. Acesso em: 19 fev. 2015.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP); UNITED NATIONS EDUCATIONAL SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION (UNESCO). **Climate Change Starter's Guidebook: An issues guide for education planners and practitioners.** Paris: UNESCO, 2011. 70 p.

VERCLAS, K. **The Reform of the German Renewable Energy Act in 2014.** American Institute for Contemporary German Studies, 2014. Disponível em: <<http://www.aicgs.org/issue/the-reform-of-the-germany-renewable-energy-act-in-2014/>>. Acesso em: 18 jan. 2015.

WIESMANN, G. **Germany: Lines of contention.** Financial Times, 2012. Disponível em: <<http://www.ft.com/cms/s/0/5fbaa96e-0e1d-11e2-8b92-00144feabdc0.html>>. Acesso em: 10 fev. 2015

WITTNEBEN, B. **The impact of the Fukushima nuclear accident on European energy policy.** Environmental Science & Policy, v. 15, n. 1. Exeter: Elsevier, 2012. p. 1-3.