



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE ECONOMIA
MONOGRAFIA DE BACHARELADO

O DESENVOLVIMENTO ENERGÉTICO ALEMÃO: UMA ANÁLISE DA TRANSIÇÃO PARA O USO DE ENERGIA RENOVÁVEL

ELISEU SILVA DE ABREU
matrícula n° 155240

ORIENTADOR: Prof. Ademar Romeiro

Novembro 2018

Sumário

AGRADECIMENTOS	3
RESUMO	4
INTRODUÇÃO	8
CAPÍTULO I – Os pilares da transição	10
I.1 – O sentimento antinuclear	12
I.2 – Cenário político e o Partido Verde	16
CAPÍTULO II – A transição	20
II.1 – As tarifas <i>feed-in</i>	20
II.2 – O fim da energia nuclear	24
II.3 – O Ato de Energia Renovável	32
CAPÍTULO III –Energiewende: Fracasso ou sucesso?	39
III.1 – A falha	39
III.2 – O sucesso	44
CONCLUSÃO	51

AGRADECIMENTOS

A construção e conclusão deste trabalho só foi possível devido ao apoio ímpar recebido de pessoas que sempre me encorajaram e deram suporte nos momentos de necessidade. Agradeço ao meu professor e orientador Ademar Romeiro, minha família e à minha namorada, que prestaram sua total ajuda durante todo este período.

RESUMO

Este trabalho busca analisar a transição da Alemanha em busca de uma matriz energética baseada em fontes renováveis, iniciada na década de 1990. Iremos analisar as medidas políticas adotadas pelo governo durante este período visando tornar competitiva o uso das fontes renováveis, os principais acontecimentos internacionais e as especificidades do modelo adotado pelo país em sua empreitada, qual seja, o abandono da energia nuclear e o uso das tarifas *feed-in*. Para isto, este trabalho faz uso de extensa bibliografia e dados sobre a matriz energética, economia e política alemã, concluindo que o país obteve sucesso na implantação de seu modelo devido a sua grande dependência energética, ao forte sentimento antinuclear presente na população alemã e ao fortalecimento de partidos políticos ambientalistas na década de 80 e 90.

Palavras-chaves: Transição energética; Fontes renováveis; Alemanha; Antinuclear

ABSTRACT

This paper seeks to analyze the transition of Germany in search of a renewable energy matrix started in the 1990s. We will analyze the policy measures adopted by the government during this period in order to make competitive the use of renewable sources, the main international events and the specificities of the model adopted by the country in its work, that is, the abandonment of nuclear energy and the use of feed-in tariffs. For this, this paper makes use of extensive bibliography and data about the German energy, economy and politics matrix, concluding that the country was successful in implanting its model due to its great energetic dependence, strong anti-nuclear sentiment in the German population and strengthening of environmental political parties in the 1980s and 1990s.

Lista de Figuras

FIGURA 1 CRESCIMENTO ECONÔMICO, DA PRODUÇÃO E CONSUMO DE ENERGIA E EMISSÃO DE GHG 1990 - 2017	11
FIGURA 2: : EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO PRIMÁRIA DE ENERGIA DE 1990 - 2005	23
FIGURA 3: EVOLUÇÃO DO CONSUMO PRIMÁRIO DE ENERGIA POR FONTES DE 1990 - 2005	23
FIGURA 4: GERAÇÃO BRUTA DE ELETRICIDADE POR PLANTAS NUCLEARES NA UNIÃO EUROPEIA (GWH).....	31
FIGURA 5: GERAÇÃO ANUAL DE ENERGIA ELÉTRICA NA ALEMANHA	35
FIGURA 6:DESENVOLVIMENTO DA POLÍTICA DE ENERGIA RENOVÁVEIS, SEUS OBJETIVOS E A PARTICIPAÇÃO DE FONTES RENOVÁVEIS NO CONSUMO TOTAL DE ELETRICIDADE, 2000-2035	38
FIGURA 7: GERAÇÃO BRUTA DE ELETRICIDADE (TWH) 1990, 2016 E 2050	46
FIGURA 8: PIB, ENERGIA PRIMÁRIA, CONSUMO E PRODUÇÃO DE ELETRICIDADE, 1990–2016 (INDEXADO, 1990 = 100)	47
FIGURA 9: OPINIÃO PÚBLICA SOBRE O ENERGIEWENDE	50

Lista de Tabelas

TABELA 1: RESUMO DOS FATOS RELEVANTES RELATIVOS A ENERGIA NUCLEAR NA ALEMANHA....	15
TABELA 2: PRODUÇÃO PRIMÁRIA DE ENERGIA DE 1990 - 2005 (PETAJOULES)	22
TABELA 3: CONSUMO PRIMÁRIO DE ENERGIA DE 1990 - 2005 (PETAJOULES)	22
TABELA 4: PRINCIPAIS REATORES NA ALEMANHA E SUAS DATAS DE DESLIGAMENTO	26
TABELA 5: CUSTO RESIDENCIAL DA ELETRICIDADE EM DÓLARES VERSUS OUTROS PAÍSES DESENVOLVIDOS EM 2012	42

INTRODUÇÃO

A necessidade de energia tem sido uma constante na vida do homem em sua evolução desde os primórdios das civilizações, tendo início com a utilização do fogo como iluminação noturna e fonte de calor. Contudo, a questão do domínio das fontes de energia ganhou extrema importância na esfera política e econômica a partir da década de 1760, com o início da Primeira Revolução Industrial. Amaral (2010) destaca que, com o início da Revolução Industrial, se iniciou a era dos combustíveis de origem fóssil. O carvão mineral foi o primeiro desses combustíveis utilizado em grande escala, ao substituir a lenha e ser usado na combustão direta para a produção de vapor nas máquinas de Watt. A partir de então, o uso de combustíveis de origem fóssil se disseminou e se desenvolveu de forma acelerada, principalmente o petróleo na indústria automobilística, com o surgimento do Ford-T em 1908, e da indústria petroquímica em 1930, dando origem a diversos subprodutos do petróleo.

A dependência de uma matriz energética assentada em fontes não-renováveis (fontes cujo recursos são limitados), no entanto, encerra em si uma enorme fragilidade para a atividade econômica, pois seu preço e disponibilidade estão sujeitos a flutuações imprevisíveis devido a variações na sua disponibilidade, como se tornou evidente com as crises dos preços do petróleo em 1973 e 1978. Além disso, a queima de combustível fóssil libera dióxido de carbono na atmosfera terrestre, um dos gases responsável pelo “efeito estufa”, e as atividades de exploração deste tipo de combustível também podem contaminar o meio ambiente com gases tóxicos, vazamento de solventes orgânicos, emissões de calor e afetar a fauna e a flora dos ecossistemas, ocasionando alguns dos maiores desastres ambientais já causados pela ação do homem.

No mundo todo discute-se a necessidade de uma transição energética para reduzir a utilização de fontes de energia não-renováveis, como carvão, gás, lignite e petróleo, substituindo-as por aquelas chamadas renováveis, tais como eólica, solar, hídrica ou biomassa. Esforços neste sentido estão sendo desenvolvidos em vários países, porém os avanços estão especialmente adiantados na Alemanha, cuja transição energética, além de reduzir o consumo de combustíveis fósseis, tem como um dos objetivos o abandono da

energia nuclear, deixando para trás os riscos envolvidos e a questão do lixo radioativo (Graichen, 2014).

Pioneira na iniciativa, sua transição energética, *Energiewende*, têm atraído a atenção do mundo todo, tanto por ter tomado a vanguarda para uma transição energética baseada em fontes renováveis, quanto pela grandeza de seus objetivos, dos quais os mais relevantes são: eliminação gradual das plantas nucleares até 2022; transformação do sistema de energia em um mais dependente de recursos energéticos renováveis (mínimo de 60% da energia final para consumo e 80% no consumo bruto de eletricidade); alcançar maior eficiência energética e reduzir as emissões de gases do efeito estufa em 80-95% até o ano de 2050 (Kuittinen e Velte, 2018). O objetivo deste trabalho é expor as pré-condições econômicas e políticas que tornaram possível à Alemanha assumir a liderança em uma transição desta magnitude, ressaltando o crescimento de um sentimento antinuclear extremamente forte pela população e o surgimento de partidos ambientalistas que foram capazes de ganhar poder político considerável e influenciar nas decisões do país. Além disso, buscaremos analisar o seu modelo implantado, baseado na produção por pequenos consumidores e nas tarifas para o financiamento de projetos de longo prazo (tarifas *feed-in*), assim como as políticas implementadas pelo Estado alemão desde a década de 1990, que tornou possível uma aliança entre este, a sociedade e as empresas privadas para que esta transição se concretizasse, assim como apontar os progressos e dificuldades obtidos e enfrentados até a presente data. Para tal, este trabalho se divide em três capítulos, além desta introdução e posterior conclusão: no primeiro, iremos apresentar o cenário político e econômico prévio a década de 1990 e quais foram os acontecimentos que, combinados com este contexto específico, permitiu à Alemanha fincar as bases para sua transição energética. No segundo capítulo, exporemos a forma de funcionamento do modelo alemão e sua dinâmica nas últimas três décadas, apontando suas especificidades e principais alterações. E por fim, na terceira parte, trazemos a luz o debate atual sobre o sucesso de tal modelo, construindo os principais argumentos contrários e a favor.

CAPÍTULO I – Os pilares da transição

A Alemanha se apresenta hoje como uma das principais economias do mundo. Em 2017, possuía um PIB de 3,478 bilhões¹, o maior dentre os países da Europa, e a quinta maior economia do mundo, ficando atrás apenas de China, EUA, Índia e Japão. Apresenta uma economia madura, cujo principais setores são a indústria (automóveis, química, medicamentos), tecnologia, finanças, construção civil, turismo e agricultura. Além disso, se quisermos analisar seu desenvolvimento em termos sociais, temos um IDH de 0,916 em 2014², figurando entre os 10 maiores do mundo. Em termos de energia, dentro da União Europeia, a Alemanha é o maior consumidor de energia, sendo responsável por 19.5% da demanda de energia do EU28 em 2014³. Suas emissões de gases do efeito estufa correspondiam a mais de 20% do total da União Europeia⁴. Geograficamente localizada no centro da Europa, o sistema de energia alemão é interconectado com diversos países vizinhos.

Em 2017, as principais fontes não renováveis na matriz energética alemã no total da produção bruta de energia constituíam-se em lignite (22.5%), carvão duro (14.1%), gás natural (13.2%) e nuclear (11.7%)⁵. A origem de tal matriz remonta ao pós Segunda Guerra, a partir de 1949, período no qual a política energética não existia como autônoma, mas constituindo parte integrante e essencial da política econômica. Durante o governo do Chanceler Konrad Adenauer (Partido Democrata Cristão - CDU, 1949-1963), as políticas relacionadas a energia se voltaram a suprir as necessidades imediatas da Alemanha do pós-guerra, sendo a primeira delas a de reconstruir a infraestrutura energética em geral e superar a escassez de energia predominante. Neste sentido, a Alemanha Ocidental priorizou suas fontes energéticas domésticas, tais como lignite e carvão, buscando obter um fornecimento de energia mais barato e seguro quanto fosse possível (Fischer & Häckel, 1987, 17).

Apesar de possuir uma economia capitalista tão desenvolvida, desde 1990 a Alemanha conseguiu significativos resultados em seus esforços para se tornar uma economia baseada

¹ Worldbank (2018) – Disponível em <https://data.worldbank.org/country/germany>

² United Nations Development Programme (2018) – Disponível em <http://www.undp.org/>

³ Eurostat (2017), "Consumption of energy", June 2017

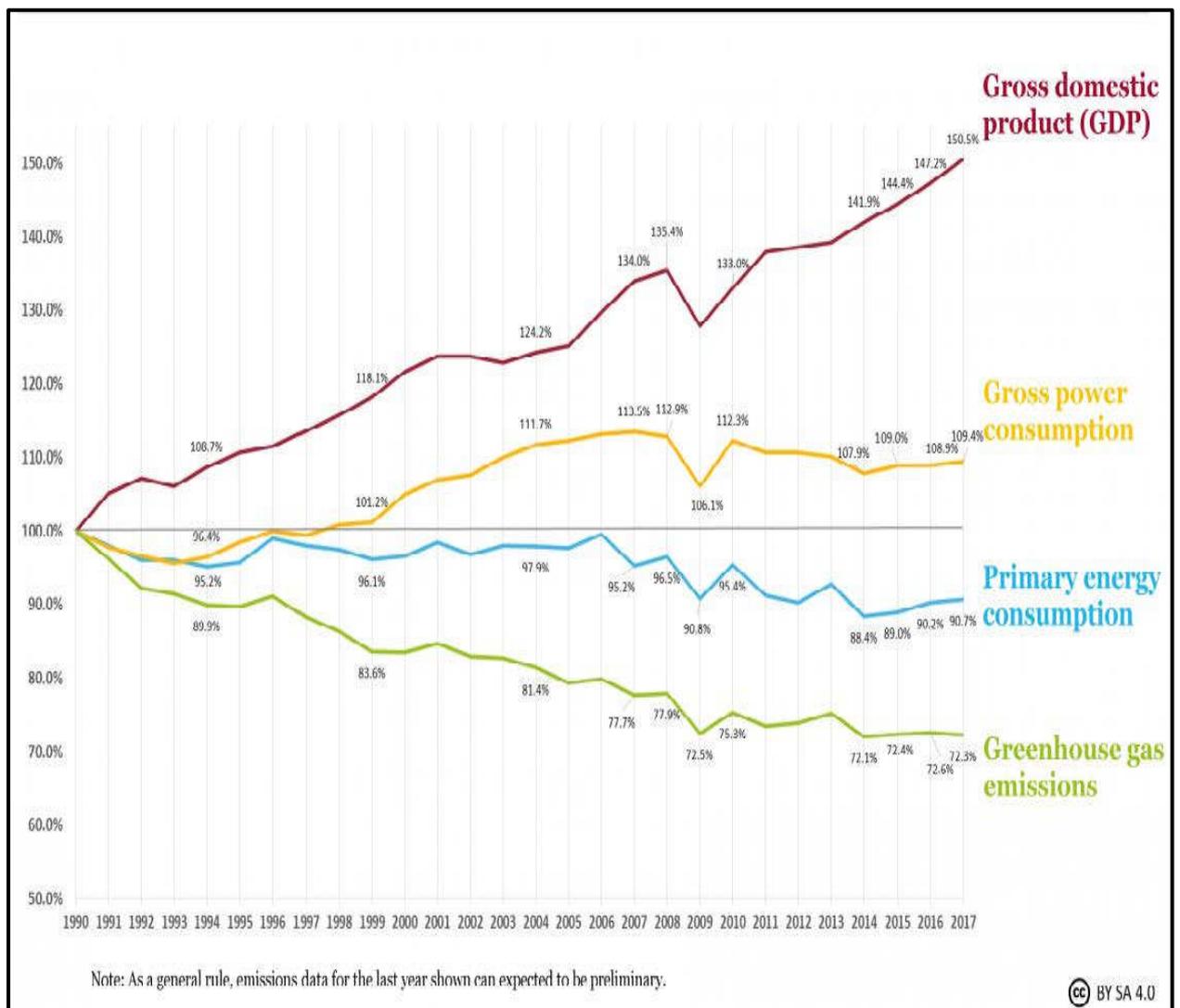
⁴ Eurostat (2017), "Greenhouse gas emissions by sector" [Dataset]

⁵ AG Energiebilanzen (2018)

em fontes renováveis de energia. Como podemos ver na figura 1, algumas de suas conquistas foram a diminuição do consumo de energia primária, ou seja, aquela cuja fontes são oriundas da natureza em sua forma direta, como o petróleo e o gás natural, e diminuir em quase 30% o nível de emissão de gases do efeito estufa, tendo como base o ano de 1990, apresentando neste período crescimento constante da sua economia e, conseqüentemente, do consumo de energia, que passou de 551 Terawatt-hora (TWh) em 1990 para 600 TWh, em 2017.

Este capítulo busca expor as pré-condições políticas, sociais e econômica presentes na década de 90 que deram sustentação para que fosse possível o início da construção de seu modelo energético.

Figura 1 Crescimento econômico, da produção e consumo de energia e emissão de GHG 1990 - 2017



Fonte: BMWi 2018, UBA 2018

I.1 – O sentimento antinuclear

“In no other country was the environmental movement influenced so strongly by the conflict over the civilian use of nuclear energy as in Germany. Other topics of the environmental movement have come and gone: water protection, speed limits, dying forests, biodiversity, climate change. But nuclear energy was an issue that repeatedly led to large, often radical protests in the past” (Roose, 2010, 7).

A matriz energética alemã foi formada tradicionalmente baseada em carvão e lignite, sendo que o país é historicamente dependente da importação de gás e petróleo, uma vez que as fontes domésticas destes produtos são extremamente limitadas (principalmente petróleo). Nos últimos trinta anos, a Alemanha importou entre 95% e 97%⁶ de todo o petróleo consumido. Sua dependência em relação às importações de gás natural aumentou, tendo estas subido de 65% na década de 1960 para quase 90% nos anos mais recentes⁷. Estas duas fontes somadas eram responsáveis por mais de um quarto do total de energia gerado no país em 1990. Suas reservas de carvão, por outro lado, são extensas, permitindo a Alemanha figurar como um dos líderes na produção de carvão mundial, além de deter a posição de maior produtor de lignite da Europa. Sua importância remonta a reconstrução do pós-guerra, quando a indústria de carvão empregava em torno de 600 000 pessoas, comparada com 19 852 trabalhadores em 2016⁸.

A solução para a independência energética apareceu com a possibilidade de geração de energia nuclear, iniciada em 1956 pela Grã-Bretanha. Não só a Alemanha viu este fato como uma chance de alcançar sua autonomia energética, como também a maioria da Europa e os Estados Unidos. Após a aprovação do Acordo de Paris em 1955, que tornou a Alemanha Ocidental um estado soberano e permitiu sua integração ao NATO e a União Europeia

⁶ 3 Jurca, A. M. (2015) The Energiewende: Germany’s Transition to an Economy Fueled by Renewables. Available: <https://gielr.files.wordpress.com/2015/03/jurca-27-1-final.pdf>

⁷ Amelang, S. (2016) Germany’s dependence on imported fossil fuels. Clean Energy Wire, February 2016

⁸ Bundesverband Braunkohle (DEBRIV) Lignite 2016. Available: <https://braunkohle.de/3-1-Lignite-2016.html> in the 1970s when the reliability of supply and energy independence became more

Ocidental, esta solução passou a figurar como uma opção concreta. Uma crise nas indústrias de carvão alemãs em 1957, causada pela queda nos preços, agiu como alavanca para o investimento em pesquisa e desenvolvimento da energia nuclear, uma vez que ficou provada a incapacidade do governo alemão em tornar o carvão competitivo. Em 1957, na cidade de Garching, próximo a Munique (Alemanha Ocidental), o primeiro reator de pesquisa nuclear alemão entrava em funcionamento, o chamado *Atomic Egg*. O próximo passo, a regulamentação dos processos de planejamento e construção para uma planta nuclear de energia, aconteceu em 1960, com a aprovação do Ato de Pacífica Utilização da Energia Atômica e de Proteção contra seus Riscos.

A dependência cada vez maior pela importação de petróleo, que em 1970 atingiu a marca de 53% no consumo de energia primária (Fischer & Häckel, 1987), também contribuiu para aumentar o esforço do governo alemão na promoção da energia nuclear através de investimentos em pesquisa e desenvolvimento para a comercialização de energia nuclear, que em 1967 atingiram a marca de DM 5.3 bilhões (Illing, 2012). Neste mesmo ano, as Usinas de Energia Nuclear (UEN) *deWürgassen* e *Stade* realizaram a primeira produção puramente comercial de energia da Alemanha. *"The belief in technical progress was still unquestioned in the late 1960s/early 1970s and nuclear energy was popular, even across party lines. Nuclear power had become a widely accepted "contemporary technology" (Illing, 2012, 11).* Iniciava-se, assim, a produção comercial de energia nuclear alemã.

A década de 1970, porém, figura como palco de intenso descontentamento e desconfiança civil contra o uso da energia nuclear na Alemanha, tendo início nesta época os primeiros movimentos antinucleares no país, com os protestos contra os planos para a construção de uma usina nuclear em Wyhl I (1973-1975), perto da fronteira com a França, onde vinte e oito mil protestantes ocuparam o local da construção da planta nuclear, cujo projeto acabou sendo arquivado em 1975. Seu sucesso incentivou movimento de desobediência civil durante todo o restante da década, como os protestos em Brokdorf e Kalkar (1976- 1977) que, embora não tenham conseguido evitar a instalação dos reatores, provaram que o movimento antinuclear ganhava força no país, como evidenciado

posteriormente pelas manifestações contra a instalação de plantas nucleares em Hanover e Bonn (1979) e Gorleben (1979)⁹.

Desde seu início, o movimento contra a presença de energia nuclear alemão reuniu organizações religiosas, agricultores e moradores apreensivos, lado a lado com ativistas estudantis, acadêmicos e pacifistas, que tinham seu medo dos desastres da energia nuclear materializados na figura da bomba atômica. Como o país desempenhou a figura de fronteira entre o Ocidente capitalista e o Oriente Comunista ao longo da Guerra Fria, o medo de um conflito nuclear pairava na mente de muitos alemães. Este medo pode ser considerado como a principal raiz deste sentimento de aversão ao uso comercial e militar da energia nuclear. Como materialização do palco da disputa armamentista de um mundo polarizado por duas potências, EUA e URSS, por mais de quatro décadas a nova geração de cidadãos alemães que nasceram após a Segunda Guerra Mundial tiveram que conviver e sofrer diariamente com o fantasma de uma devastação nuclear em seu dividido território, o que semeou, no mínimo, um forte temor com relação a qualquer coisa relacionada com a palavra nuclear. Além disso, os problemas enfrentados com os resíduos atômicos também foram fontes de forte resistência pela população alemã, como é o caso da cidade de Gorleben, que se tornou palco de protestos veementes contra a indústria nuclear desde que, em 1977, foram anunciados planos de usar uma mina de sal desativada como depósito para resíduos atômicos. Apesar de a área próxima à fronteira da extinta Alemanha Oriental ser pouco populosa, foi palco de diversos protestos e luta contra a presença de matéria radioativa próximo aos lares de seus cidadãos¹⁰.

Com o advento da produção comercial de energia nuclear nas principais potências mundiais, não demorou muito para que os acidentes ocorressem. O acidente nuclear na usina de Three Mile Island, em 28 de março de 1979, nos Estados Unidos, serviu como catalisador para os protestos contra a energia nuclear na Alemanha, levando às ruas de Hannover e Bonn mais de duzentas mil pessoas. Em 1980, a Comissão “O Futuro da Energia Nuclear”, iniciado pelo Bundestag, Parlamento Alemão, e formado por um comitê selecionado, apresentaram um relatório (Bundestag, 1980) no qual quatro possíveis cenários para o futuro do suprimento energético alemão foram estudados e considerados tecnicamente e economicamente viáveis,

⁹ Systemforschung und Technologische Entwicklung (IEK-STE) – Disponível em http://www.fz-juelich.de/iek/iek-ste/DE/Forschung/Publikationen/research_reports/fruehere/_node.html

¹⁰ DW (2017) - Quatro décadas de movimento antinuclear alemão (2) - <http://www.dw.com/pt-br/quatro-d%C3%A9cadas-de-movimento-antinuclear-alem%C3%A3o/g-39632199>

sendo que dois deles excluía o uso da energia nuclear. A maioria do comitê concluiu que o uso da energia nuclear não era necessário, conquanto a demanda energética da Alemanha Ocidental diminuísse e fontes alternativas fossem desenvolvidas. Estes resultados serviram como primeiro indicador que uma *“mudança no paradigma da política energética para longe da energia nuclear”* (Mez, 2009, 270) seria possível no futuro. Estes fatos foram cruciais para a fundação do Partido Verde (*Bündnis 90/Die Grünen*) em 1980¹¹(o qual detalharemos melhor na próxima seção) e possibilitou que o mesmo conquistasse, nas eleições nacionais de 1983, 5.6 por cento dos votos. Sua campanha se baseava em um desligamento imediato das usinas nucleares, proposta que ia diretamente contra as orientações políticas dos três maiores partidos pro-nucleares no poder (União Democrata Cristã -CDU/ União Social Cristã - CSU, o Partido Social Democrata - SPD e o Partido Liberal Democrático - FDP), que juntos somavam 95 por cento dos assentos. Porém, um fato iria mudar completamente o jogo de forças político e acabar com o isolamento do Partido Verde.

Apesar de ter contribuído para fortalecer os protestos antinucleares, o acidente de Three Mile Island não teve a força necessária para minar o apoio político aos partidos pró-nucleares que dividiam os assentos no Parlamento da Alemanha Ocidental. O acidente que incutiu maior medo nos corações dos alemães e, conseqüentemente, fortaleceu e generalizou o sentimento nacional antinuclear, ocorreu alguns anos depois. Em 1986, o derretimento nuclear de um reator a centenas de quilômetros, em Chernobyl, na Ucrânia, espalhou partículas radioativas pela Europa e fortaleceu a resistência à energia nuclear entre a opinião pública no mundo inteiro, principalmente na Alemanha. *“Chernobyl also clarified the economic risk dimensions of nuclear power stations for a national economy in a drastic way and stimulated a novel appreciation of nuclear power in politics and industry.”* (Mez, 2009). Com a chegada dos anos 90, esta rejeição a fontes nucleares não perdeu forças, mas estava mais presente que nunca. A tabela abaixo resume os principais acontecimentos relativos à energia nuclear na Alemanha até a década de 90.

Tabela 1: Resumo dos fatos relevantes relativos a energia nuclear na Alemanha

Data	Fatos relevantes	Justificativas e grupos de poder
------	------------------	----------------------------------

¹¹ DW - Germany's Green party: How it evolved – Disponível em <http://www.dw.com/en/germanys-green-party-how-it-evolved/a-40586834>

Após 1949		- Reconstrução da infraestrutura energética com foco nos recursos domésticos (lignite e carvão)
1955	Acordo de Paris	- Objetivo de tornar a energia nuclear o segundo pilar do suprimento energético alemão
1955/56	Ministério Nuclear & Comissão Atômica (1° Programa Nuclear)	
1957	Alemanha se une ao EURATOM	
1960s		- Fracasso da política alemã em tornar o carvão competitivo - Energia nuclear considerada como importante suporte para o suprimento de energia
1963	2° Programa Nuclear	
1966-1969		- Coalizão entre os partidos CDU/CSU e SPD - CDU, SPD e FDP mantêm seu otimismo em relação a energia nuclear
1967	3° Programa Nuclear	
1969-1982		- Coalizão social-liberal continua a expansão da energia nuclear
1973-1982	4° Programa Nuclear	- Crise do petróleo - Governo se compromete a resolver a o problema do lixo nuclear
1986	Acidente de Chernobyl	- Mudança de percepção da energia nuclear: antes a tecnologia do futuro, agora uma opção a ser discutida.

Fonte: IEK-STE 2009

I.2 – Cenário político e o Partido Verde

Em 1980, três partidos principais dominavam o Parlamento Alemão, todos os três a favor da expansão da energia nuclear: CDU - *Christlich-Demokratische Union* (União Democrata-Cristã)/CSU - *Christlich-Soziale Union* (União Social-Cristã), SPD - *Sozialdemokratische Partei Deutschlands* (Partido Social Democrata da Alemanha) e FDP - *Freie Demokratische Partei* (Partido Democrático Liberal). Juntos, os três partidos ocupavam

mais de 95 por cento dos assentos no Bundestag, e dominavam sem concorrência o cenário político alemão, através de coalizões, como a chamada Grande Coalizão, ocorrida entre 1966 – 1969 e que permitiu que a Alemanha iniciasse seu Terceiro Programa Nuclear, com investimentos superiores a 6.2 bilhões DM em tecnologia nuclear (Illing, 2012). Porém, conforme exposto na seção anterior, a crescente desaprovação civil pelo uso da energia nuclear e os resultados da Comissão “O Futuro da Energia Nuclear”, iniciada em 1980, criaram o ambiente político necessário para que uma oposição forte o suficiente para fazer frente a essa coalização surgisse e ganhasse força. Dado o contexto político, social e econômico do começo da década de 80, essa nova força só poderia surgir pela evolução de um movimento iniciado há muito tempo na Alemanha por pessoas frustradas com as políticas adotadas pelo *mainstream*, através da união de diversos movimentos regionais isolados: os movimentos ecológicos. Assim que, em 1980, é fundado o Partido Verde.

O Partido Verde (*Bündnis 90 / Die Grünen* ou *Grüne*), surgiu, nas palavras de um de seus fundadores, como “o partido anti-partidos”¹². Sua primeira campanha para as eleições nacionais, conforme já mencionado, lhes permitiram obter 5.6 por cento dos assentos no Parlamento Alemão, baseado em uma campanha que prometia o fechamento imediato das usinas nucleares durante seu governo. Tendo como carro chefe de suas medidas o combate ao programa nuclear alemão, o Partido Verde dependia que o sentimento antinuclear da população alemã se aprofundasse e generalizasse, de forma a conseguir o apoio político que necessitava. Isto ocorreu com o acidente da usina nuclear de Chernobyl, na Ucrânia, em 1986, que trouxe enormes repercussões no campo político:

1. Apesar das autoridades governamentais garantirem que o acidente em Chernobyl não corria risco de se repetir na Alemanha, devido a diferenças técnicas nos reatores, a coalizão no governo, liderada pela CDU, estabeleceu o Ministério Federal para Meio-Ambiente, Conservação Natural e Segurança Nuclear (*Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU)*), consolidando os, antes dispersos, órgãos federais relativos ao meio-ambiente (Illing, 2012).
2. A forma inadequada como as informações foram passadas ao público e a desorganização nas ações sobre as consequências do desastre pelas autoridades

¹² Deutsche Welle, 2017. Disponível em <http://www.dw.com/en/germanys-green-party-how-it-evolved/a-40586834>

alemães forneceram o material midiático que os críticos ao governo necessitavam. Algumas semanas após o acidente de Chernobyl, pela primeira vez houve um consenso da maioria da população alemã a favor do fim do uso da energia nuclear, mais precisamente 86 por cento dos alemães, sendo ainda que 17 por cento destes apoiavam o fim imediato do uso civil de energia nuclear (Spiegel, 1986).

3. Além de trazer um fim ao já frágil consenso pró-nuclear, o desastre nuclear também acabou com a aliança entre os três partidos no poder que haviam moldado a política energética da Alemanha pelas três décadas anteriores. A transformação da opinião pública e o ingresso de novos membros, mais preocupados com as políticas ambientais, levaram os Sociais Democratas (SPD) a adotarem uma postura antinuclear, dividindo o palco da política alemã em duas visões opostas para o futuro da energia: a coalizão CDU/CSU e FDP continuava a depositar suas esperanças de um suprimento energético seguro para a Alemanha na energia nuclear, enquanto o SPD e o Partido Verde clamavam a favor do seu fim.

Com a chegada dos anos 90, a preocupação com os efeitos do aquecimento global passou a também influenciar nas ações políticas. A Comissão “Medidas Preventivas para Proteger a Atmosfera Terrestre” apresentou, em 1990, um relatório com os objetivos a serem buscados para uma redução das fontes de energia emissoras de CO₂ (Bundestag, 1990), como a redução, até 2050, de 50 por cento das emissões na Alemanha e 80 por cento na União Europeia e países industrializados do Ocidente, que foram adotados pelo governo alemão como partes integrantes de sua política de energia e meio ambiente. Em março de 1987, o Chanceler Helmut Kohl declarou que as mudanças climáticas eram um dos maiores desafios ambientais¹³, e a Alemanha se comprometeu a reduzir, entre 1990 e 2008, 21 por cento de suas emissões de gás do efeito estufa. Assim, cada vez mais a política foi sendo influenciada pelas questões levantadas devidos aos problemas oriundos das mudanças climáticas. A consequência clara foi trazer de volta ao debate o problema das fontes de energia utilizadas, uma vez que o uso do carvão e da lignite gera enorme emissão de gás carbônico. O uso de fontes renováveis se tornou uma alternativa promissora para uma política energética de longo prazo, tanto para solucionar os problemas ambientais, quanto para garantir a segurança do suprimento energético que a Alemanha tanto ansiava. Em 1991, foram estabelecidas as tarifas *feed-in* para energia renovável¹⁴, que obrigava os consumidores de energia a comprar energia

¹³ Morris, C. and Pehnt, M. (2016) The German Energiewende Book. The Global Energiewende. Available: <https://book.energytransition.org/timeline-energiewende>

¹⁴ Hockenos, P. (2015) Milestones of the German Energiewende. Clean Energy Wire, June 2015. Available: <https://www.cleanenergywire.org/factsheets/milestones-german-energiewende>

renovável de um terço dos produtores a um preço fixo, com o objetivo de tornar os investimentos nestas áreas mais atrativos.

Dado o contexto internacional, com a ratificação da *United Nations Framework Convention on Climate Change*, órgão ligado as Nações Unidas, e o contexto nacional, de apoio popular às medidas de proteção ambiental, um consenso surgiu na década de 90 entre os partidos políticos sobre a importância e necessidade de medidas de proteção ambiental. Porém, a coalizão no poder, CDU/CSU e FDP ainda apoiava o uso da energia nuclear, vista como fonte renovável de energia, opondo-se ao Partido Verde e ao SPD. Até nas eleições nacionais de 1998, basicamente o que diferenciava as políticas de energia dos partidos alemães era suas visões em relação ao uso da energia nuclear. Durante estas eleições, uma coalizão formada pelo Partido Verde e Sociais Democratas conseguiu, depois de 16 anos de governo¹⁵, colocar os partidos conservadores fora do poder. Buscaremos detalhar melhor o significado desta vitória e suas consequências no capítulo a seguir, porém já podemos adiantar que esta nova aliança fez da “modernização ecológica” sua política principal e, a partir dos anos 2000, iniciou suas principais mudanças.

¹⁵ Appunn, K. The history behind Germany’s nuclear phase-out. Clean Energy Wire, July 2015

CAPÍTULO II – A transição

A palavra *Energiewende*, traduzida do alemão como revolução ou transição energética, foi criada com o objetivo de mostrar aos defensores da energia nuclear que era possível a criação de um suprimento energético alternativo. O termo foi cunhado em 1980 por um estudo do Instituto Alemão para Ecologia Aplicada (Germany's Institute for Applied Ecology), sendo um dos primeiros estudos a argumentar que o crescimento econômico com baixo consumo energético era possível. Publicações anteriores, como *Limits to Growth* (1972), consistiam em avisos contra o uso da matriz energética nuclear e fóssil, porém sem se arriscar a propor soluções mais específicas. O livro *Energiewende* encontrou seu pioneirismo ao propor uma solução holística baseada em energia renovável e eficiência energética. De maneira geral, o *Energiewende* é uma iniciativa do Estado Federal Alemão e de outras 16 regiões alemãs, coordenado pelo Ministro de Assuntos Econômicos e Energia. A iniciativa, no entanto, envolve todos os níveis do governo, incluindo diversos ministérios e outros gabinetes da administração pública, assim como a iniciativa privada e a sociedade em geral.

Como mostrado no capítulo anterior, o forte movimento ativista antinuclear na Alemanha foi decisivo na forma como os acontecimentos internacionais das décadas de 70 e 80, em especial as duas crises do petróleo e o acidente de Chernobyl, moldaram a política nacional e a sociedade alemã. A partir dos anos 2000, podemos dividir em duas vertentes paralelas os acontecimentos políticos, econômicos e sociais na Alemanha que levaram ao cenário atual de sua matriz energética: uma englobando a continuação do tratamento dispensado a energia nuclear e a outra tratando da implementação e evolução do *Renewable Energy Act*, núcleo das políticas de incentivo a fontes renováveis do *Energiewende*. Neste capítulo, iremos buscar expor os principais pontos destas duas vertentes até os dias atuais, após uma breve introdução ao surgimento das tarifas *feed-in*.

II.1 – As tarifas *feed-in*

Durante a década de 1980, a Alemanha se apresentava como palco de diversos movimentos ambientalistas. Wolf von Fabock, oficial militar alemão, tornou-se ativista

ambiental após testemunhar os efeitos nocivos trazidos pelas chuvas ácidas, causadas pela emissão de CO₂ através da queima de carvão. Após se dar conta da impossibilidade do uso da energia nuclear como alternativa, devido à dificuldade de proteger as usinas nucleares contra ataques militares, Fabeck se tornou um propagador do uso da energia solar, fundando, no final de 1980, a Solar Energy Association (SEV). Sua associação conseguiu convencer a utilidade pública de sua cidade natal, Aachen, a pagar dois marcos alemães por quilowatt-hora de energia fotovoltaica, após demonstrar que os utilitários já pagavam este valor, ou até mais, para cobrir picos de demanda de energia, que a energia fotovoltaica supriria. A idéia de que o valor adicional pago pela energia tradicional quando houvessem picos de demanda não planejados pudesse ser suficiente para cobrir o custo do investimento em uma outra fonte de energia mais segura se tornou conhecida como o Modelo Aachen. Vale ressaltar, no entanto, que a ideia de tal modelo não se originou na Alemanha. Aachen estava se baseando em uma política semelhante já adotadas em algumas cidades da Suíça e na Califórnia no início dos anos 80, com o seus *Standard Offer Contracts*.

Apesar de Aachen ter chamado maior atenção pelo seu modelo, outras cidade alemãs, como as cidades de Freising e Hammelburg, já haviam implantado uma política de compensação total de custos parecida um pouco antes. O ponto a ser destacado é que a adoção de tal modelo de política em mais de uma cidade na Alemanha destruiu qualquer tese que tentasse provar seu sucesso limitando sua explicação às condições específicas apresentadas por determinada cidade ou região. Tal constatação era de extrema importância, pois permitia que o modelo fosse adaptado de forma que pudesse ser reproduzido em escala nacional, resolvendo o impasse da impossibilidade econômica do investimento em fontes alternativas de energia, que atormentava os sonhos dos ambientalistas.

Em 1991, em uma aliança incomum entre o Partido Verde e os Democratas Cristãos, a primeira tarifa *feed-in* foi implantada. A lei, aprovada sob o nome de “Lei sobre a Venda de Eletricidade de Fontes de Energia Renováveis para a Rede”, que consistia em apenas duas páginas, quase não se concretiza, sendo a última coisa votada pela sessão parlamentar em 1990. Além disso, o projeto só conseguiu sua aprovação porque a CDU imaginava que um punhado de moinhos-de-vento não traria maiores mudanças à matriz energética existente. Contrariando esta crença, a aprovação da lei foi acompanhada de um aumento vertiginoso da produção de energia renovável, particularmente a energia eólica. As tabelas e gráficos a seguir

mostram o rápido aumento da produção/consumo de fontes renováveis a partir da aprovação da lei das tarifas *feed-in*.

Tabela 2: Produção Primária de Energia de 1990 - 2005 (petajoules)

	1990	2000	2005
Carvão	2.089	1.012	756
Lignite	3.142	1.528	1.611
Petróleo	156	131	153
Gases	575	649	598
Gás Natural	563	638	588
Energia Renovável	200	417	769
Outras fontes	62	56	211
Total	6.787	4.431	4.686

Fonte: AGEB

Tabela 3: Consumo Primário de Energia de 1990 - 2005 (petajoules)

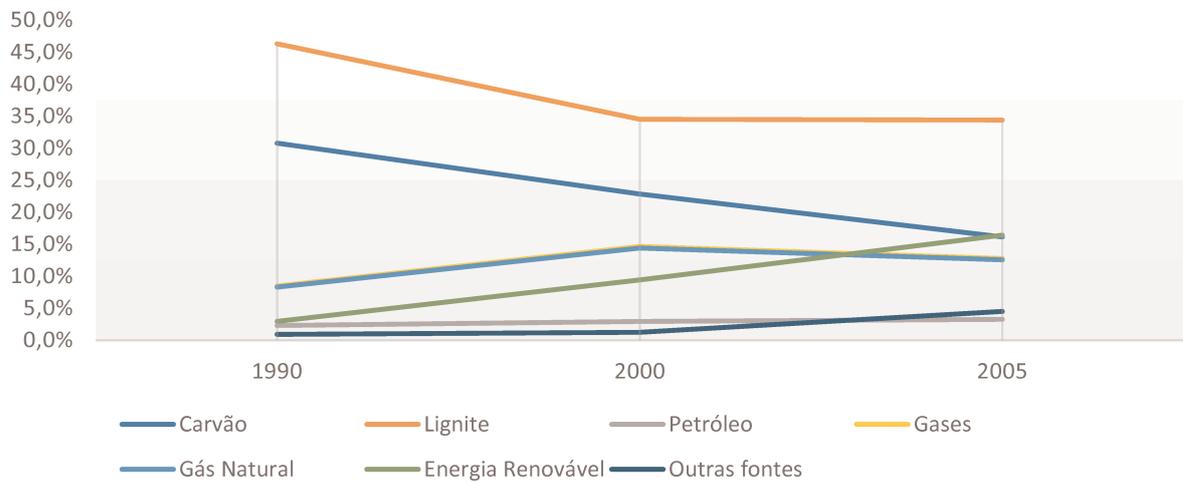
	1990	2000	2005
Carvão	2.306	2.021	1.808
Lignite	3.201	1.550	1.596
Petróleo	5.228	5.499	5.166
Gases	2.304	2.996	3.261
Energia nuclear	1.668	1.851	1.779
Energia renovável	196	417	769
Outras fontes	0	56	211
Eletricidade importada	3	11	-31
Total	14.906	14.401	14.559

Fonte: AGEB

Como fica claro, de 1990 até 2005, a produção de energia renovável saltou de 200 PJ para 769, passando de 2,9% para 16,4% do total de energia primária produzida em 2005 e de 1,3% para 5,3% do total de energia primária consumida, como procuramos mostrar no gráfico 1. Nenhuma outra fonte apresentou aumento tão grande e constante no período analisado, enquanto que o uso do carvão tem uma queda de 14,6% no total da produção e de 3,1% no total do consumo. Neste período também observamos uma queda no total de energia

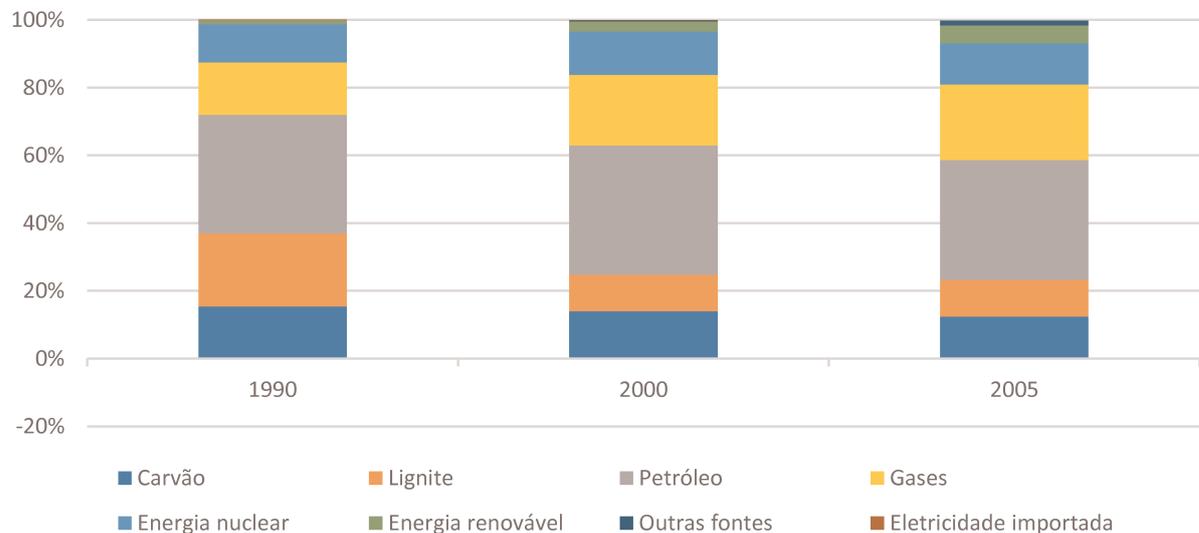
produzida na Alemanha. Esta queda se da devido a um ganho global de eficiência energética na casa de 0,8% ao ano em todos os países desenvolvidos da OCDE (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico) entre 1990 e 2005 (IEA, 2007). A maneira pela qual se conseguiu esse resultado foi a de estabelecer, por lei, o consumo máximo dos equipamentos que utilizam eletricidade para seu funcionamento – geladeiras, aparelhos de ar condicionado, motores de uso industrial e comercial e tantos outros. Após a aprovação de tal medida, os grandes fabricantes se viram obrigados a produzir equipamentos mais eficientes (Bois, 2006)

Figura 2: : Evolução da Produção Primária de Energia de 1990 - 2005



Fonte: AGEB

Figura 3: Evolução do Consumo Primário de Energia por Fontes de 1990 - 2005



Fonte: AGEB

Frente a tal cenário, o setor de energia convencional resolveu colocar em questão a legalidade política da tarifa *feed-in*. Em 2001, o Comissário de Concorrência da União Europeia Karen van Miert afirmou publicamente que considerava as tarifas *feed-in* com sendo um subsídio ilegal. Nesta época, a geradora de energia alemã Preussenelektra resolveu desafiar a lei das tarifas na corte. O caso acabou sendo levado até a Corte de Justiça Europeia, que decidiu em 2001 que as tarifas *feed-in* não constituíam uma forma de “auxílio estatal” e, portanto, não poderiam ser consideradas ilegais. Esta decisão da Corte acabou sendo de extrema importância, pois acabou sendo aplicada e garantindo a legalidade de outras medidas políticas de incentivo à produção de energia renovável que foram implantadas mais tarde.

Conforme a Corte explicou em 2011, os estados-membros da União Europeia podem exigir que empresas de energia privadas comprem energia renovável a preços mínimos superiores ao valor económico real desse tipo de eletricidade e, também, distribuir o encargo financeiro resultante dessa obrigação para os consumidores, uma vez que a disseminação do uso de formas renováveis de energia é essencial para proteger o meio ambiente e reduzir emissões de gases de efeito estufa, que estão entre as principais causas das alterações climáticas que a Comunidade Europeia e seus Estados Membros se comprometeram a combater. Em termos gerais, a Corte basicamente estabeleceu que as tarifas *feed-in* são abertas para todos, incluindo grandes corporações de energia, de forma que elas não favoreceriam nenhum participante no mercado, evitando distorções na livre-concorrência. Elas sim, favoreciam um tipo particular de energia em detrimento aos demais, porém com o objetivo de alcançar metas para o bem comum, apoiadas em toda a Europa. Além disto, as tarifas *feed-in* não constituem uma forma de subsídio porque nenhuma firma em particular recebe pagamentos do governo, e os custos adicionais destas tarifas são repassados na forma de taxas locais, no lugar de taxas nacionais, ou seja, ela não compõe o orçamento do governo.

II.2 – O fim da energia nuclear

Para que houvessem progressos significativos na matriz energética da Alemanha em direção a fontes renováveis, mudanças no âmbito político se faziam necessárias, pois a

coalizão no poder durante a década de 90, CDU/CSU e FDP, sustentava e incentivava o uso de fontes tradicionais (carvão, lignite e gas natural), incluindo a nuclear. Conforme procuramos mostrar no primeiro capítulo, esta mudança veio em 1998, quando o Partido Verde e o SPD alcançaram a maioria no governo e subiram ao poder com o novo Chanceler Gerhard Schröder (1998-2005), dando fim a 16 anos de governo da coalizão mencionada. Desde a sua fundação, há quase 20 anos, o Partido Verde sempre havia lutado pela expansão das fontes renováveis e o fim imediato do uso da energia nuclear, além de ter como um de seus pilares fundamentais a sustentabilidade ecológica. Assim que subiram ao poder, passaram a lutar pelo fim imediato de todas as Usinas de Energia Nuclear, que só seria possível através de um acordo com as companhias privadas. O SPD, por outro lado, apesar de possuir princípios anti-nucleares (o que tornou possível a união dos dois partidos), não apoiava o desligamento imediato das plantas pois temia o aumento do preço da eletricidade e o desemprego proveniente do trabalho na indústria nuclear. Após diversas negociações, os dois partidos firmaram um compromisso que podemos resumir abaixo:

"The withdrawal from the use of nuclear energy will be extensively and irreversibly regulated by law within this legislative period [...], the new government will invite the utility 20 companies to talk about a new energy policy, steps to end the use of nuclear energy and further nuclear waste management, and, if possible, to decide on these issues in a consensus. [...] the coalition will introduce an act in which the phasing out of nuclear energy is regulated, without any compensation payments; therefore, the operating licenses will be limited in time" (SPD/Grüne, 1998, 14f.).

Desta forma, apesar de alcançar êxito em sua luta pelo fim das usinas nucleares, esse se daria de forma gradual e cautelosa, dando tempo para que os reflexos de seu desligamento, temidos pelo SPD, pudessem ser tratados e amenizados. Outra grande conquista neste âmbito está no fato de que o desligamento das usinas se daria sem que fosse necessária uma compensação financeira por parte do governo. Além disso, o acordo firmado pela coalizão também estabelecia projetos na legislação de energia de forma geral e renovável:

"The new government will ensure a future-proof, environmentally friendly and cost-effective energy supply. Renewable energies and energy efficiency have priority [...]. The government believes that the entry into new energy structures will be characterized by growing economic dynamics, which will be further supported by redesigning the

energy laws. This includes, in particular, non-discriminatory grid access and the creation and safeguarding of fair market opportunities for renewable domestic energies through a clear legal regime and a fair distribution of the costs of these sustainable energies"(SPD/Grüne, 1998, 14).

A manutenção das medidas de proteção climáticas alcançadas durante o último governo foi assim confirmada, ao mesmo tempo que se firmava um compromisso com as transformações energéticas tão buscadas pelos Verdes. Fica claro o profundo significado da vitória da coalizão do SPD e do Partido Verde, podendo ser considerada, sem dúvida, um dos mais importantes marcos na virada energética alemã.

Dois anos depois, em 14 de junho de 2000, após diversas rodadas de negociações entre o Governo Federal e as principais companhias de energia (Bundesregierung, 2000), definiu-se um critério para se fixar uma data para a desativação das plantas nucleares. O critério escolhido foi firmar uma quantidade de energia que deveria ser produzida por cada planta antes de sua desativação. Como a produção de energia nuclear pode variar no tempo e difere de acordo com a usina, não se estabeleceu uma data fixa para a desativação completa, porém acordou-se em um limite de 32 anos. A tabela 4 nos mostra os principais reatores nucleares, sua capacidade instalada e suas respectivas datas de desligamento:

Tabela 4: Principais Reatores na Alemanha e suas Datas de Desligamento

Reatores	Capacidade em MW	Data de Encerramento	Operador
Unterweser	1345	06/ago/11	E.ON
Isar/Ohu	878	06/ago/11	
Granfenrheinfeld	1275	28/jun/11	
Isar Ohu	1410	31/dez/22	
Brokdorf	1410	31/dez/21	
Grohnde	1360	31/dez/21	
Phillipsburg 1	890	06/ago/11	EnBW
Neckarwestheim 1	785	06/ago/11	
Phillipsburg 2	1402	31/dez/19	
Neckarwestheim 2	1310	31/dez/22	
Biblis B	1240	06/ago/11	RWE
Biblis A	1167	06/ago/11	
Emsland	1329	31/dez/22	

Gundremmingen C	1288	31/dez/21	
Gundremmingen B	1284	31/dez/17	
Krummel	1346	06/ago/11	Vattenfall
Brunsbüttel	771	06/ago/11	
Fonte: Kenergie.de; E.ON.		Elaboração própria	

Também ficou estabelecido que seria produzido na Alemanha a partir dos anos 2000 um total de 2.6 milhões GWh por estas usinas, além de ser feita uma transferência, conduzida pelo governo, da quantidade de energia restante de velhas plantas nucleares (menos lucrativas) para as mais novas. Esta lei entrou em vigor em abril de 2002, pelo Ato para o Término Ordenado do Uso de Energia Nuclear para a Geração Comercial de Eletricidade¹⁶. O ato forneceu uma base legal para o acordo feito em 2000 entre o governo e as companhias de energia, além de proibir a construção de novas plantas nucleares na Alemanha, exigir inspeções de segurança mais frequentes naquelas existentes, coibir o depósito de lixo nuclear em depósitos permanentes, entre outras medidas.

Como era de se esperar, a coalização de oposição, CDU/CSU e FDP, criticaram fortemente as políticas implantadas, principalmente aquelas tangentes ao abandono da energia nuclear. Os diversos partidos existentes no Bundestag ainda apresentavam opiniões diversas sobre como deveria ser feito o abandono das fontes de energia tradicionais, principalmente no tocante a energia nuclear, como o estudo conduzido pela comissão do Bundestag, “Fornecimento Sustentável de Energia sob as Condições de Globalização e Liberalização” mostra, no final de 2002¹⁷.

As eleições de 2005 assistiram a volta da coalização CDU/CSU e FDP ao poder, com a Chanceler Angela Merkel (CDU). Contrariando as expectativas, o novo governo, apesar de manter viva a discussão sobre o fim das usinas nucleares, se comprometeu com a criação de novos instrumentos de incentivo ao uso de fontes renováveis e de melhorias dos já existentes, principalmente aqueles oriundos do Ato de Energia Renovável, o qual discutiremos de forma isolada mais a frente. A participação de fontes renováveis no total produzido de eletricidade na Alemanha foi fixado em 12.5 por cento até 2010 e no mínimo 20 por cento até 2020, além

¹⁶ [Bundestag, 2002].

¹⁷ Deutscher Bundestag, 2002.

de incentivar a expansão das usinas eólicas *onshore* e acelerar o desenvolvimento da matriz energética como um todo.

No cenário internacional, a Alemanha começou a ganhar destaque pela sua ferrenha defesa das políticas climáticas. Exercendo pressões cada vez maiores, conseguiu, durante a reunião dos presidentes dos países da União Europeia em 2007, que os governos membros da União Europeia se comprometessem a diminuir a emissão de gases do efeito estufa em 20 por cento, tendo 1990 como base, alcançar ganhos de eficiência energética em 20 por cento e aumentar a participação de fontes renováveis na eletricidade produzida também em 20 por cento até 2020¹⁸. Nacionalmente, a Alemanha estabeleceu metas ainda maiores, comprometendo-se a reduzir em 40 por cento as emissões de CO₂ e aumentar a participação das fontes renováveis em 30 por cento. Após o primeiro governo Merkel, estabeleceu-se um consenso no âmbito político a favor da mudança da matriz energética alemã em direção a fontes renováveis, o que, como vimos, não existia durante o governo do SPD e Verde. Em relação a energia nuclear, porém, este consenso ainda não havia se concretizado.

Nas eleições de 2009, a Chanceler Merkel obteve nova vitória, assegurando o poder aos Democratas Cristãos e Liberais. O novo governo manteve a mesma direção que o último, ampliando ainda mais as metas relativas a energia renovável através do "Energiekonzept" (Bundesregierung, 2010), que continha números como a redução de 80 por cento dos gases do efeito estufa até 2050, comparado com 1990, e aumento da produção de eletricidade por fontes renováveis até 70 por cento, em 2040. Também se comprometia com ganhos de eficiência energética das construções civis e transporte privado motorizado, com o desenvolvimento do setor de fontes renováveis recebendo grande suporte para a energia eólica (*onshore* e *offshore*); melhor utilização destas fontes para aquecimento e arrefecimento; melhor integração das energias renováveis no fornecimento de energia; expansão quantitativa das redes de eletricidade e o desenvolvimento e promoção de novas tecnologias de armazenamento de energia¹⁹.

Como dissemos anteriormente, porém, a questão da desativação das plantas nucleares ainda estava isenta de um consenso político. Alterando o ato aprovado em 2000 pelo governo do SPD e Verde, Merkel estendeu o fim das usinas nucleares ativas em mais 12 anos, pois a

¹⁸ Rat der EU, 2007.

¹⁹ Bundesregierung, 2010.

coalizão entendia que as fontes nucleares deveriam atuar como uma “ponte” barata e segura para o estabelecimento completo de uma matriz composta por fontes renováveis na Alemanha, assegurando um suprimento seguro e economicamente eficiente no sistema de energia (Hübner, 2012) até que o setor de renováveis estivesse maduro para competir com os demais. Esta decisão fez reacender o sentimento antinuclear dos cidadãos alemães, provocando diversos protestos e fazendo com que o SPD e o Verde se unissem com organizações ambientais em imensas demonstrações públicas contra a nova política nuclear. Em face disso, o governo enfatizou que o abandono da energia nuclear não havia sido deixado de lado, apenas adiado, e que novos investimentos, desenvolvimento de tecnologia e até construção de novas plantas não eram planejados.

Em 11 de março de 2011, um fato veio a afetar a forma com que o mundo todo encarava a produção de energia nuclear. Após a passagem de um terremoto de magnitude 8,9 ao largo da costa noroeste do Japão e tsunami subsequente, a central nuclear de Fukushima Daiichi na costa nordeste do Japão foi seriamente danificada. A central contava com 6 reatores de fissão nuclear, que começaram a derreter logo após o terremoto. Danos na rede elétrica e a quebra dos motores a diesel, usados em caso de emergência, pelo tsunami, impediram que os reatores fossem resfriados nas horas subsequentes, ocasionando três explosões na central.

O acidente liberou uma nuvem radioativa, que fez com que os níveis de radiação no entorno da usina superassem em oito vezes o limite de segurança, forçando a evacuação da população em um raio de 20 km ao redor do local. O acidente foi considerado um dos maiores da história, sendo comparado ao de Chernobyl e Three Mile Island e teve repercussões por todo o mundo, trazendo de volta à discussão o risco dos desastres nucleares, há algum tempo esquecida. A União Europeia imediatamente salientou a importância de se conduzirem testes de segurança nas centrais nucleares dos Estados Membros²⁰, ao mesmo tempo que, nos Estados Unidos, Índia, Rússia, Coreia do Sul e vários outros países, a necessidade de se levarem a cabo tais testes no seguimento da experiência de Fukushima ascendeu ao topo das agendas políticas.

20

Comunicação da Comissão ao Conselho e ao Parlamento Europeu, Bruxelas, 2012, p. 2

Na Alemanha, onde nos interessa a análise, o acidente mudou completamente a percepção em todas as esferas políticas e sociais em relação a energia nuclear, e teve impactos profundos na política energética do governo Merkel. Esta, temendo o aumento de forças pelo partido Verde, anunciou, em 15 de março de 2011, uma “moratória nuclear”, na qual ficava determinada o desligamento temporário (que acabou sendo permanente) dos sete reatores mais antigos em operação e suspensão, por três meses, da medida implantada anteriormente que entendia o período de vida das plantas. Porém, dado o novo cenário político e social, medidas provisórias já não eram suficientes. Ainda em março, o governo iniciou um trabalho com a Comissão Ética para um Suprimento Seguro de Energia (*“Ethics Commission for a Safe Energy Supply”*), cuja responsabilidade se tornou desenvolver um consenso político em relação ao suprimento de energia na Alemanha após Fukushima (*Ethics Commission for a Safe Energy Supply, 2011*). Como esperado, o resultado que a Comissão apresentou serviu como base para legitimar uma efetiva política visando o abandono definitivo das fontes nucleares. Em 6 de junho de 2011, o Bundestag aprovou a Décima Terceira Emenda ao Ato Atômico Alemão (*“German Atomic Act”*)²¹ que, além de tornar o desligamento dos sete reatores mais antigos da Alemanha permanentes, definia um abandono completo de toda a energia nuclear até 2022. Fukushima, assim, permitiu com que se formasse um consenso entre todos os partidos políticos alemão em relação a energia nuclear²². Nas palavras de Kunz, o fim da energia nuclear havia se tornado *“an essential ingredient of Germany’s Energiewende”* (Kunz & Weigt, 2014, 13).

O impacto político que o acidente nuclear de Fukushima teve sobre os demais países da União Europeia não foi tão profundo e significativo quanto sobre a Alemanha. Como nos mostra Schmidt, Horta e Pereira:

“Em contraste, na França, o segundo maior país produtor de energia nuclear (sendo os EUA o primeiro), o governo reafirmou o seu apoio à energia nuclear, ao declarar o seu compromisso em conduzir os testes de stresse da Comissão Europeia e em apoiar as fontes de energia renovável. Na Espanha, depois de um período de incerteza, o governo aprovou a extensão de licenças a diversas centrais nucleares, incluindo as mais antigas, enquanto no Reino Unido, na Finlândia, na Suécia e na Hungria, os planos de manutenção ou mesmo

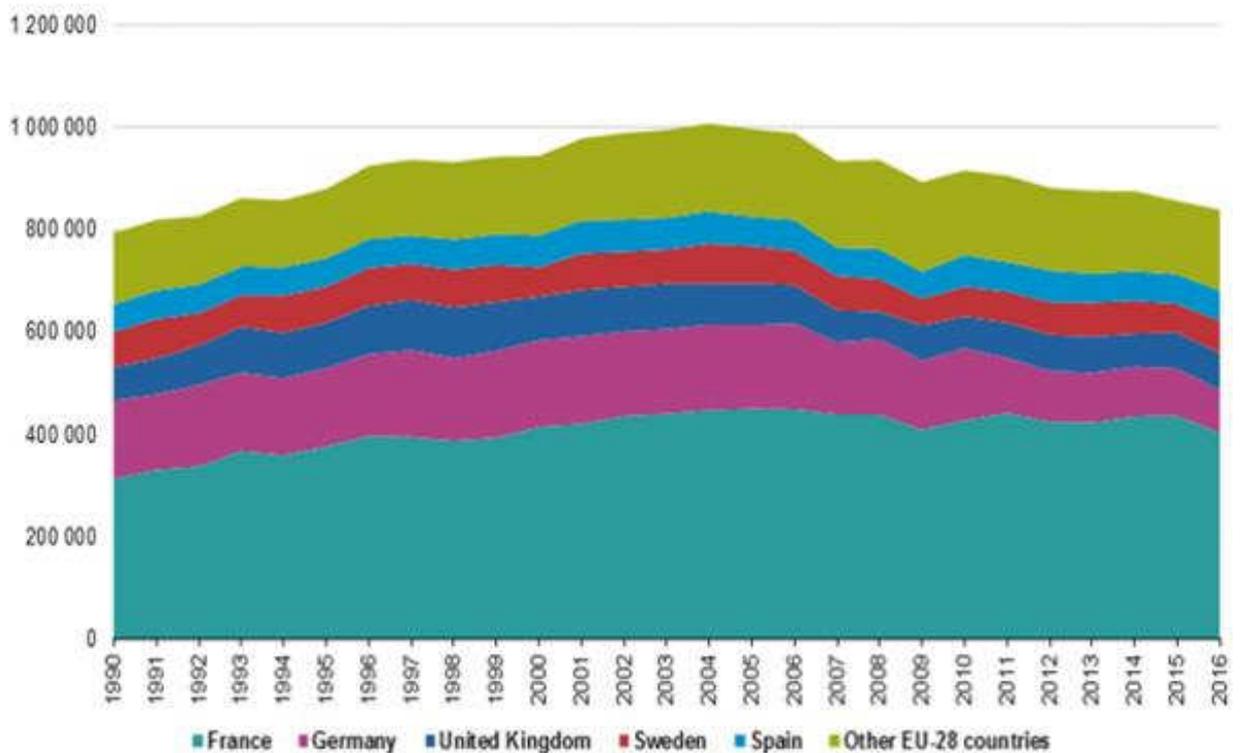
²¹ Bundestag, 2011

²² Huenteler et al., 2012

expansão da produção de energia nuclear permaneceram inabalados pelos eventos no Japão” (Schmidt, Horta e Pereira, 2014).

A figura abaixo, extraída do site “Eurostat”, nos mostra a evolução da energia elétrica gerada por plantas nucleares nos países da União Europeia desde 1990 até 2016, e reflete bem as diferentes formas que tomaram as consequências de Fukushima sobre os países. Podemos notar duas tendências opostas: enquanto alguns países buscaram diminuir sua produção de energia nuclear no período analisado, como Alemanha (-44.5 %) e Suíça (-7.6 %), outros como República Tcheca(+91.5 %), França (+28.4 %), Eslovênia (+23.6 %), Eslováquia (+22.7 %) seguiram direções contrárias.

Figura 4: Geração Bruta de Eletricidade por Plantas Nucleares na União Europeia (Gwh)



ec.europa.eu/eurostat

Quais os motivos que levaram a reações tão diferentes na Alemanha se comparadas com o restante do mundo? Podemos elencar dois motivos principais, sendo o primeiro o próprio histórico do tratamento da população alemã em relação a este assunto, conforme buscamos mostrar no primeiro capítulo. Desde 1980, os alemães já acompanhavam o crescimento do uso da energia nuclear com desconfiança e um certo ceticismo. Após o acidente

de Fukushima, o apoio ao uso desta fonte de energia na Alemanha caiu até chegar ao patamar de 20 por cento da população, um dos menores índices do mundo (Ipsos, 2011, Schumann et al., 2012). O outro fator determinante para a forte reação na Alemanha foi sua mídia nacional, ainda mais se a compararmos com a França e o Reino Unido (Hake et al., 2012). A cobertura dada pela imprensa alemã do desastre foi imensa, a ponto de até os principais jornais pró governo começarem a criticar a política energética da coalizão CDU/CSU e FDP. Somente tendo uma forte mídia a seu favor é que foi possível estabelecer o já citado consenso político quanto a energia nuclear na Alemanha (KUITTINEN E VELTE, 2018).

Hoje, a Alemanha prossegue em sua jornada rumo ao abandono da energia nuclear. Esta estrada, porém, não é simples. Os custos para que isto ocorra de forma definitiva são estimados em aproximadamente 50 bilhões de euros²³, sem considerarmos os pagamentos caso as produtoras de energia, que hoje processam o governo alemão por ter decidido o desligamento das plantas sem seu consentimento, venham a ter sucesso (E.ON, GWE e EnBW), estimado em mais 24 bilhões. Além disso, a súbita desativação das plantas nucleares obrigou o país a aumentar suas usinas termoelétrica e aumentar suas importações de energia devido a lacuna na produção deixada pelo uso da energia nuclear. Ainda assim, a Alemanha continua firme em sua marcha ao completo abandono desta fonte, sendo apenas 11.6 por cento do total de energia produzida no país²⁴ em 2017 proveniente de fontes nucleares.

II.3 – O Ato de Energia Renovável

Como mostramos na primeira parte deste capítulo, a aprovação da lei sobre a Venda de Eletricidade de Fontes de Energia Renováveis para a Rede, em 1991, representou um marco, pois foi a primeira vez em que se instituíram regulações relativas às condições de incentivo à inserção de energia renovável na matriz alemã e regras para pagamentos de tarifas de eletricidade. Apesar de ter acabado com o monopólio das grandes companhias de energia, que até então não possuíam nenhuma obrigação legal em relação a conexão à rede

²³ S. Stahl and E. Strub, "Decommissioning of Nuclear Facilities," Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit, GRS-S-52, May 2012.

²⁴ BMWi 2017 <https://energytransition.org/2018/01/german-energy-consumption-2017>

e suprimentos da energia gerada por terceiros, a liberalização do mercado de energia alemão levou a uma profunda queda nos preços da energia elétrica. Uma vez que a remuneração das tarifas *feed-in* eram calculadas como uma proporção do o preço médio da eletricidade, diversas fontes renováveis, que já apresentavam problemas de rentabilidade, se tornaram ainda menos rentáveis do que antes, impactando de forma negativas a totalidade dos investimentos e crescimento do setor renovável. A coalizão no poder nos anos 2000, formada pelo Partido Verde e o SPD, buscaram uma forma de resolver este impasse, através da desvinculação dos pagamentos das tarifas *feed-in* do preço da eletricidade (Dagger, 2009). O resultado veio na forma do Ato de Energia Renováveis (*Renewable Energy Act, EEG*), aprovado em março de 2000 e substituindo a lei de 1991 (Bundestag, 2000).

O primeiro ponto da lei deixava claro seus objetivos:

“The purpose of this Act is to enable the energy supply to develop in a sustainable manner in particular in the interest of mitigating climate change and protecting the environment, to reduce the costs of the energy supply to the economy not least by including long-term external effects, to conserve fossil energy resources and to promote the further development of technologies to generate electricity from renewable energy sources. (EEG, 2017).”

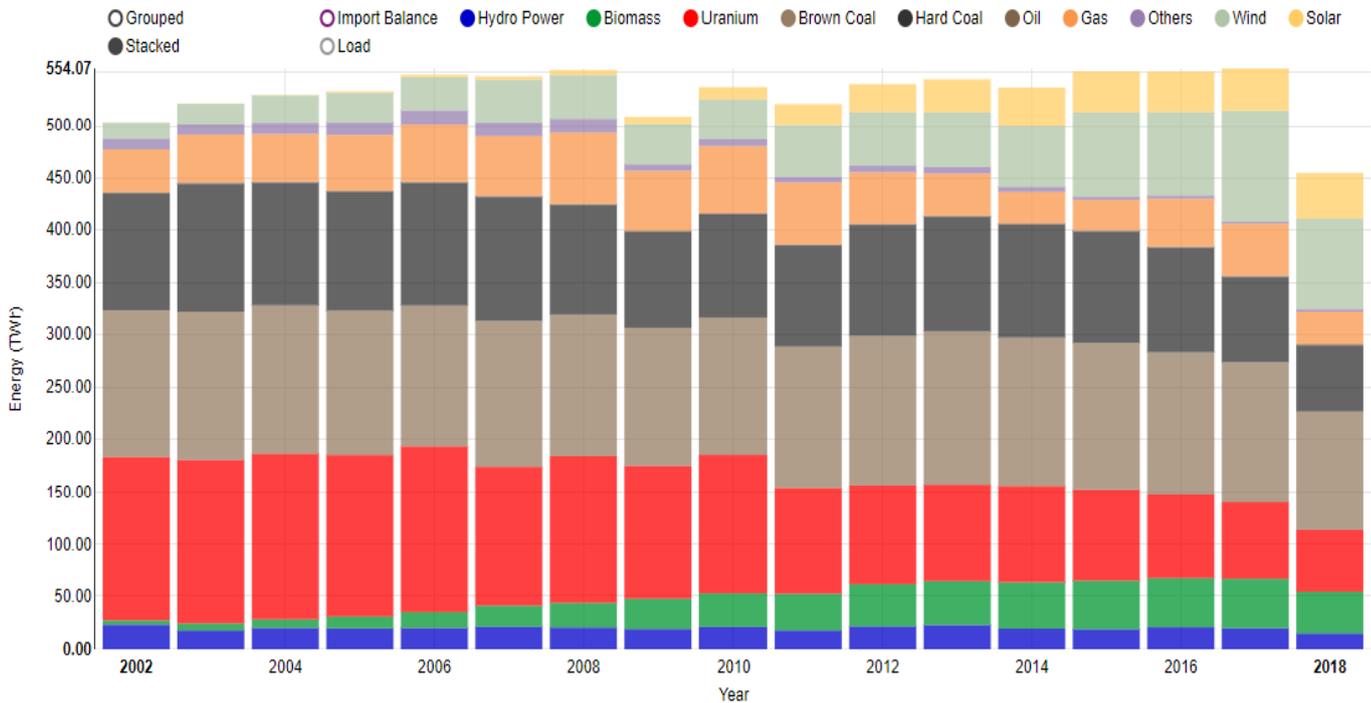
As metas originais do plano foram atingir 35% da geração energética via fontes renováveis até 2020, entre 40% e 45% até 2025, entre 55% e 60% até 2035 e 80% até 2050 (LSE, 2000). O EEG introduziu novas tarifas fixas para energia proveniente de fontes renováveis, porém desta vez desvinculada do preço da energia elétrica corrente e muito maiores que as instituídas em 1991. Os operadores da rede ainda eram obrigados a aceitarem eletricidade gerada por fontes renováveis de terceiros, alimentarem a rede de energia com ela e ainda pagarem um preço fixo. Além disto, as tarifas eram garantidas por um período de 20 anos, gerando uma segurança excepcional para grandes investimentos de longo prazo. O valor da tarifa dependia de diversos fatores, como a fonte utilizada, tecnologia e a capacidade da instalação. Para incentivar ganhos de eficiência, as tarifas não eram atualizadas pela inflação, tendo seu valor real diminuído a cada ano. Além disso, a partir de 2002, a remuneração paga por novas plantas seria reduzida anualmente, como uma outra forma de incentivar redução nos custos. Este fator era de 5% para instalações fotovoltaicas, 1,5% para

usinas eólicas e 1% para usinas movidas a biomassa. Como a inflação não é considerada, a queda real do preço é maior do que a representada por essas taxas.

Além disso, a lei também estipulava obrigações relativas a custos de ligação à rede e respectivos reforços necessários. Os operadores das usinas teriam que pagar pela conexão da rede, mas o operador da rede precisaria arcar com os custos caso fossem preciso reforços de infraestrutura. Neste caso, não haveria participação do orçamento público. A lei resolveu o problema da distribuição desigual de encargos, exigindo que todos os fornecedores de eletricidade tivessem a mesma parcela da energia renovável em seu *mix* de combustíveis. Para este fim, os operadores da rede teriam que equilibrar os montantes de eletricidade remunerada de acordo com a Lei de tal forma que a participação da eletricidade fosse igual em todas as redes em uma base de três meses. Então, todos os fornecedores de eletricidade que utilizassem a rede pública seriam obrigados a comprar uma parcela igual de energia renovável a um preço igual à remuneração média paga por toda a eletricidade. Este sistema tem o efeito de que, não apenas os custos, mas também os benefícios, na forma da eletricidade gerada, são compartilhados igualmente. Esse mecanismo de distribuição pode ser caracterizado como uma cota *ex post*, na qual os fornecedores de eletricidade só sabem *ex post* a parcela de energia renovável que eles são obrigados a comprar. Com este design, não há necessidade de calcular o valor "real" da eletricidade inserida na rede proveniente de fontes renováveis. Por outro lado, a distribuição física da energia renovável entre todos os fornecedores gera custos adicionais.

Como era esperado, a lei recebeu críticas diversas dos partidos de oposição, CDU/CSU e FDP, pois, como vimos no item anterior, não existia ainda um consenso político sobre qual forma deveria tomar o abandono das fontes tradicionais pela Alemanha. Buscando acompanhar a dinâmica da economia alemã e manter o valor das tarifas atualizado, a cada dois anos o parlamento alemão reavalia a lei com base em um relatório preparado pelos Ministérios de Economia e Tecnologia, em estreita consulta com o Ministério do Meio Ambiente e o Ministério da Agricultura. Em 2004, uma segunda emenda ao EEG foi implementada, reduzindo as tarifas de alimentação para turbinas eólicas e ajustando os requisitos legais europeus. No entanto, tanto o mercado alemão de energia fotovoltaica como a energia eólica continuaram a crescer nos maiores mercados da Europa (Barroso & Iniesta, 2014).

Figura 5: Geração Anual de Energia Elétrica Na Alemanha



Fonte: 50 Hertz, Amprion, Tennet, TransnetBW, Destatis, EEX

Os efeitos destes fortes incentivos ao uso de energias renováveis foram enormes. Em 1990, a capacidade de geração de energia por fontes renováveis se limitava a 4.7 gigawatts. Em 2013, este número já havia saltado para 84.0 gigawatts (Cleanenergywire, 2014). Tomando como exemplo a energia fotovoltaica, em 2002 esta fonte contribuía com apenas 0,16 TWh para o total de eletricidade gerada. Em 2011, este número já havia subido para 19.60, e para 39.90 em 2017. A energia eólica pulou de 16.10, para 49.86 e 106.61, respectivamente, enquanto o carvão reduziu de 111.43 para 96.50 e 81.74. Outra alteração drástica que podemos destacar é o uso do urânio. Como buscamos expor no item anterior, o uso da energia nuclear no começo dos anos 2000 foi alvo de debates intensos, pois esta fonte era vista como uma opção barata e relativamente segura para garantir o fornecimento de energia até que a transição para fontes renováveis se concretizasse, sendo este cenário alterado em 2011 com o acidente nuclear de Fukushima. Em 2002, o uso de urânio como fonte para a geração de eletricidade contribuiu com 156,29 TWh. Em 2010, um ano antes do acidente, este total já havia caído para 132.97. Em 2012, porém, já havia diminuído para 94.18 e 72.16, em 2017.

Em 2014, o governo alemão anunciou mudanças na política energética, afirmando ser o início de uma grande revisão de alguns princípios básicos da Lei das Energias Renováveis. Estas mudanças buscavam aumentar a competitividade, acelerar a integração do mercado de renováveis e garantir maior segurança energética²⁵. O EEG 2.0 foi elaborado em consonância com as orientações da União Europeia em matéria de auxílios estatais, buscando manter o preço das tarifas fixadas em níveis cada vez menores e desenvolver ainda mais o mercado de energia renovável. As reformas também abrem caminho para realizar uma transição do modelo de *feed-in* para um sistema de competição via leilões (Clean Energy Wire, 2014). Os operadores de novas instalações de energia renovável com uma capacidade instalada superior a 500 quilowatts (kW) são agora obrigados a comercializar a sua eletricidade diretamente no mercado e, em vez de um preço fixo, recebiam um prêmio variável para além da receita que auferirem de suas vendas. Com essas mudanças no EEG, foram criados incentivos para que a geração de eletricidade guiada pela demanda pudesse integrar de forma mais eficiente os mercados de energia nacionais e europeus. Conforme o site Clean Energy Wire ressalta, podemos destacar as principais mudanças abaixo:

- As tarifas por quilowatt-hora continuariam fixas pelos três anos seguintes (para fontes fotovoltaicas), porém passariam para um modelo de “contrato por diferença”. Nesse novo esquema, ao invés do governo pagar diretamente as produtoras, estas teriam agora que vender diretamente ao mercado a sua energia, cabendo ao governo apenas pagar um prêmio correspondente à diferença entre o preço vendido e a remuneração prevista em lei;
- As tarifas *feed-in* passam a ser ajustadas automaticamente dependendo da realização de metas específicas da tecnologia (limite flexível);
- Criação de metas anuais para a capacidade instalada de fontes alternativas. Foram criados corredores de crescimento, isto é, a tarifa paga pelo governo passa a variar de acordo com o volume de novas capacidades estaladas. A partir do momento em que a meta é atingida, o pagamento passa a ser reduzido;
- Aumento da rigidez na cobrança da sobretaxa gerada pela mudança na matriz energética. O plano de 2012 havia instaurado que residências ou empresas que

²⁵ The Federal Ministry for Economic Affairs and Energy (2017) For a future of green energy. Available: <https://www.bmwi.de/Redaktion/EN/Dossier/renewable-energy.html>

produzissem a própria energia receberiam descontos ou até isenção dessas taxas, além de isentar indústrias definidas como intensivas em eletricidade, sendo um modo de garantir a sua competitividade. Em 2014, os parâmetros para receber isenções ou descontos se tornaram mais restritivos, na forma de um aumento no número de empresas consideradas intensivas em energia que são isentas da sobretaxa de energia total (297 empresas em 2005 para 2098 em 2014). Essas empresas não estão excluídas de todas as sobretaxas do EEG, porém têm que pagar apenas 15% do seu valor, sendo um modo de diminuir o desconto sem com isso comprometer a política de proteção às indústrias intensivas em energia.

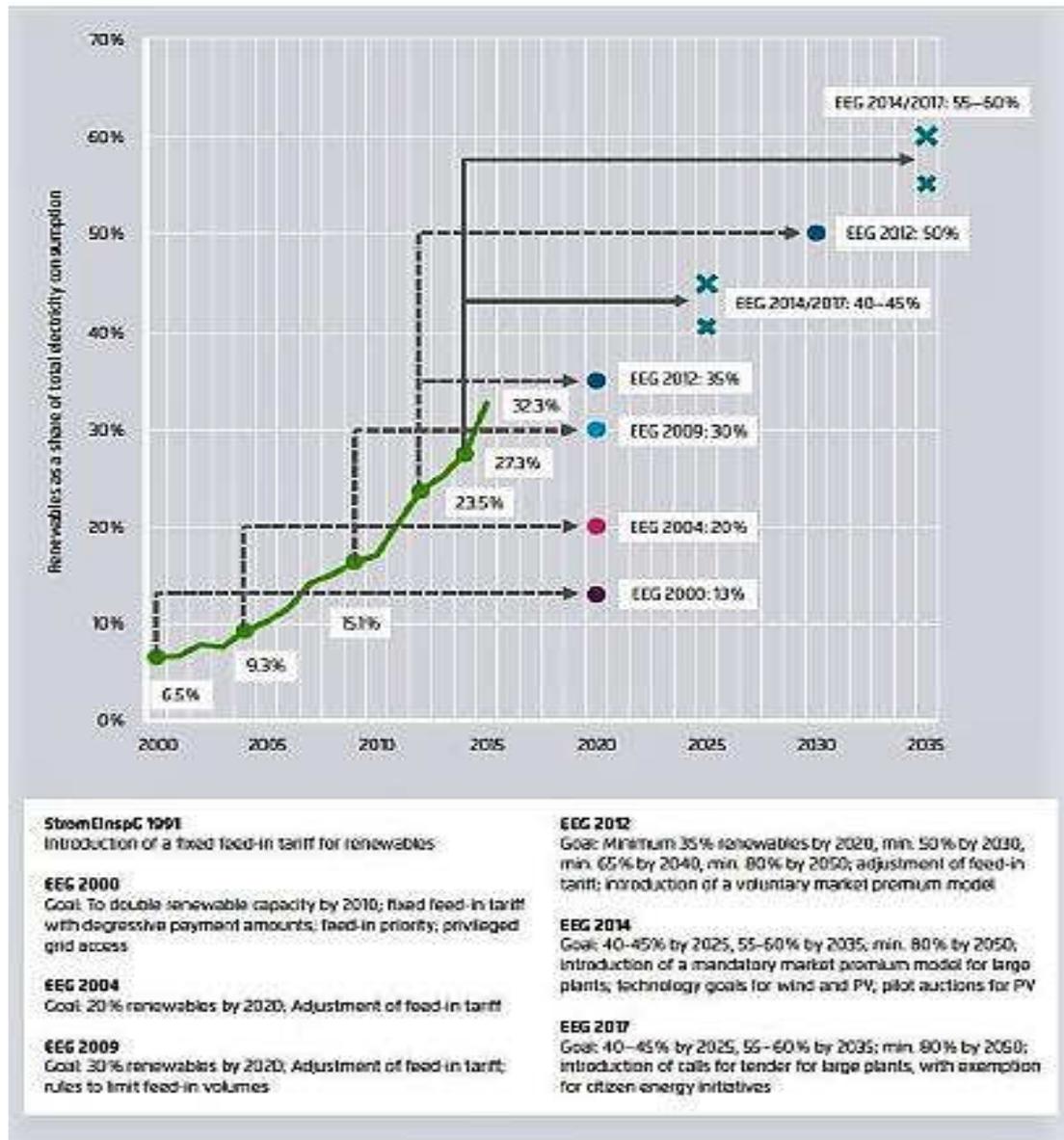
Uma das maiores consequências das alterações na lei foi que agora um prêmio de mercado é pago de forma a cobrir diferença entre o pagamento fixo indicado no EEG e o preço médio da eletricidade à vista para a energia fotovoltaica. Desta forma, os consumidores são obrigados a pagar uma parcela menor da sobretaxa de EEG em comparação com antes da aprovação das modificações.

Uma nova revisão foi feita em 2016²⁶. Além de incluir novos objetivos (aumento da participação de fontes renováveis no consumo bruto de eletricidade para 40 – 45% em 2025, 55 – 60% em 2035 e pelo menos 80% em 2050), as alterações estabeleceram objetivos explícitos para o aumento da capacidade de geração oriunda de tecnologias individuais. Além disso, o modelo de leilão competitivo iniciado nas instalações fotovoltaicas em 2014 foi definido como uma política generalizada. A partir de 2017, as tarifas *feed-in* deixarão de ser fixadas pelo governo, mas serão determinadas através de um esquema de leilões. Neste novo sistema, cada projeto deve oferecer um preço para o kilowatt por hora, numa espécie de “lance”, para ganhar suporte do governo. O objetivo deste novo esquema é refletir de maneira mais precisa os preços de mercado, equilibrar os subsídios e os incentivos que buscam diversificar a construção de geradores de energia renovável em todo o país e não apenas em locais atraentes (até agora, para eólica na parte norte do país e para energia fotovoltaica na parte sul do país), mantendo um ambiente de mercado atraente para os investidores e, especialmente, para os investimentos tradicionais de pequena escala de propriedade dos cidadãos, assegurando um

²⁶ The Federal Ministry for Economic Affairs and Energy (2017) Renewable Energy Sources Act (EEG 2017). Disponível em: https://www.clearingstelle-eeeg.de/files/node/8/EEG_2017_Englische_Version.pdf

crescimento estável para 80% da geração de eletricidade a partir de fontes renováveis até 2050²⁷. A figura abaixo, extraída do trabalho Kuittinen e Velte (2018), resume os efeitos das revisões do EEG ao longo dos anos sobre a participação de fontes renováveis no consumo de energia elétrica:

Figura 6: Desenvolvimento da política de energia renováveis, seus objetivos e a participação de fontes renováveis no consumo total de eletricidade, 2000-2035



Fonte: Agora-Energiewende, 2017.

²⁷ DNV – GL: Introduction of an auction-based scheme: Germany's "Energiewende" at a breaking point? Disponível em: <https://blogs.dnvgl.com/energy/introduction-of-an-auction-based-scheme-germanys-energiewende-at-a-breaking-point>

CAPÍTULO III –Energiewende: Fracasso ou sucesso?

Após mais de 30 anos de políticas energéticas visando o desenvolvimento de energia renovável, o modelo alemão de transição energética tem gerado intensos debates sobre a efetividade e a assertividade de tais políticas. Apesar de ter conseguido aumentar a participação de fonte renováveis na matriz energética, os custos incorridos neste processo e a dimensão deste aumento são amplamente questionados, principalmente após o anúncio do abandono brusco de grande parte da energia nuclear depois do acidente de Fukushima, levando a perda de um fonte relativamente barata e segura (no sentido de garantir o suprimento ao mercado) de energia, que para muitos se fazia necessária como uma “ponte” até o completo desenvolvimento do setor renovável.

Neste capítulo, buscaremos expor a discussão sobre o sucesso do Energiewende, usando tanto dos principais argumentos utilizados pelos seus críticos quanto por aqueles que defendem que a transição tem se provado um sucesso.

III.1 – A falha

Em 2009, alguns anos após a aprovação do Ato de Energia Renovável (pilar central do Energiewende), o Instituto para Pesquisas Energéticas (IER) publicou um estudo intitulado *“Economic impacts from the promotion of renewable energies: The German experience²⁸”*, no qual alertava que os incentivos utilizados pelo governo alemão para a promoção das fontes renováveis, principalmente as tarifas *feed-in*, resultariam em um “gasto massivo que demonstra poucas possibilidades de estimular a economia, proteger o meio ambiente ou aumentar a segurança energética no longo prazo”. De acordo com estudo publicado pelo mesmo instituto, em 2009 a o custo da tarifa *feed-in* para energia de fontes fotovoltaicas era oito vezes superior ao preço de mercado da eletricidade. Ao mesmo tempo, as tarifas para

²⁸RWI Essen, Economic Impacts from the Promotion of Renewable Energies: The German Experience, October 2009, http://www.instituteforenergyresearch.org/germany/Germany_Study_FINAL.pdf

fontes eólicas *onshore* excediam em mais de 300 por cento o preço de mercado, buscando torna-la mais competitiva frente a fontes tradicionais como carvão, nuclear e lignite.

O abandono abrupto de grande parte da energia nuclear após Fukushima em 2011 e a promessa de abandono completo até 2022 resultou em um aumento escalonado dos preços da eletricidade para empresas e famílias, afetando diretamente a produtividade da indústria alemã. No mesmo ano, a E.ON, maior fornecedora de energia da Alemanha, anunciou perda de 11.000 postos de trabalho²⁹. Além disso, a economia alemã é extremamente dependente de setores de fabricação intensivos no uso de energia. Por exemplo, se comparada com Reino Unido, que o setor de fabricação intensivo em energia corresponde a 15 por cento da economia, na Alemanha este número aumenta para um quarto. Economistas, líderes de negócios e líderes sindicais tem culpado igualmente o governo por uma possível desindustrialização³⁰ da economia alemã.

Uma outra consequência do abandono prematuro das usinas nucleares pela Alemanha foi o aumento das usinas termelétricas movidas a carvão. A geração de eletricidade pelas usinas baseadas neste tipo de combustível aumentou 8.2 por cento entre 2011 e 2012 para compensar a perda de geração nuclear³¹. Como consequência deste fato, as emissões de dióxido de carbono aumentaram 1.3 por cento em 2012 comparado aos níveis de 2011. Apesar de esta medida ser temporária, para assegurar o suprimento de energia até o completo desenvolvimento do setor renovável, a própria dependência de usinas solares e eólicas possuem seus riscos.

Uma matriz energética sustentada por fontes eólicas e solar põe em risco a confiabilidade da rede e aumenta os riscos de apagões. A razão disto é que, diferente das fontes tradicionais, nas quais os operadores da rede definem o nível de fornecimento para suprir a demanda de energia em cada momento do dia, energia eólica e solar dependem de

²⁹Tom Bawden, *German Nuclear Shutdown Forces E.ON to Cut 11,000 Staff*, The Guardian, Aug, 10 2011, <http://www.theguardian.com/business/2011/aug/10/german?nuclear?shutdown?forces?eon?to?axe?11000?jobs>

³⁰ Frank Dohmen and Alexander Neubacher, *Merkel's Switch to Renewables: Rising Energy Prices Endanger German Industry*, Der Spiegel, Feb. 24 2012, <http://www.spiegel.de/international/business/merkel?s?switch?to?renewables?rising?energy?prices?endanger?german?industry?a?816669.html>

³¹ Fraunhofer ISE, *Electricity Production from Solar and Wind in Germany in 2012*, Feb. 8 2013, <http://www.ise.fraunhofer.de/en/downloads?englisch/pdf?files?englisch/news/electricity?production?from?solar?and?wind?in?germany?in?2012.pdf>

fatores climáticos incontroláveis e de certa forma imprevisíveis. Em alguns casos extremos, o leste da Alemanha (onde mais de um terço das turbinas eólicas estão localizadas) produz três a quatro vezes mais eletricidade que o total demandado, forçando os limites de capacidade da rede e aumentando os riscos de apagões³². Até mesmo pequenos lapsos no fornecimento de energia podem gerar enormes gastos para as empresas e, desde 2009 até 2014, estas interrupções na rede aumentaram em 29 por cento, e o número de falhas nos serviços em 31 por cento, sendo que metade destas falhas levaram a paradas na produção³³. Como estas paradas representam milhares de euros em danos na produção, as empresas alemãs têm buscado comprar seu próprio gerador elétrico, e algumas até alertaram o governo sobre a possibilidade de deixarem o país caso a rede não seja reestabilizada³⁴.

Além dos problemas de uma rede instável, o aumento da presença de fontes renováveis na matriz energética gera um outro problema: a transmissão da energia gerada. Não são todos os locais da Alemanha que permitem a instalação de turbinas eólicas e/o painéis solares que permitam geração suficiente de energia para compensar seu investimento, sendo necessário grandes linhas de transmissão para conectar os locais de maior produção com aqueles de maior demanda. Como o analista do Warburg Research, Stephan Wulf, explica: *“There is lack of sufficient network capacities for transmitting the power generated in the North Sea to the large industrial consumers in southern Germany.”*³⁵ Os custos de expansão desta rede de transmissão para integrar as geradoras renováveis se aproxima dos \$33.6 bilhões³⁶, além dos custos dos subsídios pagos pelos consumidores e das tarifas *feed-in*, quem em 2013 eram estimados em €20.4 bilhões³⁷. George Erdmann, professor de Sistemas de Energia na Universidade Técnica de Berlim, estima que *“subsidies for renewable energy,*

³² Institute for Energy Research, *Germany's Green Energy Destabilizing Electric Grids*, Jan. 23 2013, <http://www.instituteforenergyresearch.org/2013/01/23/germanys-green-energy-destabilizing-electric-grids/>

³³ Ibid

³⁴ Ibid

³⁵ Andrea Thomas, Jan Hromadko, and Friedrich Geiger, *Merkel Looks to Map Out Nuclear Exit*, Wall Street Journal, Apr. 24 2012, [http://online.wsj.com/news/articles/SB10001424052702303459004577363803837063214%](http://online.wsj.com/news/articles/SB10001424052702303459004577363803837063214%3A=print)

³⁶ United Press International, *German Electric Grid Need Pegged at \$25B*, June 1 2012, http://www.upi.com/Business_News/Energy_Resources/2012/06/01/German-electric-grid-need-pegged-at-25B/UPI-97441338546600/

³⁷ Gerrit Wiesmann, *German Rush to Renewables Faces Backlash*, Financial Times, Oct. 15 2012, <http://www.ft.com/intl/cms/s/0/347e5530-16b4-11e2-957a-00144feabdc0.html?siteedition=intl&axzz2KoRNOzOh>

including an expansion of the power grid, will saddle energy consumers with costs well over €300 billion (\$377 billion).”(Neubacher e Schröder, 2012).

O aumento dos custos para subsidiar a competitividade da energia renovável tem seu reflexo no aumento do custo da eletricidade. Em 2013, os alemães gastaram uma média de €2,500 (\$3,263) por família com energia. Para termos uma noção do seu alto valor, uma família nos Estados Unidos gastava em média mil dólares a menos em 2009. Em 2012, o preço médio da eletricidade na Alemanha era de 36.25 cents por kilowatt-hora, enquanto este valor caía para 11.9 nos Estados Unidos por família³⁸. Como mostra a tabela 5, este número colocava, em 2012, o preço da energia na Alemanha 10 cents maior que a média da União Europeia, e próximo ao triplo da dos Estados Unidos.

Tabela 5: Custo residencial da eletricidade em dólares versus outros países desenvolvidos em 2012

País	Custo por Quilowatt hora (em dólares)
EU	0,26
Dinamarca	0,41
França	0,19
Alemanha	0,35
Irlanda	0,26
Itália	0,28
Japão	0,26
Países Baixos	0,24
Espanha	0,29
Suécia	0,25
Suíça	0,22
Reino Unido	0,2
Estados Unidos	0,12

Fonte: Eurostat e International Energy Agency (IEA)

Além do aumento nas contas de energia, as famílias alemãs também têm pago taxas cada vez maiores para subsidiar a expansão do setor de renováveis. Em 2013, as taxas de

³⁸ U.S. Energy Information Administration, Average Retail Prices of Electricity, http://www.eia.gov/totalenergy/data/monthly/pdf/sec9_11.pdf

energia aumentaram em 25 por cento, atingindo a marca histórica de 42 bilhões de dólares³⁹. Apenas o valor da sobretaxa de energia consumiu mais de €7.2 bilhões (\$9.6 bilhões) do orçamento das famílias na Alemanha em 2013. Fred Roeder, diretor da Young Voice, empresa de relações públicas sem fins lucrativos, explica:

“Government intervention in the energy market, and especially laws requiring minimum quotas for green energy, raise energy prices. These higher prices are ultimately paid twice, first by taxation and then in the market, and all by the consumers.” (Roeder, 2013)

As classes sociais mais afetadas por estes altos custos são as mais pobres, pois gastam um percentual maior de sua renda com energia que a classe média e alta. Entre 2011 e 2015, mais de 300 000 famílias alemãs tiveram sua energia cortada por não conseguirem mais arcar com o alto preço da eletricidade⁴⁰. Eva Bulling-Schröter, porta voz do partido Die Linke para matérias de energia, afirma: *“Energy poverty in Germany is a silent catastrophe for millions of people, especially in the cold, dark winter months”*.

Por fim, o conjunto de políticas conduzidas pelo governo alemão, além de gerar um aumento nos custos de energia, tem minado a competitividade de sua indústria. Ulrich Grillo, presidente da Federação das Indústrias Alemãs, alertou o governo que a persistência do aumento dos custos da energia iria conduzir a uma fuga das empresas para outros países, incluindo os Estados Unidos⁴¹. Em 2013, um estudo publicado pela IHS Consultants mostrou que as exportações teriam sido 15 bilhões de euros maiores no ano caso a indústria alemã não pagasse preços tão altos pela sua energia, comparada com seus competidores internacionais. Ainda de acordo com o estudo, entre 2008 e 2013, o alto custo da eletricidade fez com que a Alemanha deixasse de ganhar 52 bilhões de euros em exportações. Sigmar Gabriel, Ministro da Economia e Energia, descreveu a transformação energética conduzida pelo governo como uma corda ao redor do pescoço de seu país que poderia levar a uma desindustrialização da

³⁹ Vera Eckert, Five Million German Households Faced with Higher Power Bills, Feb. 24 2014, <http://www.reuters.com/article/2014/02/24/germany-power-prices-idUSL6NOLT1SZ20140224>

⁴⁰ Fred Roeder, What The U.S. Can Learn From Germany's Green Energy Debacle, Forbes, Nov. 7

⁴¹ Benny Peiser, Europe Pulls the Plug on Its Green Future, The Australian, Aug. 10 2013, <http://www.theaustralian.com.au/news/health-science/europe-pulls-the-plug-on-its-green-future/story>

⁴¹ Hardy Graupner, High Energy Costs May Drive German Firms to US, Deutsche Well, May 22 2013, <http://www.dw.de/high-energy-costs-may-drive-german-firms-to-us/a-16828773>

economia⁴². Em 2014, a Comissão para Pesquisa e Inovação, grupo composto por especialistas indicados pelo Parlamento alemão, recomendou à Chanceler Merkel que abolisse todos os subsídios ao setor renovável. A Comissão concluiu que tais subsídios não tiveram impactos significantes sobre o meio ambiente ou sobre a inovação para as empresas. O relatório ainda conclui: *“For both reasons, therefore, there is no justification for the continuation of the EEG (Renewable Energy Sources Act).”*

III.2 – O sucesso

Apesar do aumento do preço da energia causado pelas tarifas *feed-in* e outros incentivos que buscam tornar o setor de renováveis competitivo, os defensores do Energiewende argumentam que os benefícios trazidos pela mudança na matriz energética compensam de longe este maior custo, que inclusive tende a se reduzir cada vez mais, conforme a competitividade do setor aumenta. De acordo com dados mostrados por Thorsten Herdan, Ministro Federal da Economia e Energia da Alemanha, em uma palestra feita em Washington DC, em junho deste ano, podemos resumir algumas das principais conquistas do Energiewende até agora:

- ✓ Clima: redução da emissão dos gases de efeito estufa em 27.6% (2016) comparados com os níveis de 1990;
- ✓ Energia renovável: 36.2% no consumo bruto de energia elétrica e 14.8% no consumo bruto final de energia;
- ✓ Eficiência energética: redução de 6% do consumo de energia primária (vs. 2008); aumento de 1.1% a.a da produtividade final de energia (vs. 2008); redução de 15.9% da demanda primária de energia para edifícios (vs. 2008).

Apesar destas conquistas, os investimentos são um fator-chave para avançar com sucesso nesta transição. As políticas econômicas e energéticas adotadas pela Alemanha nos últimos anos têm apoiado significativamente empresas e residências privadas a investirem em diversas áreas, como reformas de energia de edifícios, instalações de energia renovável, redes

⁴² Investor’s Business Daily, Europe ‘Starts To Run, Not Walk, Away From Green Economics’, Feb. 5 2014, http://news.investors.com/ibd_editorials/020514_689033_europe_finds_anti_co2_policies_are_destroying_the_economy.htm

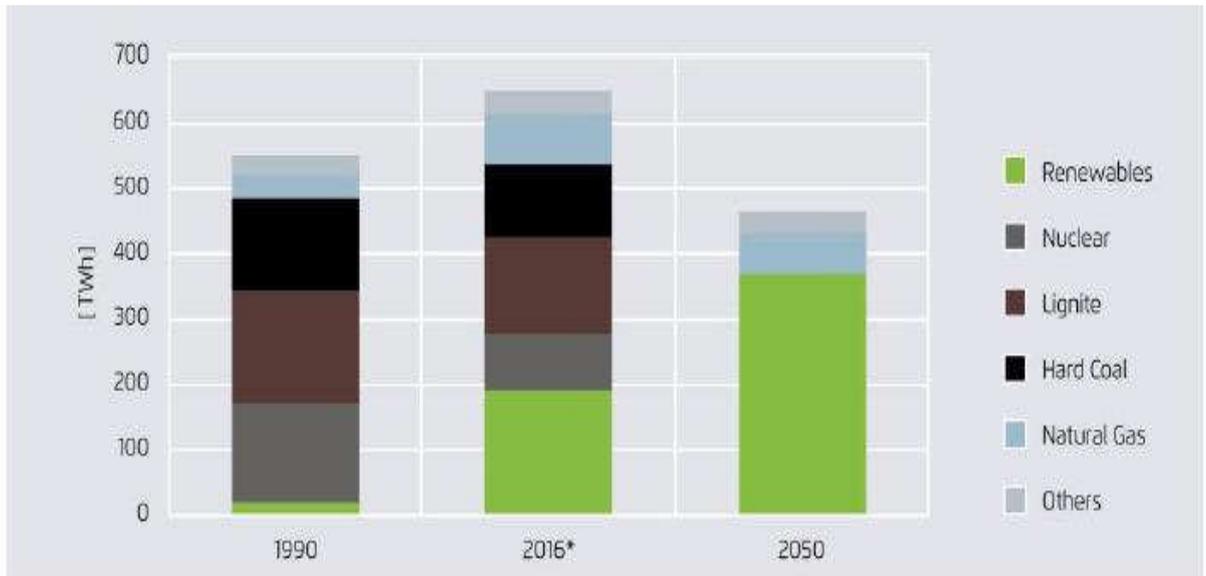
elétricas e maior eficiência energética. Essa estrutura foi ainda reforçada com a adoção da Lei de Fontes de Energia Renováveis de 2017, a Lei do Mercado de Energia Elétrica e a reforma da Portaria de Regulação de Incentivo. Espera-se que a Lei sobre a Digitalização da Transição de Energia, adotada em julho de 2016, dê mais ímpeto a novos modelos de negócios no campo da tecnologia digital. Todas as medidas-chave do Plano de Ação Nacional sobre Eficiência Energética (NAPE) são direcionadas para promover mais investimento privado em tecnologia de eficiência⁴³. Como resultado dessas medidas, em 2015 foram investidos 15 bilhões de euros em instalações de energias renováveis (construção, ampliação e modernização). Ao mesmo tempo, a capacidade renovável instalada continua a crescer, indicando custos decrescentes por instalação instalada. Os investimentos estão concentrados na energia eólica e tecnologias fotovoltaicas, que juntas representam cerca de 75% do investimento total. Os investimentos na rede de energia também se mantêm altos. Em 2015, cerca de 5,9 bilhões de euros foram investidos na construção de novas infraestruturas e no reforço da rede. Além disso, as operadoras da rede também investiram mais 3,3 bilhões de euros na manutenção e reparo da infraestrutura da rede⁴⁴.

O mix das fontes de energia elétrica da Alemanha tem se transformado de maneira radical nas últimas décadas, como podemos deduzir da figura 4, com aumento do uso das fontes renováveis principalmente em detrimento da energia nuclear e carvão. A participação das fontes renováveis na geração de energia tem subido de maneira substancial, aumentando de 3.6% em 1990 para 29% em 2016, correspondendo a 32.3% do consumo nacional de energia. Também podemos notar o reflexo do abandono da energia nuclear, que em 2016 representou 13.1% da produção de energia doméstica frente a 27.7% em 1990, bem como torna-se claro uma tendência à manutenção das taxas de lignite e lenta queda da participação do carvão.

⁴³ he Federal Ministry of Economic Affairs and Energy (2016) Fifth Monitoring Report "The Energy of the Future" 2015. Available: <https://www.bmwi.de/Redaktion/EN/Publikationen/monitoring-report-2016-summary.html>

⁴⁴ Investments in renewable energy installations 2008-2015. Source: The Ministry for Economic Affairs and Energy, 2016.

Figura 7: Geração bruta de eletricidade (Twh) 1990, 2016 e 2050

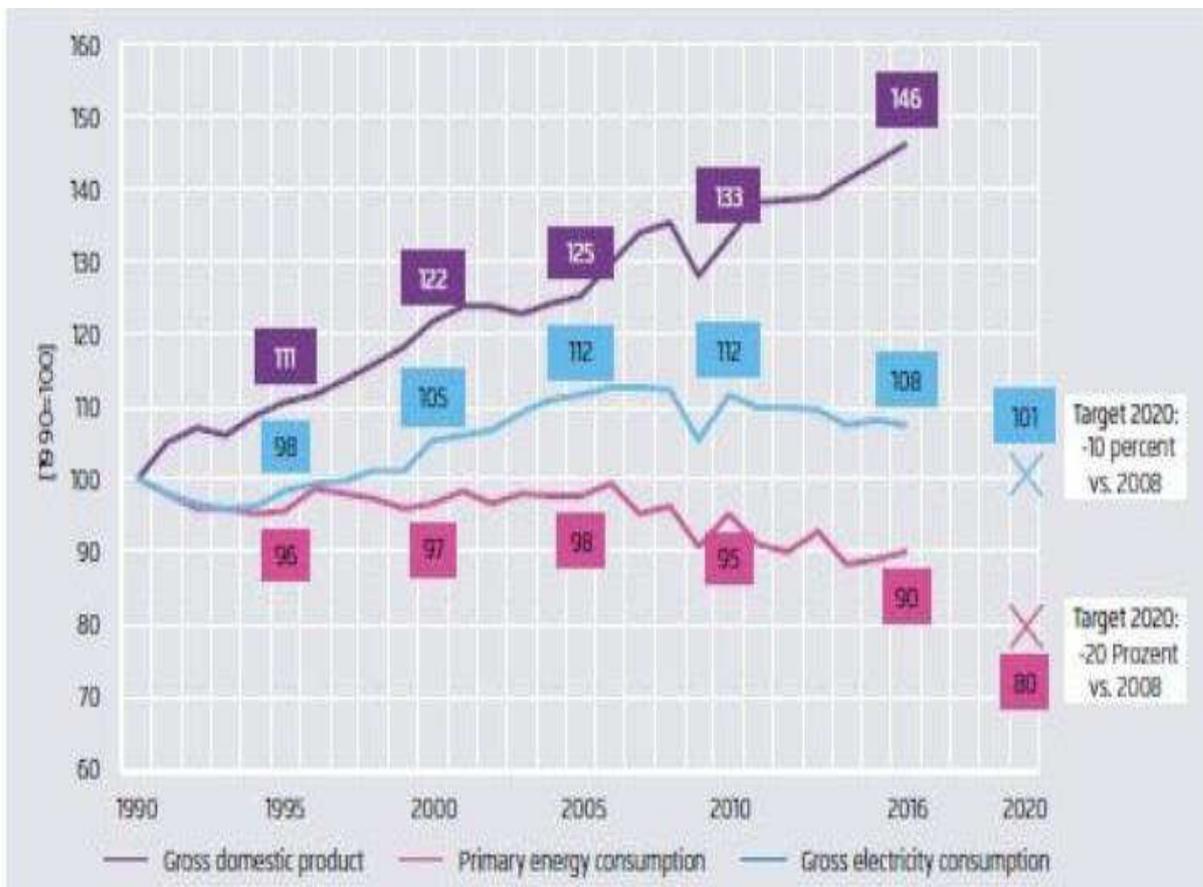


Fonte: Agora – Energiewende, 2017

Um dos maiores desafios enfrentados no campo da eficiência energética é a desvinculação do crescimento do PIB com o aumento do consumo de energia. Apesar de ter apresentado uma redução de 6% no consumo primário de energia em relação aos níveis de 1990, este consumo vem crescendo nos últimos anos. Todavia, pela figura 5, podemos concluir que a Alemanha obteve sucesso em desvincular o crescimento do seu PIB com o aumento do consumo primário de energia.

Em relação à redução dos gases de efeito estufa, em 2016 seus níveis se encontravam 27% menores que em 1990. Apesar disto, nos últimos três anos, esta emissão tem apresentado pequenos aumentos. Tal fato pode ser atribuído a reduções de emissões insuficientes nos setores de conversão de energia, industrial, aquecimento e transporte. O setor de energia alemão (carvão e lignite) é também responsável por 40% do total nacional destas emissões. O abandono da energia nuclear e o aumento no consumo dos últimos anos foram responsáveis por manter inalterado o nível de emissão pelo uso das fontes convencionais de energia, tornando quase impossível alcançar o objetivo de redução de 40% até 2020.

Figura 8: PIB, energia primária, consumo e produção de eletricidade, 1990–2016 (indexado, 1990 = 100)



Fonte: Agora – Energiewende, 2017

Quanto aos custos de energia, seus preços aumentaram cerca de 50% desde 2007 (em termos nominais), devido a um aumento contínuo de taxas para energias renováveis, tarifas de rede e várias outras taxas e impostos, mas também outros custos⁴⁵. A sobretaxa causada pelo uso das tarifas *feed-in* aumentou continuamente ao longo dos anos e atualmente é fixada em 6,88 euros por kWh (para um total de EUR 24 bilhões em 2017). No entanto, os preços de mercado mais baixos da eletricidade, devido à expansão das energias renováveis, compensam, pelo menos em parte, a alta sobretaxa e devem forçar sua diminuição cada vez maior nos próximos anos.

⁴⁵ Agora- Energiewende (2017) The Energiewende in a nutshell 10 Q&A on the German energy transition. Available:

https://www.agoraenergiewende.de/fileadmin/Projekte/2017/Energiewende_in_a_nutshell/Agora_The_Energiewende_in_a_nutshell_WEB.pdf

Um outro grande impacto positivo, que normalmente não é mencionado, trazido pelo Energiewende, está na criação de empregos. A Alemanha permanece como o país europeu com o maior número de postos de trabalho no setor de energia renovável, sustentando a cifra de 334 000 empregos⁴⁶. Apesar da tendência decrescente nos últimos anos, o setor alemão de energia renovável emprega quase tanto quanto o setor de energia renovável na França, no Reino Unido e na Itália juntos. No setor eólico o número de empregos vem crescendo nos últimos anos, atingindo a marca de 142 900 postos de trabalho em 2015. No setor de biomassa (113 200 empregos) o número de empregos está diretamente relacionado a participação desta fonte na produção de energia, que tem se mantido constante desde 2007. Por fim, o setor fotovoltaico (42 200 empregos) tem mostrado uma enorme instabilidade: em 2015, os empregos caíram para um terço do pico em 2012, devido a um enorme corte nas instalações fotovoltaicas na Alemanha e aumento da concorrência internacional na fabricação de células fotovoltaicas pela China e Estados Unidos.

Apesar das críticas feitas pela perda de postos de trabalho através da mudança de plantas da Alemanha para outros países e queda na competitividade industrial, um estudo publicado pelo Ministério da Economia confirmou um impacto positivo no crescimento do número de empregos pela transição energética, devendo alcançar a marca de 18 000 postos até 2020 quando comparado com um cenário sem o Energiewende⁴⁷. Outro grande benefício que a Alemanha possui devido ao Energiewende está na exportação de tecnologia renovável. Em 2015, as taxas de exportação atingiram 70% para a energia fotovoltaica, 66% para a energia eólica, 50% para o biodiesel e 66% das bombas de calor produzidas na Alemanha foram produzidas para exportação. No entanto, deve-se notar que uma parcela maior dos empregos relacionados a fontes renováveis vem do uso doméstico e da instalação. Estima-se que, no caso da energia solar, 50% do valor agregado corresponde à fabricação de sistemas fotovoltaicos, enquanto outros 50% permanecem na região onde a usina está efetivamente localizada e operada. Da mesma forma, as ações de valor agregado local são ainda maiores para energia eólica (60%) e bioenergia (70 a 80%). Isso indica que são agricultores, proprietários de terras, instaladores locais, empresas de manutenção e construção e

⁴⁶ IRENA (2017) Renewable Energy and Jobs. Annual Review 2017.

⁴⁷ Agora Energiewende (2015) Understanding the Energiewende. Available: agoraenergiewende.de/fileadmin/Projekte/2015/Understanding_the_EW/Agora_Understanding_the_Energiewende.pdf

investidores de pequena escala, que mais se beneficiam do valor agregado gerado pela transição da Alemanha para as energias renováveis⁴⁸.

O investimento em eficiência energética também tem efeitos positivos na economia nacional. Cálculos baseados em modelos sugeriram que medidas abrangentes para melhorar a eficiência energética poderiam fornecer 190 mil empregos, principalmente na indústria da construção, através da construção de retrofits de energia e a construção de novos edifícios energeticamente eficientes, entre outros fatores⁴⁹. Um estudo recente da Ecofys⁵⁰ (2016) aponta que o PIB foi cerca de 0,3% maior em 2015 como resultado de investimentos acionados por instrumentos de eficiência energética do que teria sido em um cenário de referência hipotético sem essas medidas.

A manutenção de um consenso social em relação ao Energiewende também é de importância ímpar para a continuação do projeto. Como visto nos capítulos anteriores, o papel desempenhado pelos cidadãos alemães para o sucesso da transição (no seu forte desejo de eliminar a energia nuclear e transformar a forma como a energia é fornecida e consumida) tem sido essencial para a continuação do modelo. Apesar das críticas recebidas em relação ao seu progresso, 90 por cento dos cidadãos alemães apoiam os objetivos buscados pelo Energiewende, como podemos na figura abaixo:

⁴⁸ Ecofys (2017) Job Potentials of Renewable Energies and Energy Efficiency - A View on Germany and Poland. Available: <https://www.ecofys.com/files/files/ecofys-2017-job-potentials-of-re-ee-ger-pol-factsheet.pdf>

⁴⁹ Development of a strategy to reach national energy savings goals by 2020 and by 2050, also with due consideration to relevant EU requirements in the context of a holistic climate and energy policy ("Energy Efficiency Action Plan"); Karlsruhe, Berlin, Freiburg, 2016.

⁵⁰ Agora- Energiewende (2017) The Energiewende in a nutshell 10 Q&A on the German energy transition. Available: https://www.agora-energie-wende.de/fileadmin/Projekte/2017/Energiewende_in_a_nutshell/Agora_The_Energiewende_in_a_nutshell_WEB.pdf

Figura 9: Opinião pública sobre o Energiewende



Fonte: Agora – Energiewende, 2017

CONCLUSÃO

A transição energética conduzida pela Alemanha é um processo inédito e de extrema importância para o mundo todo, conforme os problemas ambientais e a discussão sobre o aquecimento global se intensificam. Através do uso de mecanismos que fornecem os níveis de competitividade requeridos para os investimentos e inovação neste setor, o governo tem buscado abandonar as fontes tradicionais de energia, buscando com isso maior segurança em seu suprimento de energia e desenvolver uma economia mais sustentável frente aos problemas ambientais do modelo de produção atual.

Podemos afirmar que este processo tem início muitos anos antes da aprovação das tarifas *feed-in*. Sua implantação só foi possível na Alemanha devido às duas crises de petróleo (1973 e 1978), que expuseram a dependência do país à importação de energia e levaram ao investimento maciço em energia nuclear. A partir daí o sentimento antinuclear já presente nos alemães devido às ameaças da Guerra Fria se intensificou, piorando com o acidente nuclear de Three Mile Island em 79 e o desastre de Chernobyl em 86. Uma vez que os partidos não podiam fornecer apoio à produção da energia nuclear no país, esta aversão cada vez mais profunda pelos cidadãos alemães fortaleceu o aparecimento de grupos ambientalistas no cenário político, culminando com a formação do Partido Verde. A pressão exercida por este partido e pela população levará ao abandono gradual da energia nuclear e a busca de fontes renováveis como alternativa para o suprimento energético do país. Neste sentido, as tarifas *feed-in* são essenciais para garantir os investimentos e a competitividade do novo setor frente às fontes tradicionais já instaladas no mercado.

As políticas de incentivo ao uso da energia renovável, porém, têm se refletido na vida dos cidadãos alemães no alto custo da energia elétrica e de uma relativa instabilidade na rede. Considera-se, todavia, que os ganhos ambientais promovidos por estas tecnologias e as promessas de segurança energética oriundas de seu futuro desenvolvimento, além da criação de empregos para a economia, são suficientemente grandes e compensam os custos envolvidos em sua implantação.

Por ter sido pioneira em implementar um modelo completo de transição rumo a fontes renováveis, seria pelo menos duvidoso que a Alemanha não apresentasse erros de políticas e

recebesse críticas por seu modelo. Apesar de ter apresentado condições históricas e sociais peculiares que permitiram a implantação de políticas específicas ainda no final do século passado, o exemplo da Alemanha pode e deve ser seguido por outros países. Diversos desafios ainda se apresentam para o país, que passa hoje por mudanças cruciais em suas políticas energéticas (como a migração para um sistema de leilões), porém o sucesso desta empreitada servirá para encorajar outros países a seguirem seu caminho.



Bibliografia Adicional

AMARAL, D. *História da Mecânica - O motor a vapor*. UFPB, 2010. Disponível em: http://www.demec.ufmg.br/port/d_online/diario/Ema078/historia%20do%20motor%20a%20vapor.pdf, 2011. CGEE – Centro de Gestão e Estudos Energéticos.

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

KUITTINEN E VELTE. *Mission-oriented R&I policies: In-depth case studies - Case Study Report Energiewende*. European Commission, 2018.

FISCHER, W. & HÄCKEL, E. *Internationale Energieversorgung und politische Zukunftssicherung: Das europäische Energiesystem nach der Jahrtausendwende*. Munich, Oldenbourg Verlag, 1987.

ROOSE, J. *Der endlose Streit um die Atomenergie. Konfliktsoziologische Untersuchung einer dauerhaften Auseinandersetzung*. In FEINDT, P. H. & SARETZKI, T. (Eds.) *Umwelt- und Technikkonflikte*. 79-103, Wiesbaden, VS Verlag, 2010.

ILLING, F. *Energiepolitik in Deutschland: Die energiepolitischen Maßnahmen der Bundesregierung 1949 - 2013*. Baden-Baden, Nomos, 2012.

MEZ, L. *Expansion and Phasing-out Nuclear Power in Germany*. In MEZ, L., SCHNEIDER, M. & THOMAS, S. (Eds.) *International Perspectives on Energy Policy and the Role of Nuclear Power*. 263-277, Bentwood, Essex, Multi-Science Publ, (2009).

BUNDESTAG *Bericht der Enquete-Kommission Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre des Deutschen Bundestages*. Economica-Verlag, C.F. Müller, Bonn/Karlsruhe, 1990.

BOIS, D. **California Energy Commissioner Recommends Investing in Efficiency.** Energy Priorities, 2006. Disponível em: <http://energypriorities.com/entries/2006/02/california_energy_commissioner.php>

SPIEGEL, N. N. **Mehr SPD-Wähler durch Atom-Ausstieg?** Der Spiegel, 15.8.1986, No. 35, 1986.

IEA. **Worldwide Trends in Energy Use and Efficiency. Key Insights from IEA Indicator Analysis In support of the G8 Plan of Action.** Paris: International Energy Agency, 2007.

DAGGER, S. B. (2009) **Energiepolitik & Lobbying : Die Novellierung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG).** Stuttgart, ibidem-Verlag, 2009.

SPD/GRÜNE (1998) **Aufbruch und Erneuerung – Deutschlands Weg ins 21. Jahrhundert. Koalitionsvereinbarung zwischen der Sozialdemokratischen Partei Deutschlands und BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN.** Bonn.

DEUTSCHER BUNDESTAG (2002) **Nachhaltige Energieversorgung unter den Bedingungen der Globalisierung und der Liberalisierung.** Berlin, Enquete-Kommission, <http://dip21.bundestag.de/dip21/btd/14/094/1409400.pdf>.

RAT DER EU (2007) **Schlussfolgerungen des Vorsitzes.** Brüssel, Rat der Europäischen Union.

HÜBNER, C. (2012) **Beschleunigte Energiewende in Deutschland - Einordnung und Analyse. Analysen und Argumente (Konrad-Adenauer-Stiftung):104.**

ETHICS COMMISSION FOR A SAFE ENERGY SUPPLY (2011) **Germany's Energy Transition – A Collective Project for the Future.** Berlin.

KUNZ, F. & WEIGT, H. (2014) **Germany's Nuclear Phase Out: A Survey of the Impact since 2011 and Outlook to 2023.** Economics of Energy & Environmental Policy, 3:13-27.

SCHMIDT, HORTA E PEREIRA. **O DESASTRE NUCLEAR DE FUKUSHIMA E OS SEUS IMPACTOS NO ENQUADRAMENTO MIDIÁTICO DAS TECNOLOGIAS DE FISSÃO E FUSÃO NUCLEAR.** *Ambiente & Sociedade* n São Paulo v. XVII, n. 4 (2014).

IPSOS (2011) **Sharp World Wide Drop in Support for Nuclear Energy.** Ipsos Global @dvisory, June, 20, 2011, Disponível em: <http://www.ipsos-na.com/news-polls/pressrelease.aspx?id=5265>.

EEG (2017) **Renewable Energy Act,** Disponível em https://www.bmwi.de/Redaktion/EN/Downloads/renewable-energy-sources-act-2017.pdf%3F_blob%3DpublicationFile%26v%3D3

Cleanenergywire, 2014 **Comparing old and new: Changes to Germany's Renewable Energy Act** Disponível em <https://www.cleanenergywire.org/factsheets/comparing-old-and-new-changes-germanys-renewable-energy-act>.

BARROSO, M. M. & INIESTA, J. B. (2014) **A valuation of wind power projects in Germany using real regulatory options.** *Energy*, 77:0, 422-433.

KUITTINEN, H & VELTE, D (2018) **Case Study Report: Energiewende.** Joint Institute for Innovation Policy.

Alexander Neubacher and Catalina Schröder, **Germans'Cough'Up'for'Solar'Subsidies**, Der Spiegel, Jul. 4 2012, <http://www.spiegel.de/international/germany/german-solar-subsidies-to-remain-high-with-consumers-paying-the-price-a-842595.html>!

FRED ROEDER (2013), **What'The'U.S.'Can'Learn'From'Germany's'Green'Energy'Debacle**, Forbes, Nov. 7 2013, <http://www.forbes.com/sites/realspin/2013/11/07/what-the-u-s-can-learn-from-germanys-green-energy-debacle>

INSTITUTE FOR ENERGY RESEARCH (2014), **Germany's Green energy Failure: A Lesson from U.S. Policymakers** Disponível em <https://www.instituteforenergyresearch.org/renewable/wind/germanys-green-energy-failure/>