

UFF – UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DA SOCIEDADE E DESENVOLVIMENTO
REGIONAL
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS

ALAN PEREIRA FABRÍCIO

Novo Modelo de Energia Fotovoltaica:
Das Políticas Alemãs até o Consumidor Final Brasileiro

Campos do Goytacazes-RJ
2016

UFF – UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DA SOCIEDADE E DESENVOLVIMENTO
REGIONAL
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS

ALAN PEREIRA FABRÍCIO

NOVO MODELO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA: DAS POLÍTICAS
ALEMÃS ATÉ O CONSUMIDOR FINAL BRASILEIRO

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade Federal
Fluminense como requisito obrigatório
para a obtenção do grau Bacharel em
Ciências Econômicas.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Felipe Santos Tostes.

Campos do Goytacazes-RJ

2016

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha mãe, que foi o meu apoio para me manter forte e fez de tudo para que eu pudesse ser uma pessoa melhor. Sua paciência e amor são as maiores lições de vida que pude ter.

Ao meu pai, por ter insistido em acreditar no meu potencial e na minha educação. Sem ele, eu não estaria aqui.

Agradeço a todo o corpo docente do Departamento de Ciências Econômicas da UFF-Campos, que sempre se dispuseram a me auxiliar. Em especial aos Profs. Alan Arêdes, Vladimir Farias e Leonardo Leite pela excelente referência profissional durante toda a minha graduação. Aos Profs. Rodrigo Delpupo e Maracajaro Mansor pelos ótimos diálogos e compartilhamento de ideias.

Agradeço também ao Prof. Dr. Felipe Santos Tostes por tantas pacientes horas me orientando e pela confiança no meu trabalho e desempenho. Ao meu amigo Cláudio Fróes da Cruz pelo tempo revisando e me proporcionando feedbacks importantes para a produção deste estudo.

E, por último, mas não menos importante, agradeço aos meus amigos que me acompanharam nesta trajetória e me ajudaram em tantos momentos de dificuldade.

RESUMO

O presente estudo busca verificar as medidas mais eficazes de incentivo a energia fotovoltaica que podem ser adaptadas para o contexto brasileiro. Neste sentido, o estudo analisará as principais leis e políticas da Alemanha, país referência na indústria, e as políticas atuais brasileiras para identificar quais podem ser melhor aproveitadas. Para isso, faz-se necessário observar o contexto histórico de ambos os países até a estrutura da matriz energética atual e como estas políticas refletem o cenário atual de energia renovável no Brasil. O estudo também objetiva apontar quais são os obstáculos enfrentados hoje pelo setor de energia fotovoltaica e quais benefícios a promoção da tecnologia pode trazer.

ABSTRACT

The present study aims to verify the most efficient parameters for photovoltaic energy incentive that could be adapted to the Brazilian context. Therefore, the study will consider the main German laws and policies, which are seen as a reference on the industry, and the current Brazilian policies to identify which of these could be better availed. For this purpose, it is necessary to observe the historic context of both countries until their current energy matrix structure and how these policies reflects on the current scenario of renewable energies in Brazil. The study also aims to indicate what barriers are faced today by the photovoltaic energy sector and what benefits the promotion of this technology could bring.

LISTA DE FIGURAS E TABELAS

| | |
|---|----|
| FIGURA 1 – Geração anual de eletricidade na Alemanha..... | 18 |
| FIGURA 2 – Geração anual de eletricidade na Alemanha por fonte nuclear.... | 18 |
| FIGURA 3 – Oferta Interna de Energia Elétrica por Fonte - 2014 (Brasil)..... | 19 |
| FIGURA 4 – Capacidade Instalada de Energia por Fonte - 2014 (Alemanha).. | 21 |
| FIGURA 5 – Cadeia brasileira simplificada da produção de módulos FV..... | 33 |
| TABELA 1 – Consumo de Eletricidade por Setor – 2014 (Brasil)..... | 22 |
| TABELA 2 – LCOE de Usinas Fotovoltaicas (larga escala)..... | 36 |
| TABELA 3 – Número de empregos atuais relacionados a energia renovável no mundo todo (2013)..... | 41 |

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| Capítulo 1 - Introdução | 7 |
| 1.1 Objetivo Geral..... | 8 |
| 1.2 Objetivos Específicos..... | 8 |
| Capítulo 2 – Histórico do setor elétrico e estrutura atual da indústria | 9 |
| 2.1 Reformas dos anos 90/2000: do contexto histórico ao governo FHC..... | 9 |
| 2.2 O EEG (Erneuerbare-Energien-Gesetz)..... | 14 |
| 2.3 A matriz energética atual e o discurso da competitividade econômica...19 | |
| 2.4 A quebra estrutural do setor elétrico alemão..... | 24 |
| Capítulo 3 – A tarifa feed-in e as políticas brasileiras de incentivo à energia fotovoltaica | 27 |
| 3.1 A tarifa feed-in..... | 27 |
| 3.2 Impactos da TFI na energia solar..... | 29 |
| 3.3 As principais políticas brasileiras atuais e seus efeitos..... | 31 |
| Capítulo 4 – Energia fotovoltaica: Viabilidade econômica e expectativas futuras | 34 |
| 4.1 O caso alemão da paridade de custos..... | 34 |
| 4.2 Os determinantes do preço da energia fotovoltaica..... | 35 |
| Considerações Finais | 40 |
| Referências Bibliográficas | 43 |

Capítulo 1 – Introdução

As energias renováveis são hoje assunto de intensos debates na comunidade global e de plena expansão mundial. Estes debates que se iniciaram através da busca pelos países industrializados em estarem diminuindo os seus níveis de emissão de gases poluentes hoje abordam oportunidades consideradas utópicas a dez anos atrás. Lidamos hoje com fontes renováveis, em especial as fontes eólicas e fotovoltaicas, que atingem níveis de paridade de custos com as fontes tradicionais e conseguem competir igualmente no livre mercado.

Contudo, chegar nestes resultados atuais não foi um caminho natural de avanços tecnológicos. Estes só foram possíveis através de fortes investimentos no setor e planejamentos ousados de longo prazo. Todavia, a busca constante por novas fontes de energia não é estimulada, infelizmente, tão somente pelo impulso voluntário de preservar o meio-ambiente. A realidade mostra-se mais complexa do que isto, com variáveis mais econômicas do que ideológicas. Para que a efetivação destes investimentos se torne viável, os países na linha de frente dessas tecnologias exigem rigorosas taxas de custo-benefício econômico e acima de tudo, a sua alta eficiência.

Estes custos-benefícios foram, por sua vez, antecipados para compensarem o seu maior custo com externalidades positivas. Países industrializados que promovem energia renovável diminuem a sua necessidade de adquirir certificados de emissão de CO₂, geram mais empregos e recebem apoio político. No contexto brasileiro, estes fatores, ainda que importantes, não são suficientes para que haja um esforço significativo no desenvolvimento de fontes alternativas.

O país já conta com fontes renováveis, com grande participação de Usinas Hidrelétricas. Apesar deste modelo ter sido válido até então, a realidade atual e perspectivas futuras apontam uma clara necessidade de mudança na matriz energética com mais participação de fontes alternativas, em especial a energia fotovoltaica. Neste sentido, os benefícios gerados por esta tecnologia, como a possibilidade de autossuficiência por parte das famílias e do comércio e menores encargos tarifários sobre a conta de luz, são de interesse da sociedade brasileira.

Portanto, um estudo que procura identificar as políticas mais eficazes aplicáveis para o contexto brasileiro, analisa os principais determinantes da viabilidade econômica da energia fotovoltaica e suas demais vantagens faz-se necessário.

Para atender estes objetivos, o estudo abordará o cenário atual do setor de energia tanto da Alemanha quanto do Brasil, iniciando por uma breve contextualização histórica e análise da estrutura setorial de ambos os países. Posteriormente, observar-se-á as principais políticas adotadas por ambos os países, observando seus efeitos no desenvolvimento da tecnologia de energia fotovoltaica, os principais obstáculos e suas perspectivas futuras para, por fim, abordar o caso específico da viabilidade econômica desta tecnologia e suas possíveis externalidades econômicas.

1.1 Objetivo Geral

Este estudo busca apontar as medidas mais eficazes para incentivar a energia fotovoltaica no Brasil e seus benefícios para a sociedade através da proposta de um novo modelo descentralizado do setor elétrico com participação ativa do setor residencial e comercial no processo de geração.

1.2 Objetivos Específicos

I. Analisar a estrutura do setor energético atual iniciando por uma contextualização conjuntural e identificando as falhas do atual modelo de planejamento no Brasil.

II. Pontuar as principais políticas de incentivo a energia fotovoltaica da Alemanha e do Brasil, identificando quais políticas são adaptáveis para o contexto brasileiro e os seus principais efeitos

III. Refletir sobre os impactos do preço da energia fotovoltaica no seu desenvolvimento e identificar seus benefícios fora do escopo financeiro

Capítulo 2 – Histórico do setor elétrico e estrutura atual da indústria

2.1 Reformas dos anos 90/2000: do contexto histórico ao governo FHC

Em primeiro lugar, enfatizo a relevância de se observar o caso da reforma iniciada na década de 90 pois, uma vez que estudamos políticas necessárias para que se mude a estrutura da matriz energética, precisamos saber quais erros e acertos foram cometidos no passado, e como podemos adaptá-los para o futuro. Para este fim, contextualizo brevemente sobre o histórico do setor até os anos 80 e faço uma análise da conjuntura econômica observada até a década de 2000.

A estrutura do setor elétrico que antecedeu as reformas dos anos 90 foi caracterizada pela centralização dos processos sistemáticos, em consequência da oportunidade de ganhos com economias de escala e eficiência produtiva neste setor.

Com um direcionamento à cooperação entre empresas, ante a competição, estabeleceu-se uma base de monopólios regionais de todo o processo energético, abrangendo desde a geração e transmissão até a distribuição de energia. Este modelo era ainda corroborado pela capacidade natural do país de abrigar grandes usinas hidrelétricas, como foi o caso da Usina Hidrelétrica de Itaipu.

Os princípios destas medidas refletiam as campanhas políticas da época pós-segunda guerra mundial de uma forte participação do Estado no desenvolvimento e no processo de transição de uma economia agroexportadora para uma nova economia de industrialização ^[1]. A ideia era que o Estado era o responsável de trazer o desenvolvimento através da construção de uma infraestrutura sólida que pudesse suportar o novo Brasil industrializado.

Apesar de ter sido uma política bem sucedida na época para a criação de um setor energético consistente, o alto grau de estatização das empresas aliado ao aumento da dívida contraída durante os anos 80 tornou o modelo centralizado

inviável. É neste contexto que se inicia uma crescente demanda por uma reforma do setor e quebra deste modelo de onipresença do Estado.

A partir dos anos 90, o setor elétrico apresentava diversas cicatrizes do endividamento externo e interno acumulado durante os anos 80 e demandava uma reorganização na matriz energética, com políticas de financiamento e fiscais, bem como numa margem para participação de agentes privados ^[021].

O caminho principal para a reforma do setor elétrico foi um processo intensivo de privatização, que foi iniciada pelo Plano Nacional de Desestatização e fortalecida pelo Plano Real. Além disso, diante de uma série de mudanças na matriz estrutural do país, o Ministério de Minas e Energia contratou, em 1996, uma consultoria que fora realizada pela empresa *Coopers & Lybrand*.

O estudo realizado pela empresa concluiu a necessidade de definir categoricamente as atribuições do governo como responsável pela formulação de políticas e a criação de um órgão regulador e fiscalizador independente. Neste sentido, a conclusão dos relatórios resultou na promulgação da Lei 9.427/96 que criava um órgão regulador (**Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL**), assim como reordenava as áreas de atuação separadas em quatro categorias: *geração, transmissão, distribuição e comercialização*.

Outra recomendação proposta pelo estudo e que se concretizou foi a criação do Mercado Atacadista de Energia (MAE), que também foi baseado em experiências internacionais de processos de liberalização no comércio de energia, e tinha como atribuição permitir a livre negociação de energia da matriz. Isso quer dizer que produtores de energia podem colocar à disposição de venda sua energia produzida em um mercado, e compradores de energia poderiam acessar este mercado para obter acesso a preços competitivos.

Na prática, o estudo realizado por Ferreira (2000, p. 199) ^[1] indica que a maior parte da energia consumida continuaria sendo negociada fora do MAE, através de contratos bilaterais que amenizariam possíveis volatilidades no preço da energia¹. O estudo ainda defende que, pela razão supracitada e questões

¹ Um mercado competitivo de energia elétrica poderia se tornar extremamente volátil por razões de períodos de seca que causariam escassez de energia e períodos de chuva que possibilitariam maior geração de energia e queda dos preços.

práticas, a parcela negociada no MAE atingiria apenas entre 10% e 15%. Ainda assim, caberia à ANEEL regular esses contratos bilaterais e ao Ministério de Minas e Energia e a Secretaria Nacional de Energia formular políticas de participação das empresas no mercado atacadista.

Não se exclui, no entanto, o fato de que o Mercado Atacadista de Energia apresenta estruturalmente oportunidades para a atuação de mais empresas de médio-pequeno porte no processo de todo o sistema energético, se assim os formuladores de política desejarem. É claro que este mercado possui um claro direcionamento para grandes empresas, mas o que enfatizo aqui é a raiz ideológica deste sistema, e aí encontra-se uma ferramenta valorosa para promover a inserção de novos agentes privados menores no setor, até mesmo para produtores de energia renovável.

É também interessante observar, em primeiro lugar, a dicotomia dos princípios das políticas do setor elétrico no Brasil dos anos 80 e anos 90. Se em um celebra-se a busca por eficiência através de ganhos com economias de escala com bases estruturais monopolistas e forte presença do Estado, no outro busca-se a competitividade através da separação das atividades e introdução do agente privado, para que, aí sim, se alcance a eficiência.

Em segundo lugar, a semelhança dos princípios com este novo molde de políticas do Brasil e o que vinha sendo proposto na época pela Alemanha. Mesmo que o primeiro não o faça através da promoção de energias renováveis, o que é compreensível uma vez que o Brasil se inseria em contextos históricos, geográficos e naturais completamente diferentes da Alemanha, mas o faz abrindo margem para a competitividade através da participação do investidor privado e descentralização da indústria.

Segundo Landi (2006, p. 110) ^[2], ainda sobre este estudo realizado pela *Coopers & Lybrand*, destaca-se as recomendações sobre os papéis e responsabilidades institucionais sejam claros e respeitados:

1. A ANEEL foi alvo das principais questões reforçadas ao longo do estudo onde a *Coopers & Lybrand* enfatizou a necessidade de assegurar a imparcialidade e independência da instituição para que seja possível a regulação eficaz da participação dos agentes privados no setor. O estudo

também citou sobre a missão da ANEEL de assegurar e fiscalizar o suprimento adequado de energia elétrica, confiável e a preço razoável. As recomendações abordam também a regulação ponderada de possíveis monopólios mas deixando sempre margem para um mercado competitivo sempre que esta for uma opção prática e eficiente

2. Em relação ao Ministério de Minas e Energia e Secretaria Nacional de Energia (MME/SEM) é necessário que mantenham a função de formuladores de políticas do setor de energia, mas não deixando de integrar com as políticas de outros Ministérios, bem como é função destes órgãos o acompanhamento e prevenção de comportamento anti-competitivo, gerindo as responsabilidades para os órgãos adequados: ANEEL, CADE, SDE e SEAE.
3. A consultoria também sugere a criação de Órgãos Reguladores Estaduais que contribuiriam com o processo de fiscalização, além de atender a questões locais, tais como atender a reclamações de consumidores que não possam ser resolvidos pelo PROCON estadual ou pela empresa diretamente. Cabe aos Órgãos Reguladores Estaduais prestar assistência aos Conselhos de Consumidores locais e prestar informações a ANEEL para que a mesma realize a fiscalização efetiva.

Diante de tais atribuições, a ANEEL passou a delegar suas responsabilidades para os Órgãos Reguladores Estaduais, que tinham como atribuição fiscalizar e garantir o atendimento às necessidades dos consumidores. No entanto, o que se observou foi que estas agências conveniadas possuíam uma estreita margem de atuação, sendo mais uma relação de subordinação à ANEEL do que um convênio, de fato.

Esta distorção nas atribuições das agências foi agravada por fatores político-partidários por parte do Ministério de Minas e Energia e a SEN, onde as lideranças eram eleitas, na maioria das vezes, por quesitos de estratégia e presença partidária, e menos por quesitos de capacidade técnica. Em consequência, a ANEEL teve de atuar também como definidora de políticas, causando uma completa desorganização na reestruturação do setor elétrico.

Os problemas gerados pela incapacidade das instituições administrativas de garantir investimentos no setor e fiscalizar a implantação eficiente do MAE

entram como um dos fatores responsáveis pelo maior caso de crise do setor elétrico do período: o racionamento de 2001.

Com a participação de diversos investidores internacionais no processo de privatização brasileira, os investidores financiaram boa parte de suas compras de empresas brasileiras através de empréstimos de curto prazo tomados de bancos internacionais. Posteriormente as remessas de pagamentos de amortizações e juros, assim como as remessas de lucros, geraram um peso significativo na balança cambial. O efeito colateral das privatizações sobre o câmbio, que ocorreu em paralelo às crises na Ásia e Rússia, fez com que o Real se desvalorizasse acentuadamente.

Dessa forma, dificultou-se a gestão das contas nacionais e contrair novos empréstimos demandavam cada vez mais prêmios de risco. Com o comprometimento do governo em manter o superávit primário, não houve mais a possibilidade de realizar novos investimentos cruciais no setor elétrico, uma vez que estes investimentos eram categorizados como gastos públicos.

A não realização destes investimentos impossibilitou que a Eletrobrás, *holding* de várias empresas do setor elétrico, executasse os planos decenais de expansão de seus geradores e criação de novas usinas. Somado a isto, a perda de confiabilidade do governo para atrair novos investidores regrediu a situação do setor elétrico para patamar próximo ao apresentado antes da reforma.

Neste contexto, esses desencontros resultaram nos apagões de 2001 e no racionamento de energia como consequência ^[3]. O estudo realizado por Goldenberg e Prado (2003, p. 231) ^[3] das análises deste episódio sugerem que não haveria racionamento se os planos decenais da Eletrobrás para expansão de sua capacidade de geração tivessem sido executados. O estudo ainda estima que quase 2/3 da necessidade de racionamento, sendo o fator principal, estava ligado à não implementação destas novas usinas.

Conseqüentemente, é importante chamar a atenção sobre os problemas gerados durante esse período de reforma, onde Landi (2006, p. 126) ^[2] faz a seguinte crítica:

Em suma, para um país, onde as práticas e os princípios relativos à regulação econômica foram incorporados muito mais em razão de sua

adaptação a um modelo de reestruturação copiado de um padrão internacional de desverticalização das atividades do setor, era de se esperar este tipo de distorção.

Trazendo as conclusões deste estudo para o debate sobre programas de incentivo a renováveis no Brasil e possíveis reformas do setor elétrico, é imprescindível que lembremos do caso da reestruturação do setor elétrico nos anos 90/2000 e que saibamos adaptar os modelos internacionais para a realidade brasileira. Destaca-se também a necessidade de estar crítico às atribuições dos agentes administrativos, uma vez que o âmbito político não deve pôr a competência técnica em cheque pois distorcer atribuições significa que os agentes administrativos não serão capazes de agir de forma apropriada em benefício da sociedade.

Uma vez que está entendido o processo de reforma do setor elétrico, que terminou com alguns ajustes nos anos de 2003 e 2004 após o episódio do racionamento, consegue-se compreender superficialmente como as políticas são articuladas e quais são as responsabilidades de cada órgão administrativo nos dias atuais. As lições que esse processo de reforma trouxe nos permite analisar muitos acertos e erros que o país está sujeito ao incorporar políticas replicadas no ambiente internacional e por isso é de vital importância a ser entendido.

2.2 O EEG (Erneuerbare-Energien-Gesetz)

Na mesma época em que as reformas do setor elétrico aconteciam no Brasil, um novo modelo do setor estava sendo implementado na Alemanha. A política de transição energética alemã para uma matriz com forte participação de energias renováveis fornece uma fonte interessante para análise de viabilidade econômica e política dessas tecnologias. Ademais, o país conta com uma estrutura sólida de energia solar fotovoltaica (FV), onde podemos ter uma noção das perspectivas de uma futura maturação da tecnologia, caso objective-se aplicar no Brasil.

Quando analisamos o caso alemão, está bem claro a força que o governo possui para que a matriz energética sofra uma mudança intensa. Um exemplo disto é o seu planejamento de médio prazo acerca da energia nuclear, onde o Ministério

de Economia e Energia (BMWi) já desligou suas oito mais antigas usinas nucleares e planeja, até 2022, desligar as nove restantes [4]. A decisão de terminar com o uso de energia nuclear foi uma resposta ao desastre de Fukushima, uma vez que o risco de um acidente de tais proporções torna o método inviável.

Porém, a mudança na matriz energética deu-se início bem antes do desastre de Fukushima. Em 2000, a Lei de Energia Renovável ou, como chamarei aqui neste trabalho, o **EEG** (*Erneuerbare-Energien-Gesetz*) veio como um substituto ao anterior “*Electricity Feed-in Act*” ou “*Stromeinspeisungsgesetz*”, que fora criado em 1991 com ideias similares, através de uma reforma proposta pelo novo governo eleito em 1998.

O EEG é um marco na história da energia elétrica Alemã. A lei consolidou planos ousados para substituir a matriz energética do país, o que incluía não somente benefícios para energia eólica, como seu antecessor, mas passava a legislar sobre várias fontes de energia renovável como eólica, fotovoltaica, geotérmica, maremotriz e biomassa. Além disso, é o ponto de partida para entendermos as políticas de energia renovável na Alemanha. A proposta é direta: a promoção de energia renovável e eficiência energética. Esses são os pilares fundamentais do programa, coordenando os objetivos e políticas mais específicos para diversos setores, como exposto no relatório do Ministério de Economia e Energia [4]:

In the case of renewable energy objective, these are proportion of renewable energy in the transport sector, heating and electricity consumption. In the context of the energy efficiency objective, they are the reduction of electricity consumption, the reduction of final energy consumption for heating in buildings, the reduction of final energy consumption in the transport sector and – derived from these goals – an increase in energy productivity overall.

Em termos de resultado concreto, a Alemanha almeja diminuir a emissão de gases de efeito estufa em, no mínimo, 40% até 2020 e em, no mínimo, 80% até 2050[4]. Ademais, diminuir a dependência de importação de energia, consumo de petróleo, gás e outros insumos de combustíveis fósseis para produção de energia podem se apresentar como externalidades positivas. O EEG busca explorar estas oportunidades através da maior participação dos edifícios,

pequenos negócios e casas no processo de fornecimento de energia², diminuir a dependência de usinas que utilizam combustível fóssil ao passo que substitui a produção de energia nuclear por outras fontes até 2022, como supracitado.

Estes valores vão, inclusive, além das expectativas mundiais. Pode-se mencionar, por exemplo, o alvo estabelecido pelo Protocolo de Quioto de reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 21% até 2012 comparado aos níveis de 1990, onde a Alemanha havia reduzido cerca de 24% até o ano estipulado. Além disso, os objetivos das nações europeias esperam uma redução de 20% de emissões até 2020 e, pelo menos, 40% até 2030 comparado aos níveis de 1990, este último é esperado ser alcançado pela Alemanha já em 2020, como visto anteriormente [4].

Atualmente, resultados significativos foram alcançados para a transição de energias fósseis/atômicas para energias limpas, tornando o EEG um dos projetos de maior influência do país. Segundo relatório do BMU [5], publicado em julho de 2007, alguns resultados expressivos atingidos até então eram:

(1) Em 2006, cerca de 230.000 empregos estão relacionados à energia renovável no país, sendo pelo menos 130.000 diretamente ligados ao EEG. (2) Até 2006, a emissão de 45 milhões de toneladas de CO₂ foram preservadas, o que evitou um custo de 3.4 bilhões de euros (para compra certificados de emissões de poluentes e materiais para produção de energia) se a eletricidade tivesse sido gerada por usinas de combustível fóssil. (3) Em 2000, as fontes renováveis participaram de 6% do consumo total de energia no país. Esta participação era de 12% já em 2006. O relatório considera que em 2020 essa participação de energias limpas será de 27%, e até 45% já em 2030.

Analisando o desenvolvimento da participação dos diferentes tipos de energia, uma pesquisa da Associação Fraunhofer [6] evidencia a evolução das fontes renováveis após a implementação da Lei (**Figura 1**). Apesar disso, os combustíveis fósseis permanecem com grande participação na produção elétrica, o que pode ser um entrave. Se livrar de uma fonte nuclear, como planeja o governo, ao passo em que promove fontes renováveis e diminui a dependência

² Através de placas FV instaladas nestes locais e estímulo de pequenos produtores locais de energia eólica, fotovoltaica e hidráulica

de combustíveis fósseis pode se provar uma manobra difícil para se lidar de uma só vez. É de se esperar que os combustíveis fósseis permaneçam em níveis estáveis pelo menos até que a fonte nuclear seja substituída por fontes renováveis.

Ainda referente aos combustíveis fósseis, é compreensível que incentivos à energia limpa sejam mais expressivos na Alemanha quando comparado ao Brasil. As fontes de geração que utilizam carvão e energia nuclear são expressivas, justificando os grandes esforços da Alemanha para mudar este cenário. A composição da matriz energética brasileira, como veremos mais a frente, também justifica o grau de atenção dado para fontes alternativas.

No entanto, as mudanças favoráveis à produção por fontes renováveis apresentam resultados além das expectativas. A energia eólica gerando 16 TWh em 2002 passou a gerar 85 TWh em 2015, um aumento de cinco vezes. Biomassa e solar também apresentam resultados consideráveis. Referente a solar, vale ressaltar que teve o maior aumento na geração de eletricidade dentre todas as energias. Este aumento de 0,16 TWh em 2002 para 36,58 TWh em 2015 deu-se majoritariamente pelo crescimento de instalações, lideradas por programas governamentais como o EEG e o *100.000-Roof Program*³.

Ademais, cabe observar o declínio da produção de energia por usinas de urânio, estando de acordo com as propostas de 2011 do governo alemão de fechar todas as usinas nucleares até 2022 em resposta aos protestos ocorridos no país após o acidente de Fukushima, este declínio pode ser observado em mais detalhes na **Figura 2**.

³ Sucedendo o seu programa anterior *1.000-Roof Program*, o *100.000-Roof Program* foi uma medida do governo alemão adotado em 1999 para acelerar o processo de crescimento de energia FV, dado que o EEG ainda estava para ser implementado e levaria certo tempo para atingir resultados significativos. O programa oferecia crédito com juros abaixo do mercado para instalações de 100.000 painéis fotovoltaicos, tendo sido concluído em 2003^[Renewable_Electricity_Policy_on_Germany]

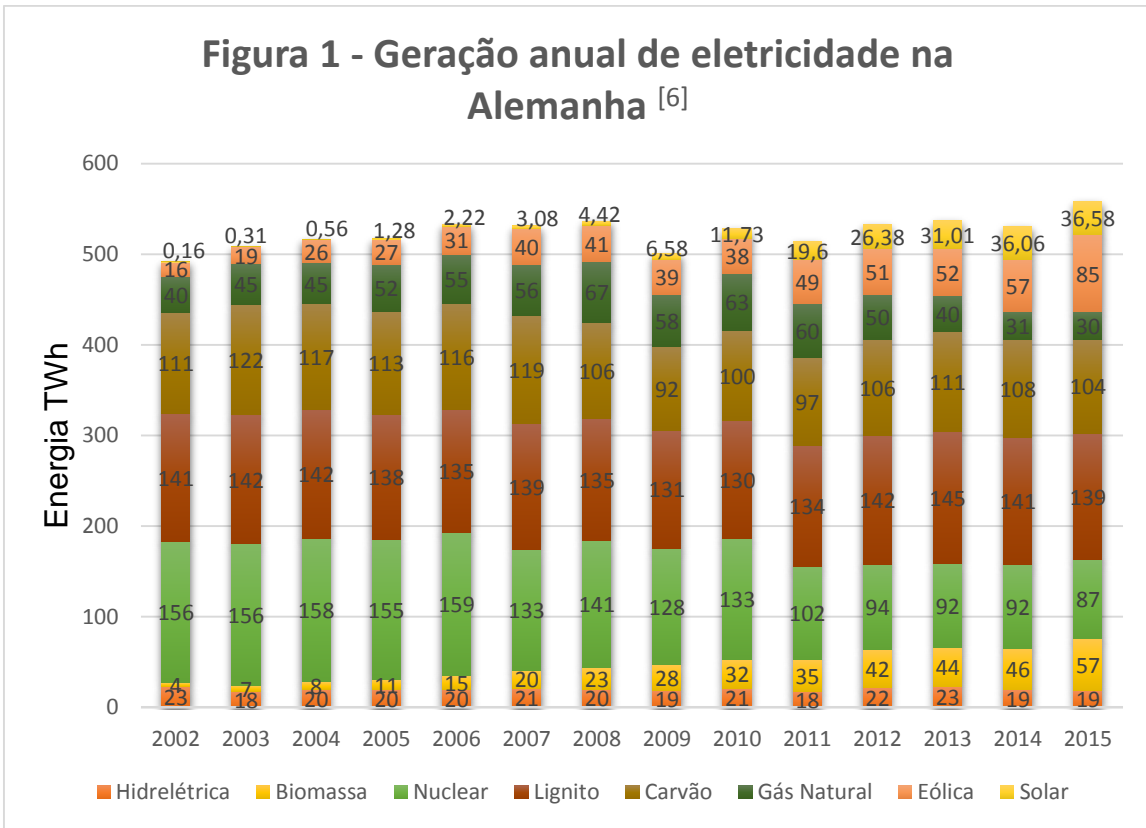


Figura 1 – Fonte: *Energie Charts – Fraunhofer ISE 2015*

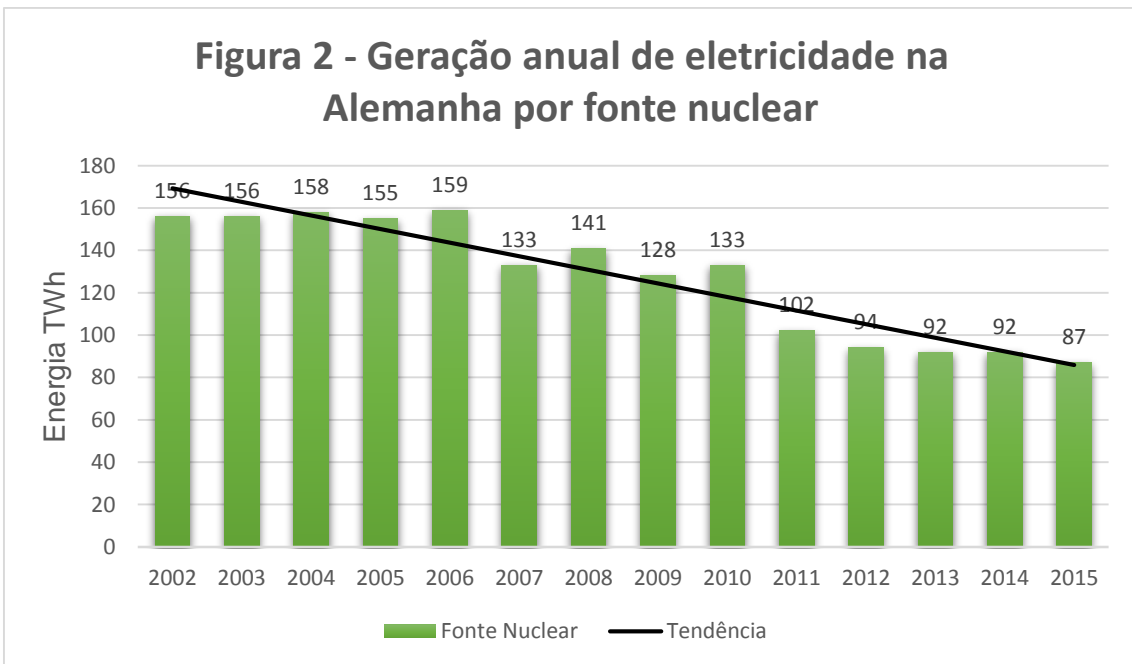


Figura 2 – Fonte: *Elaboração própria com base nos dados da Figura 1*

2.3 A matriz energética atual e o discurso da competitividade econômica

Um outro tópico crucial a ser esclarecido para que se entenda as perspectivas de fontes renováveis no futuro se inicia na análise do estado atual do setor elétrico brasileiro. Nossa matriz energética pode ser entendida através da observação do próximo gráfico (**Figura 3**).

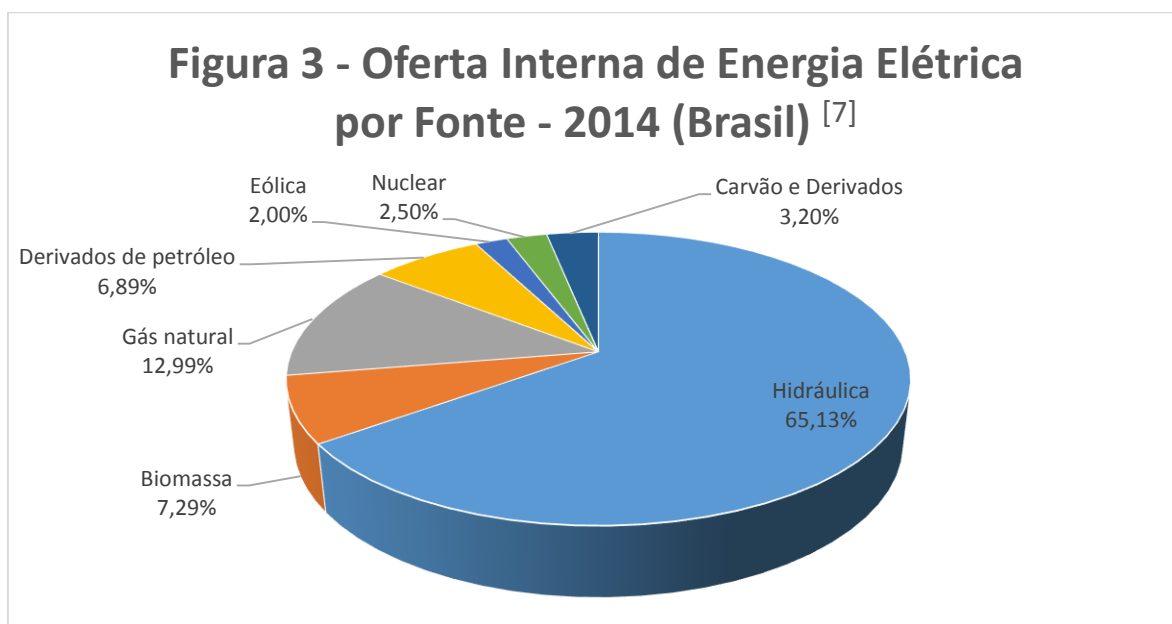


Figura 3 – Fonte: Balanço Energético Nacional 2015- MME

Fica em destaque a participação excessiva da fonte hidráulica (geradas por Usinas Hidrelétricas e Pequenas Centrais Hidrelétricas), e é importante observar este assunto de forma cuidadosa. Embasados na teoria de que as hidrelétricas possuem no contexto brasileiro maior competitividade, oferta de materiais e conhecimento técnico e, reforçando seus argumentos ao enfatizar que a força hidráulica é uma fonte limpa e renovável, o planejamento do governo sempre se deu em prioridade da construção das hidrelétricas.

Seguindo esta linha de raciocínio, os planos do Ministério de Minas e Energia para os próximos anos, no Plano Nacional de Energia 2030 [8], identificaram um potencial hídrico não-aproveitado de cerca de 174 GW, com uma parcela de 98 GW já sendo aproveitada até o ano de 2015 devido aos projetos e construções em andamento. O plano ainda busca explorar o resto dos 76 GW até 2030 com

a construção de mais centrais hidrelétricas como estratégia principal do setor de energia brasileiro.

Isto quer dizer que, segundo as próprias estimativas do Ministério de Minas e Energia, a energia hidráulica, que incorpora hoje mais de 60% de toda a capacidade instalada ^[7], continuará sendo responsável por parcela similar no ano de 2030 de acordo com os planos governamentais.

Esta atenção prioritária de explorar o potencial hídrico brasileiro infere numa série de problemas e críticas. Em primeiro lugar, o benefício marginal da construção de novas hidrelétricas já não torna atrativo o início e a continuação de muitos projetos atuais, uma vez que estes passam agora a desempenhar prejuízos socioambientais irreversíveis e, não menos importante, com viabilidade econômica contestável, como é o caso da Usina Hidrelétrica de Belo Monte ^[9].

Em segundo lugar, a alta dependência de hidrelétricas alimenta a vulnerabilidade do abastecimento de energia para variações climáticas. Dois anos ou três com escassez de chuvas podem resultar no baixo aproveitamento da capacidade hídrica, causando um desfalque na oferta de energia e resultando em situações possivelmente catastróficas, inclusive correndo o risco de novos episódios de racionamento. A título de exemplo, Itaipu possui cerca de 60% de energia assegurada de sua capacidade total em épocas de seca ^[10] enquanto Belo Monte possui somente 40% ^[11] ^[12]. A dependência dos níveis fluviais para operar as usinas em capacidade máxima cria a necessidade por uma diversificação de fontes de energia. A diversificação de fontes energéticas se converte em controle destes riscos e assegura uma geração de eletricidade estável, o que nos leva para o terceiro ponto.

Em terceiro lugar, não se observa no componente atual uma participação minimamente significativa de fontes renováveis. Com exceção da biomassa e hidráulica, outras fontes com fortes potenciais futuros como a eólica e solar são insignificantes, principalmente no que concerne a energia solar, onde não chega a ser responsável por 1% da produção de energia, tendo uma capacidade instalada de 0,02 GW ^[13] ante 38.124 GW da Alemanha ^[14].

Em comparação, a **Figura 4**, que demonstra o caso alemão, apresenta uma matriz mais diversificada, com uma geração de eletricidade estável e pouco vulnerável a variações climáticas, o que corrobora o segundo e terceiro ponto⁴.

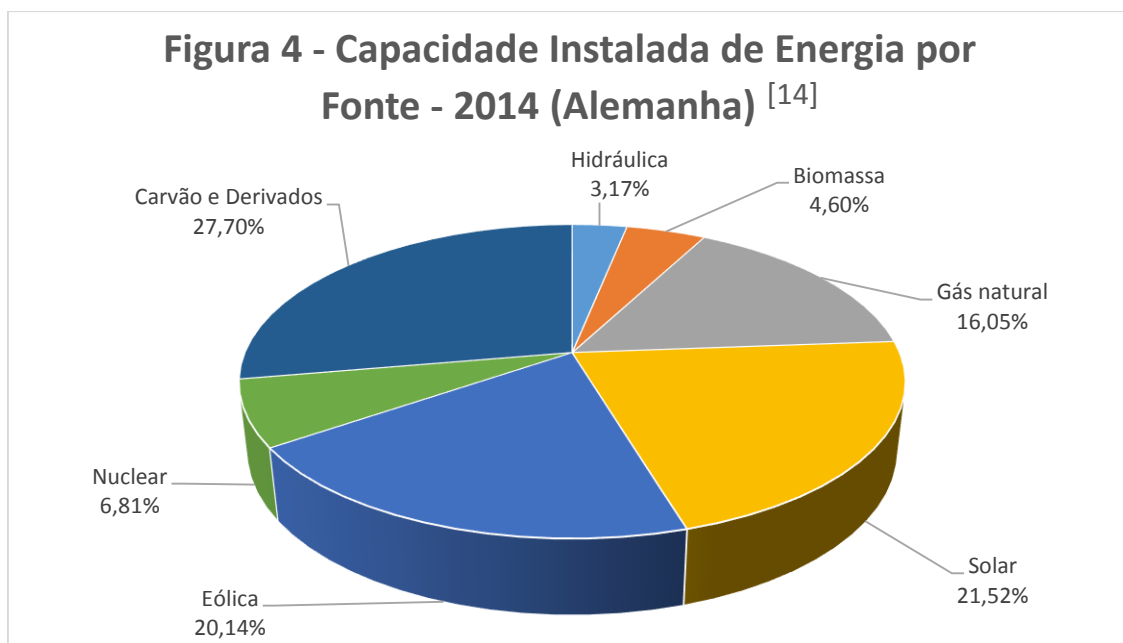


Figura 5 – Fonte: Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE - 2014

Em quarto lugar, como a maior parte dos projetos de UHE ficam concentrados na região norte, fica inviabilizado a eficiência na transmissão de energia. A transmissão de energia elétrica do norte até as grandes cidades brasileiras concentradas na região sudeste/sul agregam custos operacionais significativos, acentuando a discussão do benefício econômico destes projetos.

Ademais, deve-se levar em consideração que um sistema de transmissão mais extenso e afastado dos consumidores efetivos acentuam perdas técnicas de energia, este assunto é tratado no relatório de Oriana Rey (2012, p. 41) ^[15] sobre o sistema de transmissão de energia:

Ocorre que um problema ainda mais grave está ocorrendo no sistema de energia elétrico brasileiro e este, diferentemente dos apagões, não é perceptível diretamente para a população brasileira, trata-se de significantes perdas de energia nas linhas de transmissão, agravadas

⁴ Apesar de estarmos utilizados medidas comparativas diferentes (Capacidade Instalada x Oferta de energia), enfatiza-se que no Brasil a capacidade instalada não distingue-se da estrutura de oferta de energia em proporções suficientes para invalidar a comparação. A tabela de capacidade instalada brasileira encontra-se disponível em [Balanço2015]

ainda mais com a estratégia do governo em realizar a geração de energia cada vez mais distante de grandes cidades.

Em quinto lugar, a participação emergencial de termoeletricas quando há falta de chuvas ou quando as hidrelétricas não conseguem acompanhar a demanda é outro problema derivado da alta dependência da energia hidráulica. Estes recursos emergenciais geram pesados encargos no preço final da luz. Em um cenário onde as hidrelétricas não conseguem ofertar energia suficiente, a matriz energética é forçada a utilizar fontes mais caras e que consomem combustíveis fósseis (com exceção da biomassa).

A utilização constante destes recursos resultou na criação do sistema de bandeiras tarifárias pela ANEEL ^[16], o que reflete a falta de opções para substituir este sistema ineficiente de termoeletricas. Com as famílias e pequenas empresas sendo responsáveis por arcar com boa parte dos custos do sistema atual através das bandeiras tarifárias, enfatizo a importância de planejamentos que atendam diretamente estes agentes econômicos.

Como pode ser observado na **Tabela 1**, as famílias e comércio são responsáveis por 41,92% do consumo total de energia elétrica, o que demonstra uma oportunidade de estudar novas políticas alternativas no abastecimento de energia. Esta importância é, naturalmente, corroborada por todas as críticas anteriormente mencionadas.

Tabela 1 – Consumo de Eletricidade por Setor – 2014 (Brasil) ^[17]

| Setor | Consumo (GWh) | Consumo (%) |
|--------------------------------------|----------------------|--------------------|
| <i>Setor Energético</i> | 31.157 | 5,86 |
| Residencial | 132.049 | 24,86 |
| Comercial | 90.619 | 17,06 |
| <i>Público</i> | 42.648 | 8,03 |
| <i>Agropecuário</i> | 26.735 | 5,03 |
| <i>Transportes</i> | 1.941 | 0,36 |
| <i>Industrial</i> | 205.932 | 38,77 |
| Consumo Total de Eletricidade | 531.081 | 100 |

Tabela 1 – Fonte: Balanço Energético Nacional 2015- MME

Como promoção de políticas para energias renováveis, defendo a ideia de que as famílias e o comércio são os maiores beneficiários de um sistema autossuficiente e são os alvos ideais para a promoção de tais políticas. O objetivo é criar um cenário onde elas sejam capazes de gerar a energia de consumo próprio, resultando na queda da demanda por energia da matriz central.

Voltando a falar sobre o Plano Nacional de Energia 2030, o argumento de que investir prioritariamente em fonte hidráulica por razões de vantagens competitivas, conhecimento técnico ou relação de custo-benefício é questionável. Vale lembrar que em nenhum momento da primeira década de implementação do EEG as fontes renováveis, com ênfase na energia solar e eólica, eram viáveis economicamente, ou possuíam vantagens competitivas. Haviam, neste caso, externalidades positivas favoráveis, investimentos de longo prazo consistentes, acúmulo de conhecimento técnico sobre novas tecnologias e promoção de inovações em um novo campo tecnológico.

Além disso, não há atualmente um programa expressivo de conscientização ao uso moderado de energia ou uma busca por eficiência energética. O EEG mais uma vez entra em contraste com esta ideologia, uma vez que um de seus principais objetivos é aumentar a eficiência no consumo de energia. Objetivo, no qual, tem tanta importância quanto o fato de promover as energias renováveis.

As famílias e o comércio, neste caso, poderiam ser beneficiados com sistemas autossuficientes. No pior cenário, de inviabilidade econômica destas tecnologias, um programa de incentivo ao uso da energia solar para aquecimento de água seria de grande alívio sobre o consumo familiar. Neste caso, os *boilers* solares são inclusive mais práticos que sistemas fotovoltaicos por serem mais acessíveis e terem a capacidade de reduzir significativamente o consumo de energia das famílias ao substituir o chuveiro elétrico.

Complemento a análise deste contraste ideológico entre as políticas alemãs e brasileiras lembrando da questão da energia nuclear. No primeiro caso, há um abandono e desligamento dessa fonte devido ao risco inerente de catástrofes em escala internacional, além dos custos operacionais contínuos de aquisição de urânio e tratamento de resíduos radioativos. No segundo caso, sob o mesmo argumento de competitividade econômica, o governo brasileiro planeja ampliar

a capacidade instalada para, no mínimo 4 GW, podendo alcançar até 8 GW [8]. Hoje, este valor gira em torno de 2 GW [13]. Ou seja, enquanto os países desenvolvidos seguem um trecho de abandono da tecnologia, o Brasil segue a direção contrária, com planos de dobrar ou até quadruplicar a produção nuclear.

Em conclusão, cabe ressaltar que o modelo atual de expansão do setor elétrico segue um caminho contrário ao futuro, focado em tecnologias aproveitadas em excesso ou tecnologias ineficientes, como é o caso da nuclear e termoeletrica. Muito discute-se nos planos governamentais o potencial hídrico não aproveitado, ao passo que pouca atenção é dada ao fato de que o Brasil tem potencial de se tornar um dos maiores produtores mundiais de energia eólica e solar do mundo dado as condições climáticas, geográficas e extensão territorial [18].

2.4 A quebra estrutural do setor elétrico alemão

A indústria de energia na Alemanha é composta majoritariamente por quatro grandes empresas: E.ON, RWE, EnBW e Vattenfall. Essas empresas possuem forte presença tanto na distribuição como geração de energia. Este fato vai de acordo com as premissas econômicas de mercados de monopólios naturais, onde o mercado de energia se beneficia mais possuindo poucas empresas atuantes. Como descrito por Robert S. Pindyck (2010) [19], quando há grandes economias de escala na produção, obtendo uma curva de custo médio decrescente mais atrativa em comparação com a existência de duas empresas competindo naquele mercado, é mais eficiente que somente uma atue como monopolista. Esta empresa monopolista pode ser, então, regulada pelo governo ou Órgãos de Mercado. O setor energético é muitas vezes representado por esta estrutura de mercado, uma vez que é possível obter economias de escala atrativas com grandes empresas atuando no processo energético.

No entanto, as fontes renováveis vêm apresentando uma direção oposta, invertendo estas premissas. Sobre os efeitos do EEG, 41% da capacidade de geração de energia elétrica atualmente provém de fontes renováveis [20]. Isso quer dizer que existe uma *quebra* nesta estrutura de mercado, com a participação maior de pequenas-médias empresas e produtores individuais. A composição dos participantes da matriz energética é totalmente diferente quando comparamos fontes renováveis e fontes tradicionais. Com esta

composição, uma pequena casa ou prédio pode atuar como fornecedor de energia para a sua região, dependendo menos das grandes empresas.

O que permitiu isso foi uma recente alteração nas leis vigentes sobre o setor energético referente a separação das atividades de atuação. Assim como na reforma do setor elétrico brasileiro, leis europeias foram implementadas criando uma separação de todo o processo de geração até o fornecimento da energia em atividades distintas: as atividades de geração, transmissão, distribuição e comercialização. Não entrarei em detalhes da função de cada uma delas, pois o essencial a ser compreendido é que esta separação impede que empresas atuantes em um setor possam atuar ao mesmo tempo em outro, ou tenham sua participação limitada por questões legais. Ou seja, uma grande empresa de geração de energia elétrica irá atuar somente no setor de *geração*, e sua participação na *distribuição* será limitada, seja pela necessidade de criar uma outra empresa vinculada à primeira, por encargos tributários desvantajosos ou limitações legais de atuação.

Essa separação permitiu que mais empresas atuassem nos diversos setores. Como as quatro grandes empresas de energia elétrica possuem atuação limitada, as empresas menores conseguem encontrar oportunidades para estar atuando na matriz energética. Um exemplo é o sistema de distribuição, composto por cerca de 900 operadores que atendem 20.000 municípios, sendo mais de três quartos de todas as empresas de distribuição composto por empresas de pequeno-médio porte que atendem até 30.000 clientes.

No caso alemão, ainda há muito trabalho a ser feito para que a separação das atividades funcione da maneira ideal. Os sistemas de distribuição, geração e comercialização ainda possuem forte participação das quatro grandes empresas. Isso quer dizer que três dos quatro setores da indústria de energia ainda possuem cerca de metade da participação no poder de quatro empresas. Por outro lado, este fato pode ser visto positivamente pois significa também uma diminuição do poder de mercado destas empresas pela metade, desde a implantação do EEG. ^[20]

Em resumo, podemos notar que as políticas de separação dos setores de energia criam oportunidades para que o mercado seja mais uniforme, composto

por mais empresas menores e garantam um grau de concorrência competitivo, conseguindo quebrar com as premissas econômicas de uma indústria de monopólio natural. Esta mudança é citada pelo artigo da Agora Energiewende [20]:

The retail market in Germany has grown increasingly competitive since retail competition was introduced in 1998. However, the percentage of switching from traditional suppliers for non-industrial customers was relatively low in the beginning. More recently, retail competition has been increasing, and in 2012 about 20 percent of household customers had a contract with a competitive (i.e., not default) supplier.

Capítulo 3 – A tarifa *feed-in* e as políticas brasileiras de incentivo à energia fotovoltaica

3.1 A tarifa *feed-in* ^[21] ^[22]

Com uma política tão bem sucedida, é natural ver outros países adotando medidas similares, estudando o exemplo alemão, reinventando suas próprias versões do EEG. Seria pretensioso assumir, todavia, que as fontes de energia renovável são justamente competitivas e viáveis economicamente. Quase todas as fontes renováveis possuem custos diretos mais elevados do que as fontes tradicionais, e esse custo é um fator importante a ser levado em conta na elaboração de políticas.

Porém, quando pensamos em custo, este pode ser contra balanceado com os outros benefícios diretos e indiretos, como a criação de mais empregos, controle das emissões de CO₂, autonomia de geração de luz elétrica para famílias e menor demanda de importação de energia e combustíveis fósseis. De fato, as externalidades positivas de implantar fontes renováveis conseguem por si só contrabalancearem esta adversidade.

Mas, tratando especificamente de custos diretos, o EEG precisa compensar esse valor adicional de promover energia renovável de maneira que torne-a um investimento tão, ou mais, interessante quanto outros. Ademais, para o pequeno-médio produtor as externalidades positivas e benefícios econômicos de longo prazo pouco servem de estímulo para que ele passe a investir no setor.

É através da **tarifa *feed-in*** que a promoção dessas energias se torna possível, sendo o mecanismo principal de regulação sobre as energias renováveis não só na Alemanha, mas como também em todos os países que o adotam, como Canadá, Austrália, Itália, China e Japão. Consequentemente, o caso alemão da tarifa, que aqui abrevio de **TFI**, é o exemplo que uso neste trabalho para propor possíveis adaptações para o contexto brasileiro.

A TFI alemã funciona da seguinte maneira: ela é um tipo de subsídio que beneficia o produtor de energia renovável através de um contrato de longo prazo, geralmente 20 anos, entre o governo e o produtor de energia. O produtor recebe durante o período do contrato uma tarifa fixa (um incentivo financeiro) de acordo

com cada unidade de eletricidade que é produzida e é alimentada na rede energética. O objetivo desta tarifa é compensar quem gera e vende energia renovável por possuírem em primeiro momento custos mais elevados do que as usinas tradicionais.

O valor do incentivo é variável e como base de cálculo a TFI leva em consideração o tipo de fonte renovável, os custos para a produção, a margem de possibilidade para inovação de dada tecnologia e outros fatores. A título de exemplo, empresas que trabalham com geração de energia eólica receberão menos da tarifa, pois demandam um custo menor de implantação e operação, ao passo que os produtores de energia fotovoltaica terão acesso a maiores incentivos, uma vez que seus custos tecnológicos são maiores no momento.

Na outra via, consumidores finais são os financiadores da TFI através do pagamento de um imposto sobre a energia elétrica consumida, o chamado **EEG-surcharge** ou sobretaxa-EEG. O EEG separa e categoriza as diversas camadas de consumidores finais (empresas, pequenos negócios, famílias, etc.), cobrando diferentes valores para diferentes categorias.

Ponderar a cobrança da *EEG-surcharge* sobre as diversas camadas econômicas é um mecanismo essencial para criar incentivo aos investimentos nas energias renováveis, proteger as empresas que atuam no mercado internacional e estar, em certo nível, controlando o nível de preços. A título de exemplo, uma sobretaxa alta para empresas que demandam muita energia para produzir e conseqüentemente possuem o preço da eletricidade como fator vital para a determinação de seus preços pode gerar danos na competitividade internacional destas empresas. Por isso, as indústrias altamente intensivas em energia e os operadores de energia renovável ou pequenas usinas de fontes tradicionais que consomem a própria energia que produzem estão isentos da *EEG-surcharge*. Neste último caso, a isenção passa a atuar como um estímulo às famílias ou pequenos edifícios a estarem buscando produzir e consumir a sua própria energia.

Dessa forma, o objetivo da TFI é estimular o produtor a estar investindo constantemente na expansão da tecnologia, aumentando a produtividade e diminuindo os custos, pois dentro de 20 anos, o seu contrato irá acabar e o

produtor não receberá mais os benefícios da **TFI**. Para tanto, a tarifa é decrescente com o passar dos anos, o que cria a necessidade dos produtores em buscarem maneiras para que a produção de energia continue sendo um negócio viável e que suas fontes renováveis sejam competitivas com as fontes tradicionais.

3.2 Impactos da TFI na energia solar

O desenvolvimento da energia solar sempre gerou pesados encargos para o governo alemão e os consumidores de energia elétrica. A título de exemplo, o custo médio da TFI em 2013 era por volta dos 32 €/ct/kWh ^[23]. Um nível de subsídio considerado alto em comparação com as outras energias. Contudo, é importante notar que quando tratamos de custo médio, incorpora-se no cálculo as instalações e usinas fotovoltaicas mais antigas, que possuem custos maiores e demandam mais subsídios, além destas representarem grande parte da geração total de energia solar.

Dessa forma, quando planejamos as futuras expansões da energia fotovoltaica, este valor é irrelevante e não deve ser decisivo para a análise da viabilidade econômica no Brasil. O que deve-se atentar, neste caso, é o valor de subsídio necessário para novas usinas que estão começando suas operações na atualidade, pois estas refletem os reais custos de se implementar tal tecnologia em dado período. Neste contexto, um relatório da Fraunhofer Institute (2015) ^[23] enfatiza o sucesso da TFI em diminuir os custos relativos da energia fotovoltaica e fazendo uma comparação atual com a energia eólica:

Depending on their size and type, plants going into operation, for example, in June 2015, receive between 8.59 and 12.40 €-cts/kWh for at least 90% of the total electricity they produce over the following 20 years. In comparison, power generated by offshore wind farms has received up to 19 €-cts/kWh since 2012

Isso significa que o valor pago da TFI para energia FV está sendo reduzida de forma mais acelerada do que qualquer outro tipo de energia. Ainda segundo a pesquisa, novas usinas fotovoltaicas de larga escala já atingiram a paridade com

a rede elétrica⁵ em 2011 e pequenas instalações de placas nos telhados também atingiram esta paridade em 2012 [23]. Alcançar esta paridade representa um grande marco para a energia fotovoltaica pois significa que ela pode se difundir consideravelmente sem demandar subsídios ou qualquer tipo de suporte governamental. É também um grande contraste com a situação da energia solar no começo dos anos 2000 onde foram necessários diversos programas governamentais como o *100.000-Roof Program* e benefícios prioritários no EEG, e agora atinge um nível autônomo para se desenvolver.

E de fato foi o que aconteceu. Essa queda constante no preço da energia solar e o marco da paridade com a rede elétrica resultou em quedas constantes da TFI, como supracitado, mas, por outro lado, também levou a um crescimento desenfreado de instalações de painéis fotovoltaicos.

Na verdade, a difusão da tecnologia passou a ser tão acelerada neste período que se tornou difícil de prever a expansão, forçando o governo a fazer ajustes nos valores da TFI e limitar novas instalações de painéis fotovoltaicos. É importante atentar que esse controle sobre a difusão da FV é importante pois permite espaço para que outras tecnologias também se desenvolvam. Os resultados já foram visíveis no ano seguinte, com a redução de 55% de novas instalações de painéis em relação ao ano anterior [23].

Em conclusão, com a redução dos valores das taxas de *feed-in*, restrições burocráticas para instalações de novos painéis e o plano de finalizar com as remunerações da TFI para novos sistemas fotovoltaicos uma vez que a capacidade instalada chegue ao nível de 52 GW garantem para o governo alemão uma banda de gastos com subsídios previsíveis. De acordo com o relatório da Fraunhofer Institute (2015) [23], o gasto com a TFI está limitado entre 10 e 11 bilhões de euros por ano na Alemanha.

⁵ *Grid parity* ou, como assim traduzi, *paridade com a rede elétrica* é o ponto no qual uma fonte de energia renovável é capaz de produzir energia com um custo nivelado de energia igual ou menor do que o custo de adquirir energia da matriz através de fontes tradicionais.

3.3 As principais políticas brasileiras atuais e seus efeitos

Pela composição da matriz energética de fontes consideradas limpas, a discussão acerca da introdução de novas fontes renováveis pareceu passar batida ao avaliar a formulação de políticas do setor elétrico. Mas ainda assim, há políticas de incentivo, ainda que não sejam nenhum projeto de médio-longo prazo expressivo de relevância nacional como o EEG. Para iniciar a análise da energia fotovoltaica no Brasil, observaremos primeiro as principais políticas atuais de incentivo.

Um estudo proposto Silva (2015, p. 8-15) ^[24] agrega as medidas e políticas do governo mais relevantes referentes ao tema. Trazendo os principais pontos, o autor enumera:

- a) Programa Luz para Todos (LPT) que instala painéis solares em comunidades, mesmo que estas não estejam integradas no Sistema Interligado Nacional (SIN).
- b) Desconto de 80% na Tarifa de Uso dos Sistemas de Transmissão (TUST) e na Tarifa de Uso dos Sistemas de Distribuição (TUSD) para pequenos empreendimentos de geração elétrica. A partir do 11º de operação de usinas solares e empreendimentos que comecem a operar em 2018 esse desconto será de 50%.
- c) Venda Direta a Consumidores: os produtores de fontes alternativas possuem permissão para comercializarem energia elétrica sem intermediações das distribuidoras. No lado do consumidor, este é beneficiado pelo desconto na TUSD (uma vez que a intermediação das distribuidoras é inexistente), o que estimula o consumidor a procurar novos fornecedores de energia.
- d) Sistema de Compensação de Energia Elétrica para a Microgeração e Minigeração Distribuídas: Os consumidores possuem o direito de fornecer a energia produzida para a rede distribuidora que estão conectados, se assim desejarem e se respeitados os procedimentos técnicos da ANEEL.
- e) Operações que envolvam equipamentos de células fotovoltaicas e empreendimentos eólicos estão isentos do Imposto sobre Circulação de

Mercadorias e Serviços (ICMS). No entanto, esta isenção não abrange os todos os equipamentos de geração solar, como inversores e medidores.

- f) Leilões de aquisição de energia reserva com participação exclusiva da energia solar ou leilões de fontes renováveis as quais a energia solar possui direito de participar
- g) Outras isenções fiscais, acesso a empréstimos com juros reduzidos e fundos de investimento estatais

Observa-se que, de fato, há políticas interessantes de incentivo à energia fotovoltaica. Cabe lembrar que muitas dessas políticas de isenção fiscal ou direitos são inerentes à Microgeração de energia. Por exemplo, o Sistema de Compensação de Energia Elétrica e Venda Direta a Consumidores é um direito intrínseco neste novo modelo descentralizado.

As isenções fiscais e descontos tarifários, como isenção do ICMS e descontos na TUST e TUSD, somados aos leilões exclusivos podem ser considerados os métodos mais eficazes de promoção da energia solar dessa lista porque consolidam uma demanda mínima que atraia investidores para o setor. A inserção de novos agentes privados no setor é importante, principalmente, por dois motivos:

- 1) Uma das maiores barreiras referentes a energia solar seriam os altos preços de instalação dos módulos fotovoltaicos ^[25]. Uma demanda consolidada e forte ajudaria as empresas de instalações a reduzirem os seus preços, possivelmente alcançando o nível de *Grid Parity*.
- 2) Presença em todo o processo da cadeia produtiva. Atualmente o setor fotovoltaico brasileiro caracteriza-se pela presença apenas nas extremidades da cadeia produtiva e pouco direcionada para o mercado interno ^[033], como pode ser observado na **Figura 5**. A consolidação da demanda certamente tornaria atrativo investimentos nesses níveis inexplorados da cadeia produtiva.

Ainda que as políticas de consolidação de mercado, tais como a isenção do ICMS e descontos na TUST e TUSD, possam diminuir o nível de preços, estas políticas inferem somente nos preços atuais e crescimento de capacidade instalada. É claro que estes fatores são cruciais para incentivar energias

renováveis. Porém, se for de interesse para os planejadores de políticas de energia renovável, a estratégia exige ir além destes limitados recursos de curto prazo.

Figura 5 – Cadeia brasileira simplificada da produção de módulos FV

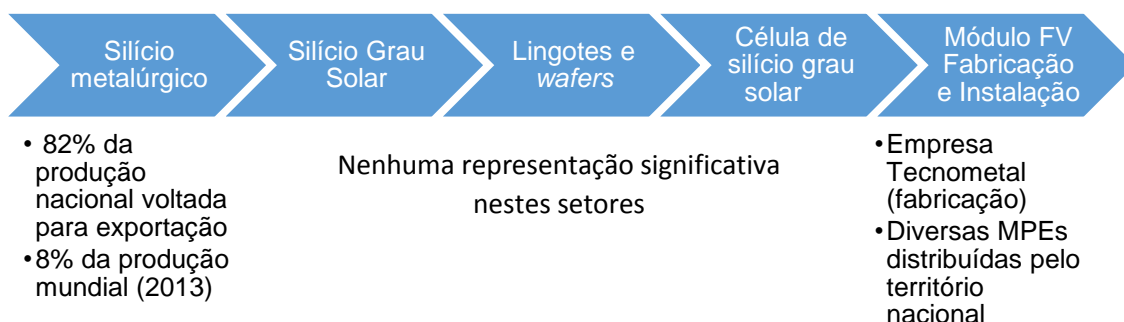


Tabela 1 – Fonte: Elaboração própria com base nos dados de Carvalho et al (2014, p. 223) [25]

Portanto, a visão dos planos de incentivo deve ser voltada para o médio-longo prazo, favorecendo a redução constante dos preços de fontes alternativas e busca de métodos de eficiência energética. O exemplo da TFI decrescente analisado anteriormente, com prazo de validade máximo de 20 anos, pode ser a ferramenta ideal para seguir este caminho.

Estes valores somados às políticas eficazes que já são realizadas, como os leilões, incentivos fiscais e isenções tarifárias, compõe o método mais eficaz de consolidar a energia solar competitivamente.

Vale lembrar que não há atualmente um programa do governo relevante ao tratar do racionamento energético.

Em conclusão, observa-se nestas medidas referentes a energia solar uma intenção modesta quando comparadas com a magnitude dos projetos de energias hídricas, nucleares e termoeletricas. De fato, os incentivos a fontes renováveis atuais mostram-se insuficientes para garantir a disseminação da tecnologia.

Capítulo 4 – Energia fotovoltaica: Viabilidade econômica e expectativas futuras

4.1 O caso alemão da paridade de custos

Existem diversos fatores que possibilitaram o desenvolvimento solar na Alemanha, e contrariamente o seu custo alto foi por muitos anos a peça solta que impedia a roda tecnológica de girar. Pegels e Lütkenhorst (2014, p. 522) ^[26] citam em seu artigo que quando discute-se energias renováveis, principalmente energia solar FV, apenas o discurso de desenvolvimento sustentável mostra-se insuficiente. É imprescindível, então, que levemos em análise os pontos fundamentais para promover este tipo de tecnologia, como criação de empregos, competitividade e inovação.

Neste sentido, é compreensível que tanto no Brasil quanto na Alemanha a energia eólica tenha maior estrutura e capacidade instalada. O estudo de Pegels e Lütkenhorst (2014, p. 530) ^[26] compara as duas fontes de energia através de cinco critérios: Nível de subsídios, geração de empregos, vantagem competitiva, preservação de emissão de CO₂ e participação em patentes. O estudo conclui:

The comparison between Wind energy and solar PV would indicate that the wind energy sector is leading in all performance dimensions: employment creation, competitiveness, technological innovation and avoided CO₂ emissions – and does so with lower subsidy levels.

Não podemos assumir, no entanto, que energia eólica é melhor que solar, pois gerir diferentes tipos de tecnologias cria possibilidades interessantes para se estar à frente de inovações tecnológicas e realizar mudanças efetivas na matriz energética, isto sem contar dos benefícios já mencionados sobre a diversificação. Apesar de demandar investimentos maiores e ter desempenho inferior, os custos da energia solar caem mais rápido do que a energia eólica e possui uma curva de aprendizado de avanço tecnológico superior. O artigo complementa dizendo:

Overall, this would lead to onshore wind plants becoming cost-competitive with a conventional (fossil plus nuclear) electricity mix by 2017, while the same would apply for ground-mounted PV systems by 2022.

Esta diminuição dos custos na tecnologia fotovoltaica é alimentada por progressos em métodos de aumento da eficiência de geração de energia das placas. Este parece ser um sinal positivo dos resultados da tarifa *feed-in*, que é complementada por política de empréstimos e investimentos em P&D sobre a tecnologia. Com uma perspectiva futura promissora, investir em energia solar FV passa a ser viável. Não devemos esquecer, inclusive, que maiores margens para desenvolvimento significam criação de mais empregos, maiores vantagens competitivas e menores níveis de subsídios necessários. Este último já apresenta uma diminuição significativa, uma vez que a TFI paga por instalações de larga escala caíram de 40 €/kWh em 2005 para 9 €/kWh em 2014 ^[28].

Em uma análise sobre os custos atuais e futuros da energia FV feito pela Fraunhofer-Institute for Solar Energy Systems (2015, p. 8) ^[28] a Instituição chega ao seguinte resultado:

These results indicate that in the future, power produced from large-scale solar photovoltaic plants will be cheaper than power produced from any conventional technology in large parts of Europe. The cost of electricity produced in conventional large-scale power plants typically ranges between 5 and 10 €/kWh. Cost competitiveness will thus be achieved under optimal conditions before 2025 and full cost competitiveness even under non-optimal conditions by 2050 at the latest.

É interessante notar que tanto o estudo de Pegels e Lütkenhorst quanto a análise da Fraunhofer (ISE) apontam para uma paridade de custos para até 2025. Ou seja, as expectativas são de que, para indústrias de larga escala, a energia fotovoltaica se torne mais barata do que as fontes tradicionais em menos de 10 anos. Por fim, estes fatos apresentados tornam a discussão acerca da decisão de um país em estar à frente da tecnologia de energia solar mais interessante.

4.2 Os determinantes do preço da energia fotovoltaica

Sem dúvidas, a inviabilidade econômica da fonte de energia solar fotovoltaica é o maior argumento para o avanço destas políticas aqui no Brasil. Podemos entender a viabilidade econômica da instalação de painéis fotovoltaicos, através de uma comparação entre os preços. A Empresa de Pesquisa Energética ^[29] divulgou um relatório sobre o último leilão de energia renovável ocorrido em

Novembro de 2015, onde o preço da energia fotovoltaica foi fechado com uma média de R\$ 297,75/MWh. Em comparação, o preço médio final de contratação de energia eólica (que é considerado hoje uma fonte economicamente viável) foi fechado a R\$ 203,46/MWh. Um outro leilão realizado em 2015 para novos empreendimentos de fontes hidrelétricas e termoelétricas (onde houve participação significativa de PCHs) registrou um preço médio de R\$ 259,19/MWh [30].

Analisando a LCOE⁶ das usinas fotovoltaicas de larga escala em diversos países, um estudo elaborado pela Fraunhofer ISE (2015, p. 65) [28] nos ajuda a compreender as estimativas para os próximos anos, como pode ser observado na **Tabela 2**.

Tabela 2 – LCOE de Usinas Fotovoltaicas (larga escala) [28]

| Brasil | | R\$/MWh⁷ | | |
|-----------------------|-------------|----------------------------|--------------------|--|
| Ano | Mín. | Máx. | Preço Médio | |
| 2015 | 216,6 | 372,4 | 294,5 | |
| 2025 | 159,6 | 300,2 | 229,9 | |
| 2035 | 114 | 258,4 | 186,2 | |
| 2050 | 72,2 | 209 | 176,7 | |
| Alemanha [004] | | R\$/MWh⁸ | | |
| Ano | Mín. | Máx. | Preço Médio | |
| 2014 | 205,2 | 319,2 | 262,2 | |

Tabela 2 – Fontes: Fraunhofer-Institute for Solar Energy Systems (ISE) – 2015

⁶ Uma forma de estimar o preço da eletricidade gerada por uma fonte em específico é o Custo Nivelado de Energia (Levelized Cost of Energy – LCOE), sendo este um dos métodos mais utilizados para medir o preço final da energia. De modo genérico, o LCOE pondera os custos de investimento, operação e manutenção baseado no período de vida útil da fonte de energia em questão e fornece uma estimativa do preço de dada tecnologia. Portanto, quando discutimos sobre o conceito de Grid parity, significa que este LCOE de uma fonte renovável atingiu um custo igual ou inferior ao preço da matriz energética convencional e o investimento nesta tecnologia se torna viável sem a necessidade de incentivos governamentais ou subsídios.

⁷ Para apresentar estes dados nas medidas brasileiras, fixou-se um câmbio de R\$ 3,80/€ e um Custo de Capital Médio Ponderado (WACC) ao nível de 7,5%.

⁸ Taxa de câmbio fixada em R\$ 3,80/€

Chamo a atenção para os dados desta tabela referentes ano de 2015 do Brasil, nos quais convergem com os números apresentados anteriormente. O preço médio da energia fotovoltaica em 2015, segundo a pesquisa da Fraunhofer-Institute, foi de R\$ 294,5/MWh, bem próximo ao preço médio praticado no último leilão de energia solar, de R\$ 297,75/MWh.

Os dados também indicam que o preço médio da energia fotovoltaica na Alemanha é relativamente próximo ao do Brasil. No entanto, os determinantes dos preços dos dois países são diferentes, e vale pontuar os principais aspectos:

- a) O incentivo dado pelo governo alemão para o avanço da tecnologia com políticas de significância nacional. O EEG promove a redução constante do LCOE da energia fotovoltaica e permite que investidores realizem pesquisas de métodos mais eficazes na geração fotovoltaica futura. No Brasil, as políticas de incentivo são atrativas, mas não possuem expressividade para influenciar na queda constante dos preços futuros.
- b) Por outro lado, o Brasil pode importar as placas fotovoltaicas já com a tecnologia agregada de países como a Alemanha e a China, sem que este precise investir em P&D. Estudos atuais apontam que o pesado investimento em P&D dos países líderes em energia FV podem, inclusive, tê-los movido para uma posição de desvantagem no ranking de capacidade instalada mundial ^[26], uma vez que outros países podem agregar esta tecnologia sem necessariamente tê-la desenvolvido. Neste caso, um estudo mais cuidadoso acerca de patentes internacionais de energia renovável é necessário para obter-se um respaldo apropriado.
- c) O preço de produção de placas fotovoltaicas e demandas de importação de materiais são outros fatores decisivos. A maioria das placas fotovoltaicas hoje usam o silício multicristalino como matéria-prima e o Brasil possui participação nula no market-share global deste material, ainda que seja um dos maiores produtores mundiais de silício metalúrgico. O mercado é composto por 10 empresas que dominam 90% da produção global, sendo as principais a chinesa GCL-Poly, a alemã Wacker-Chemie, a estadunidense Hamlock e a sul-coreana OCI-Company ^[31]. Neste cenário, a Alemanha e a China, as maiores produtoras mundiais do silício multicristalino, concentram a oferta no

mercado interno, encarecendo o preço para os países importadores, como o Brasil. Cabe destacar que, segundo um artigo publicado por Carvalho *et al* (2014, p. 223) ^[25], apesar do Brasil ser um dos maiores produtores de silício metalúrgico⁹ do mundo, detendo 8% da produção mundial, a produção de silício cristalino é inexistente.

- d) No lado do Brasil, o grau de irradiação solar, que determina a produtividade de geração das placas, fornece ambiente propício para o país utilizar a fonte fotovoltaica. Um estudo apresentado sobre o tema por Pereira *et al* (2006, p. 31) ^[32] estima uma taxa de irradiação solar de 900-1250 kWh/m² na Alemanha ante uma irradiação solar em território brasileiro de 1500-2500 kWh/m². Vale enfatizar que a irradiação solar na região de mínima em território brasileiro é ainda superior a irradiação na região de máxima verificada em território alemão.
- e) Questões referentes a demanda e solidez do mercado que inferem sobre o custo total da geração de energia solar, como anteriormente visto. Na Alemanha observa-se alta demanda e presença em toda a cadeia produtiva, situação oposta ao do Brasil.

Então, chegamos a um ponto do estudo bem interessante. Apesar de observarmos uma similaridade nos preços de usinas fotovoltaicas de larga escala, a conclusão dos determinantes destes preços é, no mínimo, contraditória. De um lado, observa-se um país com pouca capacidade de geração solar investindo fortemente na pesquisa e desenvolvimento da tecnologia, com políticas sólidas e planejamentos de longo prazo bem definidos. De outro, observa-se um país com muita capacidade de geração solar que obtém acesso a preços competitivos com poucos esforços, porém deficiente em seus investimentos na área.

Finalmente, ao trazer a discussão de viabilidade econômica de energia fotovoltaica para as famílias e o comércio, a lógica é similar. Sistemas fotovoltaicos são, em teoria, mais baratos para grandes usinas do que para pequenos comércios e residências familiares devido aos ganhos de economia de escala presentes no primeiro, este fator também é impulsionado pelos custos

⁹ O silício metalúrgico é uma forma bruta do silício multicristalino, sendo necessário passar por diversos processos para atingir 99,999% de pureza (Grau Solar de pureza) e formar o multicristalino

adicionais de sistemas de armazenagem de energia para residências¹⁰. Portanto, para que esta tecnologia seja viável para as famílias, os sistemas de maior porte devem atingir o nível de *Grid Parity* primeiro. A partir deste ponto, a economia em subsídios para que migre este sistema em escalas menores e individuais será maximizada.

Ainda assim, nada impede que incentivos exclusivos a residências e comércios sejam criados. Existem diversas situações que possibilitem estes agentes a estarem buscando autossuficiência energética dado os custos baixos de manutenção. Exemplificando, a construção de novas casas que optam por utilizar abastecimento de energia através de placas fotovoltaicas ou sistema de *boilers* solares, somam baixo custo marginal em relação à obra como um todo, ao passo que possibilitam obter fatores especulativos positivos. O atributo de autossuficiência energética pode custar pouco quando considerada a valorização que o imóvel terá devido a este atributo. Em comércios, o *payback* de médio-longo prazo de sistemas fotovoltaicos pode ser uma forma simples de planejar cortes de custos futuros, apesar do alto investimento inicial.

Ainda assim, ao elaborar políticas para qualquer uma das classes econômicas, as outras serão indiretamente beneficiadas também vide que os incentivos inferirão na redução dos preços dos painéis para o mercado como um todo.

¹⁰ No caso do comércio, a demanda por baterias será significativamente menor uma vez que o horário comercial converge com os horários de sol em que as placas fotovoltaicas produzem energia.

Considerações Finais

O maior obstáculo para que não haja uma ação devidamente planejada em relação a energia fotovoltaica no Brasil hoje é, sem dúvidas, o seu custo de investimento inicial. Este entrave pode ser relativizado através de programas de financiamento e subsídios como a tarifa *feed-in*. É natural que a criação de uma sobretaxa como a *EEG-surchage* irá causar um aumento nos preços da luz elétrica. Mas se ponderada com os mecanismos corretos, relativização da sobretaxa para as classes econômicas adequadas ou até o estímulo à buscar autossuficiência causado pelo encarecimento da energia elétrica para o consumidor final, pode conferir relevantes benefícios.

Portanto, como visto no exemplo do EEG, a própria ideia de planejar o incentivo é buscar que estas fontes se tornem competitivas. Esperar que a tecnologia se torne viável para somente então realizar pesquisas e investir é uma lógica incoerente e, portanto, o discurso do modelo atual de planejamento energético é inválido. Além disso, há interessantes externalidades positivas de peso que favorecem o argumento da energia FV, tais como:

- 1) Menor dependência das termoelétricas e usinas nucleares: O que desencadeia, no médio-longo prazo, a diminuição dos custos com aquisição dos combustíveis, urânio e tratamento dos resíduos radioativos
- 2) Repasse da responsabilidade de geração de energia para o consumidor final de forma ativa: Ao invés de maiores taxas na conta final de energia, como se aplica com as bandeiras tarifárias, o consumidor será responsável por gerar a sua própria energia e poderá inclusive abastecer a matriz energética com o excedente.
- 3) Descentralização da indústria: Usinas FV de larga-escala não produzem energia elétrica de forma massiva como as grandes UHE, o que demanda por parte desta fonte maior quantidade de usinas fotovoltaicas e pequenos geradores. A participação de muitos agentes de médio-pequeno porte no processo de geração de energia permite criar um mercado competitivo e descentralizado, quebrando a estrutura de monopólio natural intrínseca ao setor elétrico tradicional.

- 4) Sinergia com a hidroeletricidade: A fonte solar atua como um pilar de suporte para a menor produtividade das hidrelétricas em épocas de seca. Se uma tecnologia se prejudica por falta de chuva, outra se beneficia.
- 5) Acompanhamento da demanda por energia ^[25]: A maior produtividade de placas solares em dias muito quentes acompanha picos de energia provenientes da utilização massiva do ar-condicionado e resfriadores. Além disso, o pequeno comércio que se abastece de fontes solares também acompanhará o uso da fonte solar, devido ao horário comercial.
- 6) Geração de empregos: Devido à grande demanda de mão-de-obra em todas as etapas da cadeia de produção das placas, um processo que vai desde a extração do silício, produção do silício metalúrgico, até o processamento para o silício grau solar, a energia fotovoltaica é a fonte de energia alternativa que gera mais empregos no mundo. Segundo relatório anual publicado pela *International Renewable Energy Agency* (2014, p.4) ^[33], o setor de energia FV é responsável por 2,2 milhões de empregos, uma participação de 35% na geração de empregos em 2013 (Tabela 3).

Tabela 3 – Número de empregos atuais relacionados a energia renovável no mundo todo (2013) ^[33]

| Tecnologia | Empregos | Participação percentual |
|---------------------------------|-----------|-------------------------|
| Solar Fotovoltaica | 2.273.000 | 35% |
| Biocombustível Líquido | 1.453.000 | 22,4% |
| Eólica | 834.000 | 12,8% |
| Biomassa | 782.000 | 12% |
| Aquecimento/Resfriamento Solar | 503.000 | 7,7% |
| Biogás | 264.000 | 4% |
| Geotérmica | 184.000 | 2,8% |
| Pequenas Centrais Hidrelétricas | 156.000 | 2,4% |
| Energia Solar Concentrada | 43.000 | 0,7% |

Figura 6 – Fonte: *International Renewable Energy Agency* – 2014

O Brasil é, por natureza, um exímio produtor de energia fotovoltaica. Pode obter custos relativos em patamares competitivos com esforços mínimos quando comparado com a Alemanha. Neste sentido, há a necessidade por futuros

estudos de planejamentos eficientes, atuação apropriada do Mercado Atacadista de Energia em prol da competitividade e apropriado aprofundamento na questão das patentes internacionais e *boilers* solares.

Por fim, elevar uma energia renovável ao patamar de *Grid Parity* demanda uma alta carga de investimentos e planejamento. Ainda assim, o caso alemão fornece uma fonte rica de consulta para ferramentas e métodos que se alcancem este objetivo.

Some-se a isto o fato do Brasil possuir condições naturais extremamente favoráveis e grandes quantidades disponíveis de silício que, com o conhecimento técnico correto, podem abater significativamente os custos da tecnologia. Além disso, o compromisso com as atribuições dos órgãos reguladores em prol de um novo planejamento que busque a descentralização e diversificação da matriz energética é imprescindível.

Todos estes fatores somam benefícios para uma sociedade sustentável, que possa garantir, de forma autônoma, maior responsabilidade social e participação mais ativa das famílias, do pequeno produtor e do pequeno comércio na esfera produtiva.

Referências Bibliográficas

- [1] FERREIRA, C.K.L., Privatização do Setor Elétrico no Brasil, Pinheiro, A.C.; Fukusaku, K. (editores), "A Privatização no Brasil: o caso dos serviços de utilidade pública", OCDE-BNDES/Finame-BNDESPAR, Rio de Janeiro, fevereiro, 2000.
- [2] LANDI, M., "Energia Elétrica e Políticas Públicas: A Experiência do Setor Elétrico Brasileiro no Período de 1934 a 2005", Universidade de São Paulo, Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia, São Paulo, p. 110, 2006.
- [3] GOLDENBERG, J.; PRADO, L.T.S., "Reforma e Crise do Setor Elétrico no Período FHC", Tempo Social, v. 15, n. 2, São Paulo, p. 231, 2003.
- [4] The Federal Ministry for Economic Affairs and Energy (BMWi), "The Energy of the Future: First Energy Transition Progress Report - Summary", p. 5-6, dezembro, 2014.
- [5] Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU), "EEG-The Renewable Energy Sources Act: The success story of sustainable policies for Germany", p. 4, julho, 2007.
- [6] Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems (Fraunhofer-ISE), "Energy Charts", Disponível em: <https://www.energy-charts.de/power_inst.htm/>, Acesso em: 20 de Março de 2016.
- [7] Ministério de Minas e Energia (MME); Empresa de Pesquisa Energética (EPE), "Balanço Energético Nacional 2015", p. 16, 2015.
- [8] Ministério de Minas e Energia (MME), "Plano Nacional de Energia 2030", p. 30-31, novembro, 2007.
- [9] SILVA, M.B.; HERREROS, M.M.A.G.; BORGES, F.Q., "Análise dos Aspectos Econômicos e Socioambientais no Projeto Hidrelétrico Belo Monte, Pará", Canoas, v. 8, n. 1, 2014.

[10] Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), "Banco de Informações de Geração", Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/energiaassegurada.asp/>>, Acesso em: 20 de Março de 2016.

[11] Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), "Leilão de Energia: Belo Monte", Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/hotsite_beloMonte/index.cfm?p=7/>, Acesso em: 20 de Março de 2016.

[12] Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), "BNDES define condições de apoio à construção da hidrelétrica de Belo Monte", Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Institucional/Sala_de_Imprimir/Noticias/2010/energia/20100416_Belo_Monte.html/>, Acesso em: 20 de Março de 2016.

[13] Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), "Banco de Informações de Geração", 2015. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm/>>, Acesso em: 20 de Março de 2016.

[14] Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems (Fraunhofer-ISE), "Electricity production from solar and wind in Germany in 2014", p. 5, dezembro, 2014.

[15] REY, O. et al, "O setor elétrico brasileiro e a sustentabilidade no século 21: Oportunidades e Desafios", Brasília, p. 41, 2012.

[16] Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), "Tarifas Consumidores", Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/tarifas-consumidores/>>, Acesso em: 20 de Março de 2016.

[17] Ministério de Minas e Energia (MME); Empresa de Pesquisa Energética (EPE), "Balanço Energético Nacional 2015", p. 69, 2015.

[18] BAITELLO, R. et al, "O setor elétrico brasileiro e a sustentabilidade no século 21: Oportunidades e Desafios", Brasília, p. 67, 2012.

- [19] PINDYCK, R.S.; RUBINFELD, D.L., "Microeconomia", São Paulo, Pearson Education do Brasil, 7.ed., p. 328, 2010.
- [20] Agora Energiewende, "RAP (2015): Report on the German Power System", p. 7-10, fevereiro, 2015.
- [21] Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU), "EEG-The Renewable Energy Sources Act: The success story of sustainable policies for Germany", p. 4-9, julho, 2007.
- [22] BODE, S.; GROSCURTH, H., "The Effect of the German Renewable Energy Act (EEG) on "the Electricity Price"", Hamburg Institute of International Economics (HWWA), dezembro, 2006.
- [23] Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems (Fraunhofer-ISE), "Recent Facts about Photovoltaics in Germany", p. 11-12, maio, 2015.
- [24] SILVA, R.M., "Energia Solar no Brasil: dos Incentivos aos Desafios", Núcleo de Estudos e Pesquisas/CONLEG/Senado, Brasília, p. 8-15, fevereiro, 2015.
- [25] CARVALHO, P.S.L.; MESQUITA, P.P.D.; ROCIO, M.A.R., "A Rota Metalúrgica de Produção de Silício Grau Solar: Uma Oportunidade para a Indústria Brasileira?", BNDES Setorial, n. 40, p. 222-224, setembro, 2014.
- [26] PEGELS, A.; LUTKENHORST, w., "Is Germany's Energy Transition a Case of Successful Green Industrial Policy? Contrasting Wind and Solar PV", Energy Policy, n. 74, p. 522-534, julho, 2014.
- [27] Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems (Fraunhofer-ISE), "Recent Facts about Photovoltaics in Germany", p. 11-12, maio, 2015.
- [28] Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems (Fraunhofer-ISE), "Current and Future Cost of Photovoltaics: Long-term Scenarios for Market Development, System Prices and LCOE of Utility-Scale PV Systems", Agora Energiewende, fevereiro, 2015.

[29] Empresa de Pesquisa Energética (EPE), "2º Leilão de Energia de Reserva viabiliza investimento de R\$ 6,8 bi", Disponível em: <[http://www.epe.gov.br/leiloes/Documents/Leil%C3%A3o%20de%20Reserva%20\(2015\)/Release%202%C2%BA%20LER%202015.pdf/](http://www.epe.gov.br/leiloes/Documents/Leil%C3%A3o%20de%20Reserva%20(2015)/Release%202%C2%BA%20LER%202015.pdf/)>, Acesso em: 20 de Março de 2016.

[30] Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), "Leilão de energia A-5 registra preço médio de R\$ 259,19 por MWh", Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/noticias/output_noticias.cfm?identidade=8528&id_area/>, Acesso em: 20 de Março de 2016.

[31] Bloomberg New Energy Finance, "Solar Insight - Research Note: PV Production: An All-Asian Affair", Disponível em: <<http://about.bnef.com/content/uploads/sites/4/2014/04/2014-04-16-PV-production-2013-an-all-Asian-affair.pdf/>>, Acesso em: 20 de Março de 2016.

[32] PEREIRA, E.B.; MARTINS, F.R.; ABREU, S.L.; RÜTHER, R., "Atlas Brasileiro de Energia Solar", INPE, São José dos Campos, p. 31, 2006.

[33] International Renewable Energy Agency (IRENA), "Renewable Energy and Jobs: Annual Review 2014", Disponível em: <<http://www.irena.org/publications/rejobs-annual-review-2014.pdf/>>, Acesso em: 20 de Março de 2016, p. 3-4, maio, 2014.