UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA

CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

AMANDA LOURES BORGES

ECONOMIA COMPORTAMENTAL: UM ESTUDO DA CONDUTA DO CONSUMIDOR DADA A INSERÇÃO DOS RECURSOS ENERGÉTICOS DISTRIBUÍDOS E DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Juiz de Fora
2021

AMANDA LOURES BORGES

ECONOMIA COMPORTAMENTAL: UM ESTUDO DA CONDUTA DO CONSUMIDOR DADA A INSERÇÃO DOS RECURSOS ENERGÉTICOS DISTRIBUÍDOS E DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Produção.

Orientadora: D. Sc., Cristina Márcia Barros de Castro

Juiz de Fora
2021

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração
automática da Biblioteca Universitária da UFJF,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Borges, Amanda Loures.
Economia Comportamental: Um estudo da conduta do consumidor dada a inserção dos Recursos Energéticos Distribuídos e da Eficiência Energética / Amanda Loures Borges. -- 2021.
126 p.

Orientador: Cristina Márcia Barros de Castro
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Engenharia, 2021.

1. Recursos Energéticos Distribuídos. 2. Eficiência Energética. 3. Economia Comportamental. I. Castro, Cristina Márcia Barros de, orient. II. Título.

AMANDA LOURES BORGES

ECONOMIA COMPORTAMENTAL: UM ESTUDO DA CONDUTA DO CONSUMIDOR DADA A INSERÇÃO DOS RECURSOS ENERGÉTICOS DISTRIBUÍDOS E DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Produção.

Aprovada em 11 de Março de 2021.

BANCA EXAMINADORA

D. Sc. Cristina Márcia Barros de Castro (Orientadora)
Universidade Federal de Juiz de Fora

D. Sc. Bruno Milanez
Universidade Federal de Juiz de Fora

D. Sc. Clarice Breviglieri Porto
Universidade Federal de Juiz de Fora

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ser minha força diária e por me amparar na realização do sonho de estudar nesta universidade, no curso que sempre desejei.

Agradeço também aos meus pais, Alice e Eduardo, pelo completo suporte, pelo amor incondicional e pelo investimento de sempre na minha educação. E ainda, à minha irmã Marina, pelo incentivo e pelo exemplo impecável de dedicação. Dedico esta vitória a vocês três, as pessoas que mais amo no mundo.

Agradeço ainda a todos os meus amigos e pessoas especiais que passaram pelo meu caminho em algum momento e tornaram a jornada mais leve e divertida.

À Universidade Federal de Juiz de Fora, pelo ensino público, gratuito e de qualidade, e por ter sido um espaço tão acolhedor por estes anos, se tornando minha segunda casa. E a todos os professores do curso de Engenharia de Produção, por nos proporcionarem uma formação de alto nível.

À querida orientadora Cristina, por ter conduzido meu trabalho com tanta atenção e carinho.

E por fim, agradeço também a todos os espaços pelos quais passei que me ofereceram uma formação adicional: monitoria de Geometria Analítica e Sistemas Lineares, SEEPRO, Mais Consultoria Júnior, ABC da Construção, MRS Logística e monitora em Engenharia Econômica.

RESUMO

A chegada dos Recursos Energéticos Distribuídos, um novo conceito que engloba tópicos relacionados a práticas e tecnologias de produção, consumo e armazenamento de energia, traz consigo uma conotação ainda mais fortalecida para a eficiência energética, que é uma de suas vertentes. A Economia Comportamental, por sua vez, surge com um novo olhar para a tomada de decisão dos indivíduos, confrontando a visão robusta e conservadora da Economia Tradicional. E, neste contexto, assim como se aplica em diversos outros âmbitos públicos, atua também com o objetivo de entender como os consumidores de energia reagem a diversos estímulos e como fazem suas escolhas energéticas, levando em conta os vieses a que são submetidos. O presente trabalho, então, busca apresentar quais são algumas das descobertas e contribuições desta ciência, além de demonstrar, por meio de estudos de caso, que diversas práticas baseadas na Economia Comportamental já estão sendo analisadas e introduzidas no setor de eletricidade em diversos países, alcançando resultados significativos em redução do consumo de energia elétrica por parte de consumidores residenciais, que são o foco deste estudo. E, por fim, busca ainda fazer uma breve análise crítica da situação do Brasil neste cenário, ponderando a possibilidade de se importar algumas das descobertas reveladas com os estudos de caso, e sugerindo a aplicação da metodologia TITE para a formulação das políticas de eficiência energética no país.

Palavras-chave: Recursos Energéticos Distribuídos, Eficiência Energética, Economia Comportamental.

ABSTRACT

The arrival of Distributed Energy Resources, a new concept that encompasses topics related to energy production, consumption and storage practices and technologies, brings with it an even stronger connotation to energy efficiency, which is one of its aspects. Behavioral Economics, on the other hand, brings a new look on individuals' decision making, confronting the robust and conservative view of Traditional Economics. And, in this context, as well as it is applied in several other public spheres, it also acts with the objective of understanding how energy consumers react to different stimuli and how they make their energy choices, taking into account the biases to which they are submitted. The present work, therefore, seeks to present what are some of the discoveries and contributions of this science, in addition to demonstrating, through case studies, that several practices based on Behavioral Economics are already being analyzed and introduced in the electricity sector in several countries, achieving significant results in reducing the consumption of electricity by residential consumers, who are the focus of this study. And, finally, it also seeks to make a brief critical analysis of the situation in Brazil in this scenario, considering the possibility of importing some of the discoveries revealed by the case studies, and suggesting the application of the TITE methodology for the formulation of energy efficiency policies in the country.

Keywords: Distributed Energy Resources, Energy Efficiency, Behavioral Economics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Instituições e suas relações no Sistema Elétrico Brasileiro…….29
Figura 2 - Requisitos para se tornar um consumidor do mercado livre……...33
Figura 3 - Selo PROCEL de Eficiência Energética……..42
Figura 4 - Correspondências ao montante de 23 bilhões de kWh……....43
Figura 5 - Comparativo entre a Tarifa Branca e a Tarifa Convencional……..49
Figura 6 - Presente e Futuro dos Sistemas Elétricos……....51
Figura 7 - Mensagens distribuídas entre as residências do experimento realizado pelos alunos da *Arizona State University* e da *California State University San Marcos*……..85
Figura 8 - Recorte dos Relatórios de Energia Doméstica utilizado pela OPower com informações e dados comparativos……..86
Figura 9 - Alguns protótipos criados na fase de Entrega do projeto *Cuentas Claras*, *Simples y Transparentes en Electricidad*……...…….....91
Figura 10 - Modelos dos Rótulos que foram analisados no estudo de caso das etiquetas na União Europeia…….....94

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Participação global do fornecimento total de energia por fonte……16
Gráfico 2 - Matriz Elétrica Brasileira em 2019……....23
Gráfico 3 - Evolução da capacidade eólica instalada no Brasil (MW).....25
Gráfico 4 - Potência Instalada Acumulada (MW) da Fonte Solar Fotovoltaica no Brasil (2012 a 2019) e Projeção para 2020……...27
Gráfico 5 - Projeção da participação das fontes na matriz brasileira……...28
Gráfico 6 - Evolução Histórica do ACL……...34
Gráfico 7 - Geração total em GWh proveniente de micro e minigeração distribuídas……37
Gráfico 8 - Participação de cada fonte na geração distribuída em 2019 no Brasil……..38
Gráfico 9 - Consumo final energético por setor……...44
Gráfico 10 - ODEX Brasil (2005 - 2018).....45
Gráfico 11 - Aquecimento solar térmico residencial no Brasil……....45
Gráfico 12 - Taxas de aumento/redução no consumo de energia elétrica durante período inicial de pandemia no Brasil em 2020……...47
Gráfico 13 - Número de Unidades Consumidoras por Subgrupo……....50
Gráfico 14 - Evolução da capacidade instalada de geração fotovoltaica no mundo, nos principais países e no Brasil (GW).....55
Gráfico 15 - Perspectivas do mercado alemão de armazenamento de energia, 2016-2021 (MW).....58
Gráfico 16 - Ganhos em Eficiência Energética em Portugal entre 2000 e 2011 (%).....59
Gráfico 17 - A escolha do consumidor……....63
Gráfico 18 - Probabilidades dos resultados dos dois empregos……...72
Gráfico 19 - Curva S da Teoria dos Prospectos…….....…....74
Gráfico 20 - Volume de energia economizado entre 2008 e 2012……...87
Gráfico 21 - Comparativo entre os indicadores avaliados no projeto *Cuentas Claras, Simples y Transparentes en Electricidad*……...……...92
Gráfico 22 - Número de Conexões em micro e minigeração distribuída *versus* Número de consumidores que se beneficiaram dos créditos concedidos.....98

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Comparativo entre os Ambientes de Contratação Livre e Regulado…….....31
Quadro 2 - Cenários do Padrão Quádruplo……..75

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ABAQUE - Associação Brasileira de Armazenamento e Qualidade de Energia

ABEEólica - Associação Brasileira de Energia Eólica

ACL - Ambiente de Contratação Livre

ACR - Ambiente de Contratação Regulado

ABRACEEL - Associação Brasileira de Comercializadores de Energia

ABRADEE - Associação Brasileira de Distribuidores de Energia

ABSolar - Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica

BEN - Balanço Energético Nacional

BIT - *Behavioural Insights Team*

BNDES - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

CCEE - Câmara de Comercialização de Energia Elétrica

CGH - Central Geradora Hidrelétrica

CMSE - Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico

CNPE - Conselho Nacional de Política Energética

COFINS - Contribuição para Financiamento da Seguridade Social

EC - Economia Comportamental

EE - Eficiência Energética

EEG - Lei das Energias Renováveis

ENCE - Etiqueta Nacional de Conservação de Energia

EPE - Empresa de Pesquisa Energética

FGV - Fundação Getúlio Vargas

FiT - *Feed-in Tariff*

GD - Geração Distribuída

ICMS - Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços

IEA - Agência Internacional de Energia

IRENA - Agência Internacional de Energia Renovável

ITC - *Business Energy Investment Tax Credit*

MME - Ministério de Minas e Energia

OCDE - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico

ODEX - Índice de Conservação de Energia

ONS - Operador Nacional do Sistema

PCH - Pequena Central Hidrelétrica

PEEC - Precourt Energy Efficiency Center

PIE - Produtor Independente de Energia

PIS - Programa de Integração Social

PNAEE - Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética

PNE - Plano Nacional de Energia

PROCEL - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

ProGD - Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica

RED - Recursos Energéticos Distribuídos

SAE - Sistemas de Armazenamento de Energia

SAS - Sistemas de Aquecimento Solar

SEC - Superintendência de Eletricidade e Combustíveis

SERNAC - Serviço Nacional do Consumidor

SIN - Sistema Interligado Nacional

TMS - Taxa Marginal de Substituição

TOU - *Time of Use*

UHR - Usina Hidrelétrica Reversível

VE - Veículos Elétricos

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO…….....14

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS……... 15
1.2 JUSTIFICATIVA……...……..... 15
1.3 ESCOPO DO TRABALHO……...……..... 17
1.4 ELABORAÇÃO DOS OBJETIVOS……...……... 18
1.5 DEFINIÇÃO DA METODOLOGIA……... 18
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO……...……. 19

2. OS RECURSOS ENERGÉTICOS DISTRIBUÍDOS……...20

2.1 O SISTEMA ELÉTRICO BRASILEIRO ATUAL……..... 21
2.1.1. Estrutura da geração, transmissão e distribuição de energia no Brasil……... 21
2.1.2. Principais fontes de energia utilizadas no Brasil……... 22
2.1.3. Comercialização……...…..28

2.2 O QUE SÃO OS RECURSOS ENERGÉTICOS DISTRIBUÍDOS E SEUS RESPECTIVOS PANORAMAS NO BRASIL…….... 34
2.2.1. Geração Distribuída……... 36
2.2.2. Armazenamento de Energia…….....38
2.2.3. Eficiência Energética……...……..... 41
2.2.4. Gerenciamento de Demanda……...……... 46

2.3 VISÃO GERAL DE ALGUNS IMPACTOS E MUDANÇAS COM A INSERÇÃO DOS RED……...……...……... 50

2.4 ALGUMAS CONDUTAS INTERNACIONAIS DIANTE DA ADOÇÃO DOS REDS……...……...…….. 55

3. A ECONOMIA COMPORTAMENTAL…….....61

3.1 A ECONOMIA TRADICIONAL E A UTILIDADE DO CONSUMIDOR..... 61
3.1.1. Restrições Orçamentárias..... 61
3.1.2. Preferências do Consumidor e Curvas de Indiferença.....62
3.1.3. Escolha do Consumidor..... 62
3.1.4. Algumas críticas à Teoria do Consumidor.....63

3.2 A ECONOMIA COMPORTAMENTAL: UMA NOVA FORMA DE ENTENDER O CONSUMIDOR E SUAS ESCOLHAS....64
3.2.1. Heurística da Ancoragem....67
3.2.2. Disponibilidade e Afeto....67
3.2.3. Normas Sociais e Senso de Causa....68
3.2.4. O efeito Halo e o Princípio dos Pareceres Independentes....68
3.2.5. Pressão de Pares e Posição Social....69
3.2.6. Viés de Escala....70
3.2.7. Percepção de Ganho....70

3.3 RISCOS E INCERTEZAS NO PROCESSO DECISÓRIO....71

3.4 OS NUDGES E SUAS APLICAÇÕES EM POLÍTICAS PÚBLICAS....76

3.5 A ECONOMIA COMPORTAMENTAL NAS PRÁTICAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PELO LADO DA DEMANDA....77
3.5.1. A Estrutura TITE....79

4. APLICAÇÕES DA ECONOMIA COMPORTAMENTAL EM MODELOS PARA A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PELO LADO DA DEMANDA....83

4.1 ESTUDOS DE CASOS AO REDOR DO MUNDO....84
4.1.1. O Caso da OPower nos Estados Unidos....84
4.1.2. O Caso dos Smart Meters no Reino Unido....88
4.1.3. O Caso das faturas de energia no Chile....89
4.1.4. O Caso das etiquetas de eficiência energética na União Europeia....93

4.2 OS ESTUDOS DE CASO SÃO APLICÁVEIS NO BRASIL?....96

4.3 PROPOSTA DE APLICAÇÃO DA ESTRUTURA TITE NO BRASIL....99

5. CONCLUSÃO....103

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS....106

ANEXO A – TERMO DE AUTENTICIDADE....126

1. INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Dentre as constantes transformações através das quais o mundo vem passando, o setor energético, em especial o elétrico, pode ser considerado como um dos setores em mudança. O maior acesso e incentivo às novas tecnologias por governos e empresas, o aumento da preocupação comum em relação à eficiência energética e ao uso de fontes de energias renováveis, além da busca por uma maior autonomia por parte dos consumidores de energia são alguns dos fatores que vêm culminando na larga introdução dos Recursos Energéticos Distribuídos em setores elétricos de diversos países, incluindo o Brasil (FGV ENERGIA, 2016).

Estes recursos, que podem ser pontuados em algumas principais vertentes, estão associados primordialmente ao melhor aproveitamento no uso da energia e na priorização de fontes renováveis de geração, conforme será apresentado ao longo do trabalho. Eles atuam tanto do lado da demanda, quanto do lado da oferta de energia, e estreitam uma relação de mão dupla com seus consumidores. Ou seja, da mesma maneira em que despertam novas condutas da população, a aceitação dos indivíduos também é determinante para seu funcionamento eficaz. Portanto, é importante haver um olhar sob nova perspectiva de como estes consumidores fazem escolhas dados estes novos hábitos, por exemplo (EPE, 2019).

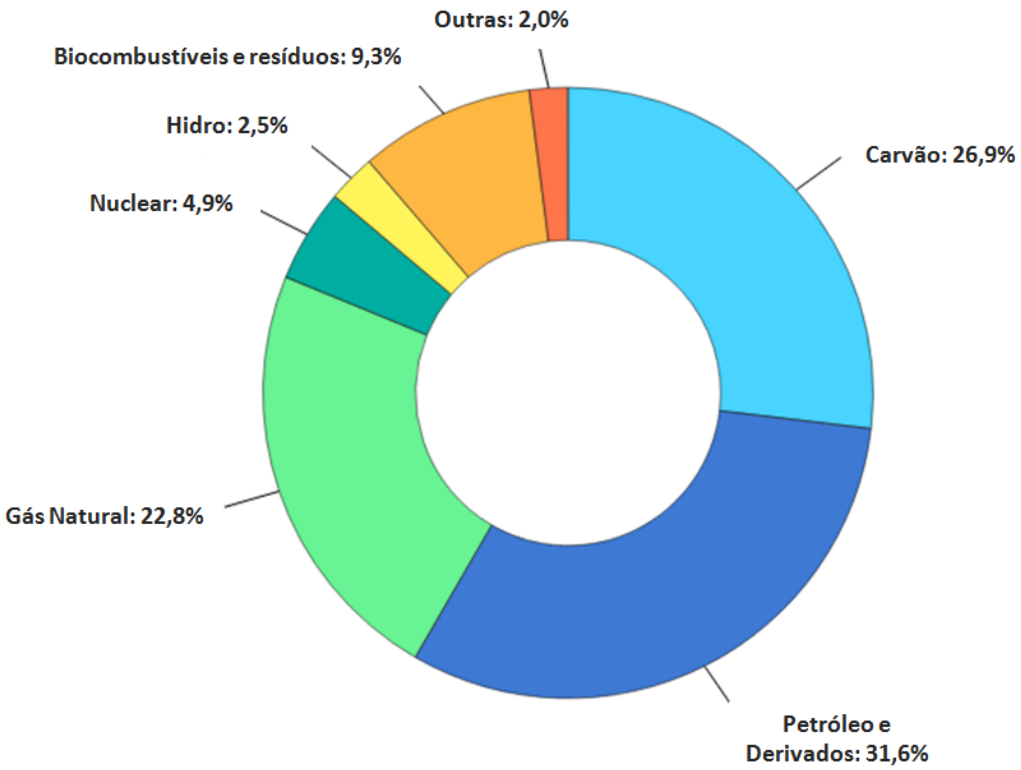
É neste sentido que o trabalho trará alguns conceitos em Economia Comportamental, que elucidam descobertas recentes da busca por um maior entendimento da conduta dos indivíduos, dentre vieses e heurísticas, de alguns padrões observados e de como as pessoas respondem aos *nudges*[1], por exemplo. E, posteriormente, objetiva-se entender como os consumidores de energia respondem a tais estímulos, dado os cenários de eficiência energética pelo lado da demanda residencial, por meio de estudos de caso e da proposta de uma estrutura que orienta o setor de como que o comportamento humano pode levar a melhorias na redução do consumo energético.

[1] Conforme será visto no Capítulo 3, os *nudges* podem ser entendidos como pequenos "empurrõezinhos" ou incentivos sutis que são capazes de influenciar a tomada de decisão dos indivíduos, podendo estar presentes em contextos simples do dia a dia ou em situações mais significativas (THALER; SUSTEIN, 2008).

1.2 JUSTIFICATIVA

De acordo com a Agência Internacional de Energia (2018), a matriz energética mundial é composta, primordialmente, por fontes não renováveis, conforme mostra o Gráfico 1. Além da principal desvantagem relacionada, que consiste no fato de tais recursos serem esgotáveis, estas fontes são altamente poluidoras por contarem com a queima dos combustíveis fósseis e posterior emissão de gases poluentes na atmosfera, além de outras consequências como chuvas ácidas (DIAS, 2011).

Gráfico 1: Participação global do fornecimento total de energia por fonte



Fonte: Adaptado de IEA (2018)

Portanto, é de fácil conclusão a necessidade cada vez mais imediata de que estes recursos sejam usados de maneira mais racional e de que a matriz energética mundial seja reconfigurada. Primeiro porque os recursos em questão estão continuamente sendo esgotados, e também pela agressividade a qual o meio ambiente está sendo exposto. O setor elétrico, portanto, por fazer parte do setor energético, e pelo fato de ser o principal enfoque deste trabalho, possui um grande potencial de contribuir com a melhoria necessária. E os Recursos

Energéticos Distribuídos, embora ainda incipientes em muitos locais do mundo, devem ser vistos como promissores neste sentido.

Além disso, não somente devido à priorização de fontes renováveis e de baixo carbono, estes recursos também prezam pela utilização inteligente da energia, por meio de modelos de eficiência energética e gerenciamento da demanda, por exemplo. A compreensão do comportamento dos indivíduos torna-se de fundamental importância, para que se possa criar ferramentas que realmente os incentivem nesta conscientização.

O despertar da Economia Comportamental - uma disciplina nova e com visão disruptiva da conduta dos indivíduos - e a possibilidade de utilizar seus conceitos, que já se encontram avançados e bem consolidados, também se configuram como um grande incentivador na escolha do tema, visto que realizar este estudo com base nas teorias do modelo econômico tradicional poderia não resultar em análises tão autênticas.

Por fim, os assuntos relacionados a este trabalho, como energia e seu uso consciente, preservação de recursos naturais e comportamento dos indivíduos são de grande interesse por parte da autora do texto, trazendo uma justificativa adicional para a escolha do tema.

1.3 ESCOPO DO TRABALHO

Inicialmente foi realizada uma contextualização do setor elétrico brasileiro atual através de pesquisas e investigação de dados, para que, posteriormente, pudessem ser introduzidos e detalhados os conceitos relacionados aos Recursos Energéticos Distribuídos, pontuando suas vertentes, seus respectivos panoramas no país e evidenciando quais serão os principais impactos para o setor. Será importante abordar também a que nível está a inserção destes recursos em outras partes do mundo, fazendo um paralelo com a realidade a que se encontram no Brasil.

Em seguida, foi feita uma introdução de alguns conceitos da Economia Tradicional, e posteriormente da Economia Comportamental, confrontando as duas visões por meio de um comparativo entre elas, para que algumas conclusões pudessem ser extraídas. E, dessa forma, buscou-se evidenciar que a linha da Economia Comportamental se encaixa melhor ao contexto dos consumidores de energia, em especial os residenciais, perante aos Recursos Energéticos Distribuídos e sua vertente de eficiência energética. Foi apresentada, ainda, a estrutura TITE, uma metodologia criada para que formuladores de programas em eficiência energética usem artifícios da Economia Comportamental para garantir melhores resultados em redução do consumo energético residencial.

Após a descrição de dois capítulos teóricos acerca dos temas, através de pesquisas e revisões bibliográficas, o trabalho partiu para uma abordagem um pouco mais aplicável, unindo os dois temas principais: primeiramente, foram discutidos alguns estudos de caso aplicados ao redor do mundo que evidenciam os benefícios da utilização da ciência para influenciar tais consumidores de energia a diminuírem seus gastos energéticos. Em seguida, a autora apresentou sua visão crítica em relação à possibilidade de se aplicar tais práticas no Brasil, fazendo um paralelo com a realidade estabelecida nos países onde ocorreram os estudos de caso. E por fim, foi sugerida uma estrutura TITE adaptada à realidade do Brasil, para que se possam criar programas de eficiência energética com melhores resultados no país.

1.4 ELABORAÇÃO DOS OBJETIVOS

O objetivo principal deste trabalho consiste em evidenciar e demonstrar, por meio de estudos de caso realizados em diversas partes do mundo, que a utilização das contribuições da Economia Comportamental na formulação de programas em eficiência energética é capaz de promover a redução do consumo de eletricidade por parte dos consumidores residenciais.

Como objetivos específicos, destacam-se:

- apresentar o comportamento do setor elétrico brasileiro diante da chegada dos Recursos Energéticos Distribuídos, bem como os principais impactos na estrutura do atual sistema e a maneira pela qual outros países estão passando por esta transição;
- evidenciar que, em relação à Economia Tradicional, a abordagem da Economia Comportamental melhor se aplica à realidade de tomada de decisão dos indivíduos, principalmente no que diz respeito ao contexto de eficiência energética;
- analisar como as práticas testadas e inseridas em outros países para promover a redução do consumo de eletricidade podem ser importadas para o Brasil, além de sugerir a aplicação da metodologia TITE para a formulação das políticas de eficiência energética no país.

1.5 DEFINIÇÃO DA METODOLOGIA

A metodologia do trabalho limita-se em apresentar, primeiramente, dois capítulos teóricos, com a apresentação dos temas principais: os Recursos Energéticos Distribuídos no

Brasil e no mundo (Capítulo 2) e a Economia Comportamental junto às suas implicações na eficiência energética (Capítulo 3). Em seguida, no Capítulo 4 observa-se uma união destes dois temas por meio de uma abordagem mais prática. Isto é, foram apresentados estudos de caso realizados em diversos países que adotaram as contribuições da ciência comportamental para gerarem resultados em redução do consumo de eletricidade, além de analisar o contexto brasileiro e sugerir ao país uma aplicação adaptada da estrutura TITE, descrita anteriormente.

O atual trabalho, então, pode ser dividido em duas partes quanto à metodologia utilizada: a primeira delas, que contém os Capítulos 2 e 3, e a segunda, que contém o Capítulo 4.

A metodologia da primeira parte se configura de natureza básica e descritiva, isto é, consolidada por uma pesquisa pura que procura aumentar o conhecimento do leitor sobre os tópicos em questão, a partir de uma realidade já existente e conhecida. Além disso, possui uma abordagem qualitativa através do método de pesquisas bibliográficas (MIGUEL, 2010).

Já a metodologia da segunda parte se classifica de natureza aplicada, descritiva e exploratória, ou seja, com o propósito de gerar conhecimento para a aplicação prática nas soluções dos problemas definidos, segundo a realidade já conhecida, na tentativa de proporcionar uma nova visão sobre ela. Sua abordagem também é qualitativa por meio do método de pesquisas de estudos de caso (MIGUEL, 2010).

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho será estruturado em 5 capítulos. O Capítulo 1 faz uma breve introdução e institui uma abertura do tema a ser estudado, através das considerações iniciais, justificativas, escopo, elaboração dos objetivos, definição da metodologia e estrutura.

Já o Capítulo 2 discorre sobre os Recursos Energéticos Distribuídos, fazendo primeiramente uma abordagem de como se comporta o atual sistema elétrico brasileiro, para, na sequência, trazer os conceitos do que são estes recursos, seus panoramas no Brasil, quais seus principais impactos e sua contextualização internacional.

O Capítulo 3 aborda os conceitos e teorias da Economia Tradicional e, em seguida, faz um paralelo com as revelações da Economia Comportamental, comparando-as. Também traz um breve estudo da influência dos riscos e incertezas no processo decisório dos indivíduos, além de descrever o que são os *nudges* e suas aplicações nas políticas públicas. Além disso, o capítulo elucida como a Economia Comportamental pode se relacionar à busca pela eficiência energética por parte dos consumidores residenciais por meio da apresentação da estrutura TITE, isto é, uma metodologia que orienta os formuladores de programas que buscam a

redução do consumo de energia elétrica domiciliar a inserirem os princípios da ciência em seus modelos.

Já o Capítulo 4 apresenta quatro estudos de caso realizados em diferentes países, que utilizaram as contribuições da ciência comportamental para alcançar resultados satisfatórios voltados à redução do consumo de energia elétrica por parte dos consumidores residenciais. Além disso, foi feita uma breve análise de caráter mais pessoal sobre a possibilidade de se importar para o Brasil os artifícios descritos nos estudos de caso, e quais podem ser as principais barreiras para tal. E, ao final do capítulo, sugere-se uma aplicação da estrutura TITE ao país, de maneira adaptada à sua realidade.

Por fim, o Capítulo 5 apresenta as conclusões obtidas com o trabalho.

2. OS RECURSOS ENERGÉTICOS DISTRIBUÍDOS

2.1 O SISTEMA ELÉTRICO BRASILEIRO ATUAL

O complexo e bem estruturado Sistema Elétrico vigente no Brasil pode ser estudado sob diversas óticas por possuir uma ampla estrutura de geração, transmissão e distribuição para que a energia chegue em todos os pontos do país. Atualmente, apenas 2% do mercado nacional se caracteriza como sendo um sistema isolado, ou seja, desconectado do sistema principal, o chamado Sistema Interligado Nacional (SIN) (ANEEL, 2020).

Além de ser regulado, gerenciado e controlado por diversos órgãos e instituições, o sistema elétrico ainda conta com diferentes fontes de energia, sendo a principal delas provinda das hidrelétricas, responsável por aproximadamente 62% do total da geração, seguida das termelétricas, que correspondem a 28% (ANEEL, 2020). Ainda neste capítulo haverá uma discussão mais elaborada a respeito das principais fontes utilizadas no país.

A comercialização de energia, que pode ocorrer tanto no Ambiente de Contratação Regulada (ACR) como no Ambiente de Contratação Livre (ACL), bem como alguns pontos a respeito da legislação envolvida e de como a tarifa de energia é composta também são tópicos importantes de serem abordados.

2.1.1. Estrutura da geração, transmissão e distribuição de energia no Brasil

O atual modelo de geração, transmissão e distribuição de energia no Brasil pode ser caracterizado por possuir um fluxo unidirecional, embora esta realidade esteja prestes a ser modificada pela contínua inserção dos Recursos Energéticos Distribuídos (RED's) no sistema, conforme será visto ao longo do trabalho.

Os pontos de geração são onde se encontram as fontes geradoras de energia, como hidrelétricas, solares, eólicas, dentre outras. Podem ser considerados como o "topo" da cadeia, já que é a partir deles que se inicia o fluxo que a energia percorre. De acordo com o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) (2020), o sistema de geração brasileiro pode ser caracterizado por ser hidro-termo-eólico, visto que são estes os três principais tipos de fontes utilizadas no país. Juntas, completam quase a totalidade de geração, sendo a Usina Hidrelétrica Binacional de Itaipu a maior fonte geradora de energia presente no Brasil, e se

configura como a segunda maior hidrelétrica em operação no mundo, perdendo apenas para a usina de Três Gargantas na China (CCEE, 2020).

É importante destacar que a fonte solar tem apresentado crescimento muito expressivo nos últimos anos, com um aumento de 92,2% de 2018 para 2019, embora ainda possua uma baixa representatividade na matriz, com uma fatia de aproximadamente 1,02% (MME, 2020). Esse aumento se deve, em parte, pela preocupação em expandir o uso de fontes mais limpas e pela publicação da Resolução 482 de 2012 da ANEEL que permite o acesso à micro e minigeração distribuída - uma das vertentes dos RED's -, ou seja, a geração da própria energia elétrica pelos consumidores brasileiros a partir de fontes renováveis (ANEEL, 2020). É interessante ressaltar que, tanto em 2018, quanto em 2019, aproximadamente 83% da matriz brasileira foi composta por fontes de energia renováveis (MME, 2020).

A transmissão configura-se pelo transporte da energia gerada nos pontos de geração até aos centros de distribuição e de consumo, e é caracterizada pela presença de transformadores que elevam e posteriormente abaixam a tensão da linha, reduzindo as perdas elétricas durante o transporte (SEARS; ZEMANSKY, 2009). Até 1960, o Brasil era marcado por possuir sistemas isolados, que existiam de acordo com a presença de usinas, mas que acabavam sendo longe dos principais centros urbanos. Tal situação, em conjunto com a necessidade de se aproveitar mais o potencial hidrelétrico do país, exigiu a construção de linhas de transmissão maiores e mais abrangentes, culminando na extensa rede que se tem atualmente. (ELETROBRAS, 2020).

Já a distribuição é realizada por empresas distribuidoras que possuem a função de levar a energia até aos consumidores finais, sejam eles indústrias e grandes empresas, que são abastecidas pela rede primária que fornece tensão nominal de 13.800/7.967V ou consumidores residenciais, abastecidos pela rede secundária que fornece tensão nominal de 220/127V (CEMIG, 2002). Como será visto posteriormente, o faturamento das distribuidoras é proporcional ao volume de energia utilizada por tais consumidores finais, fato este que pode ser considerado como um contraponto na busca pela Eficiência Energética, uma das vertentes dos RED's, e que deveria ser estimulada por tais órgãos (EPE, 2019).

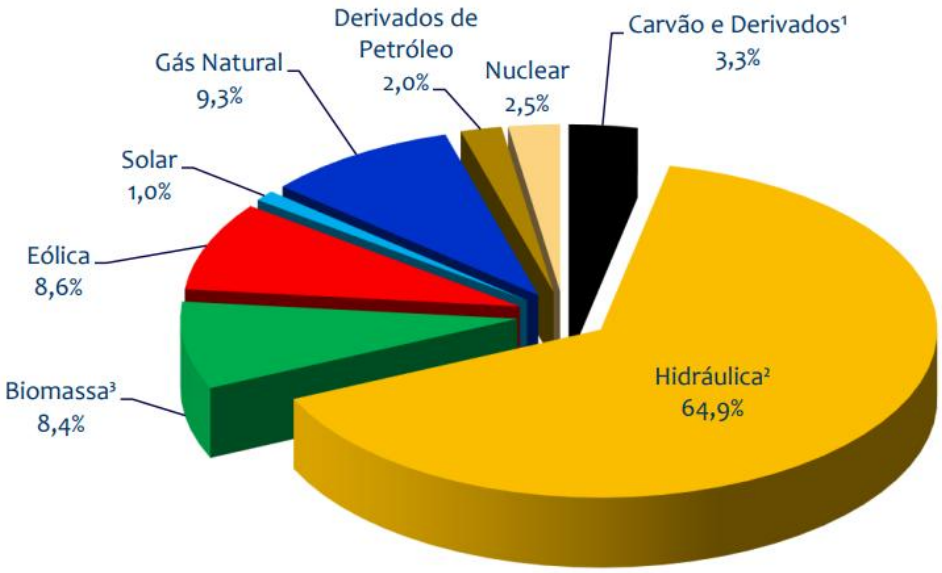
2.1.2. Principais fontes de energia utilizadas no Brasil

O território brasileiro é caracterizado por possuir um grande potencial energético e, consequentemente, elétrico, visto que a eletricidade corresponde a 18,1% do uso da energia

total (EPE, 2020). Sua abundância em cursos d'água, espalhados por quase todo país, bem como seu favorecimento em termos de ventos - duas vezes superior à média mundial - e em termos de radiação solar são apenas alguns dos demonstrativos que levam a tal vantagem em termos de possibilidade de produção de energia (CCEE, 2020).

Conforme citado anteriormente, as três principais fontes de energia utilizadas no Brasil são as hidrelétricas, as termelétricas e a eólica. Contudo, algumas políticas públicas foram implementadas a fim de incentivar o uso de outras fontes, que, em muitas situações, são utilizadas como sistemas que complementam os dois principais (CCEE, 2020). O Gráfico 2 explicita os percentuais de cada fonte utilizada na geração de energia elétrica em 2019. Na sequência, serão brevemente apresentadas as principais fontes utilizadas no país.

Gráfico 2: Matriz Elétrica Brasileira em 2019



Fonte: Balanço Energético Nacional (EPE, 2020)

O recurso hidráulico, responsável por 64,9% da geração da eletricidade, utiliza uma associação entre o volume de água disponível em determinada época do ano, vazão da água e os desníveis existentes, sejam naturais ou artificiais, que, através da força das águas, movimentam turbinas capazes de transformar energia mecânica em energia elétrica. (ANEEL, 2008). Todo o processo pode ocorrer basicamente em Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH's), Centrais Geradoras Hidráulicas (CGH's) e em usinas hidrelétricas, e, conforme já citado, a Usina Binacional de Itaipu é a principal do país.

Embora a água seja um recurso renovável, ou seja, capaz de se transformar em vapor e, em seguida, precipitar em forma de chuva, não é possível considerar a geração através das grandes hidrelétricas como uma geração limpa e sem impactos. Dentre suas principais intervenções ambientais, estão: o deslocamento de população e pessoas antes residentes no local, a interferência em atividades econômicas próximas à barragem e o alagamento de extensas áreas para formação dos reservatórios (BERMANN, 2007). Contudo, ainda segundo Bermann (2007), dois principais fatores geram segurança no fornecimento e fazem com que o Brasil não possa desprezar este recurso. O primeiro deles se trata do vasto potencial hidrelétrico presente no território, seguido da perenidade no provimento de energia gerada por esta fonte graças ao uso de reservatórios de água nas usinas.

Ao longo dos anos, as Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH) vêm chamando a atenção como fonte alternativa e ganhando força como sistemas complementares ao principal. De acordo com Reis (2003), além de seus impactos serem incomparavelmente menores aos das grandes hidrelétricas por operarem a fio d'água, podem ser implantadas mais perto dos centros de consumo, ou seja, não necessitando de grandes estruturas de transmissão e podendo atender pequenos centros urbanos e zonas rurais. Em 2017, dois anos após a publicação da Resolução 673/2015, que aprova a implantação e estimula o aproveitamento do potencial hidráulico por meio das PCH's no país, 51 novas usinas foram outorgadas e outras 505 encontravam-se aptas para instalação, aguardando apenas o processo de trâmite regulatório. No total, estes novos projetos forneciam potência equivalente à soma de duas usinas de grande porte (ANEEL, 2017).

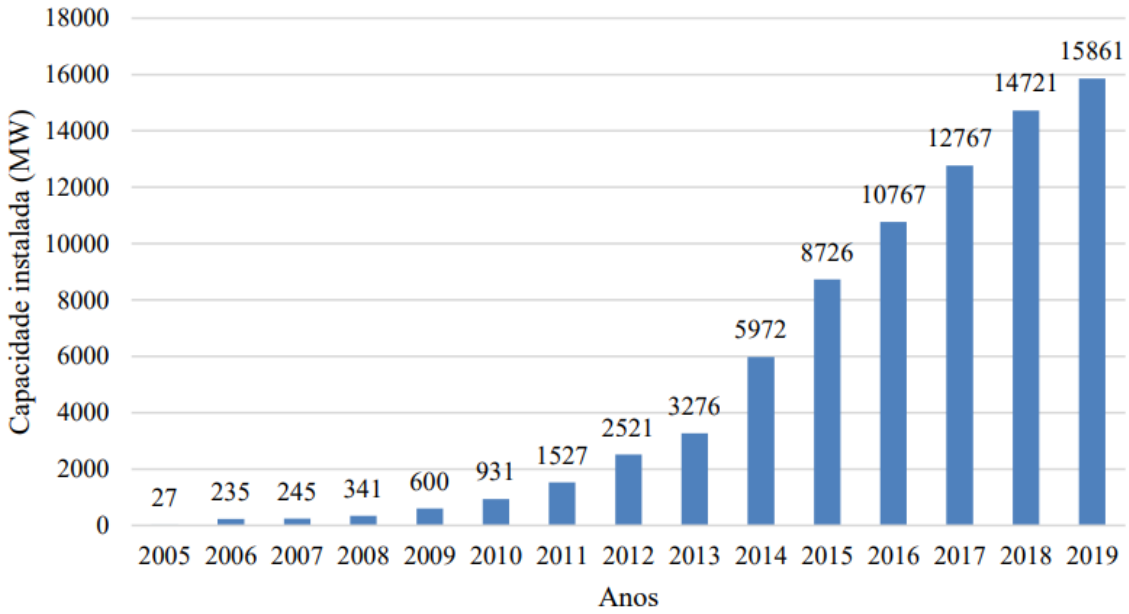
A geração termelétrica no país teve um maior impulso na década de 1990, quando já era previsto um período crítico de fornecimento de energia entre 1999 e 2001. De fato, em 2001 ocorreu o Racionamento de Energia Elétrica devido ao déficit de abastecimento, isto é, a oferta de energia não era suficiente para suprir o consumo. Dentre outras razões, então, o governo federal optou por investimentos neste setor como forma de diversificar a matriz energética, para que o país perdesse um pouco de sua dependência em relação à geração hidráulica. O programa de apoio financeiro criado através do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) previa a construção de 49 usinas termelétricas até 2003 (BARDELIN, 2004).

Dentre algumas usinas termelétricas importantes que entraram em operação comercial entre 2001 e 2004, estão a de Fernando Gasparian (SP), a de Luis Carlos Prestes (MS), e a de Cuiabá (MT) (PETROBRAS, 2014 *apud* RIBEIRO, 2019). De acordo com o Balanço Energético Nacional de 2003, 84,5% da matriz energética brasileira de 2002 era proveniente

de fontes utilizadas na geração termelétrica, sendo 27,2% biomassa, 43,2% de petróleo e derivados, 7,5% de gás natural e 6,6% de carvão mineral (MME, 2003). Após período de estabilidade energética, contudo, voltaram-se esforços para que a matriz brasileira priorizasse fontes de baixo carbono, como será visto adiante.

A energia eólica utiliza-se de grandes turbinas eólicas, conhecidas por aerogeradores. Estes são posicionados em locais estratégicos, como nos litorais, recebem a força dos ventos em suas pás, e o movimento giratório resultante envia energia mecânica para os rotores que a transformam em energia elétrica (CCEE, 2020). Como já falado, o Brasil possui condições muito favoráveis para produção deste tipo de energia, e a busca por uma matriz cada vez mais limpa e renovável fez com que, nos últimos dez anos, a força dos ventos se destacasse de forma mais expressiva na geração de energia elétrica do país. De acordo com a ABEEólica (2018) *apud* Oliveira (2018), o Brasil passou de aproximadamente 1 GW de capacidade eólica instalada em 2010 para 13,4 GW até agosto de 2018, contando com um total de mais de 500 parques eólicos espalhados pelo país. O Gráfico 3 mostra a evolução da capacidade eólica instalada de 2005 até o início de 2019.

Gráfico 3: Evolução da capacidade eólica instalada no Brasil (MW)



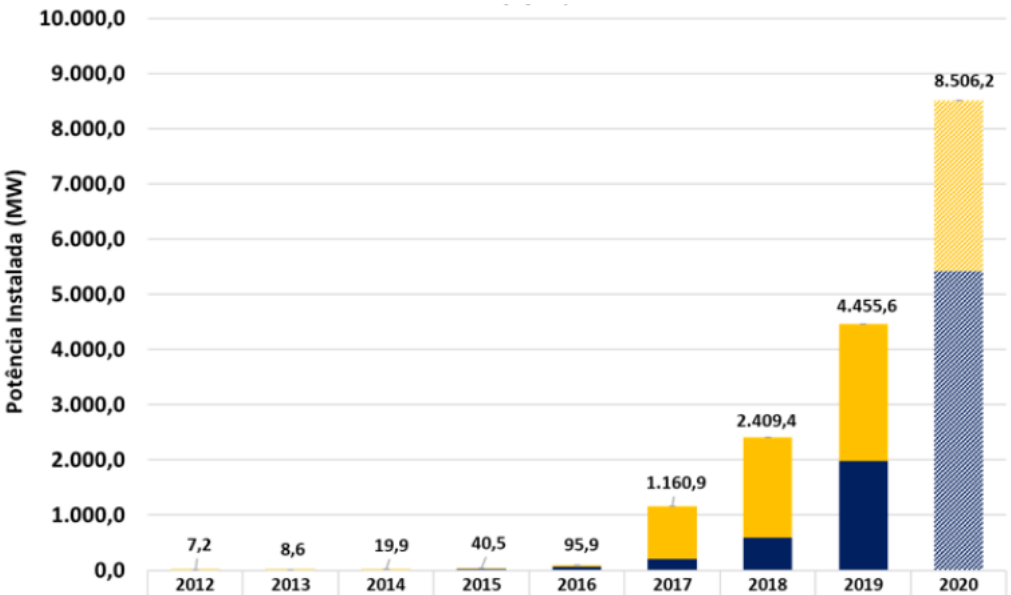
Fonte: ABEEÓLICA (2018), *apud* OLIVEIRA (2018)

Assim como os aerogeradores são os instrumentos chave para a geração eólica, as placas fotovoltaicas e os coletores são as ferramentas para a geração solar. Diferente da maioria das outras fontes, parte da energia gerada pela radiação do Sol não é transformada em energia

elétrica mas, sim, utilizada como energia térmica em situações que requerem temperaturas elevadas, e daí a utilidade dos coletores (ou aquecedores solares de água). Como exemplo, o uso em processos industriais ou mesmo para aquecer a água das residências que a adotam (ANEEL, 2007). A energia gerada com o auxílio das placas fotovoltaicas são uma importante fonte de Geração Distribuída, que também é uma das vertentes dos RED's. Isso ocorre por serem uma fonte de geração mais acessível no que diz respeito à estrutura, que necessita basicamente dos painéis fotovoltaicos, e que possuem facilidades de financiamento em alguns países, como nos EUA, através do *Solar Loan Program* (PSE&G, 2016).

Conforme citado anteriormente, a fonte solar de energia vem apresentando crescimento muito expressivo ao longo dos anos. De acordo com a SOLARGIS (2020), o Brasil apresenta uma média de irradiação solar anual que varia de 1.200 a 2.400 kWh/m /ano, valores bastante superiores aos de irradiação na Europa. E ainda assim, a Alemanha, com radiação 40% inferior ao da área menos ensolarada no Brasil, já possui estágio muito mais avançado tanto de pesquisas quanto de instalações. Isso mostra que, com os incentivos necessários por parte do governo brasileiro para alavancar ainda mais essa tecnologia, o país pode tornar-se uma potência no setor fotovoltaico (JÚNIOR; SOUZA, 2020). O Gráfico 4 mostra a evolução da fonte solar no Brasil a partir de 2012, ano da publicação da Resolução 482 da ANEEL, que regulamenta a micro e minigeração distribuída por meio do Sistema de Compensação de energia, conforme será explicado adiante.

Gráfico 4: Potência Instalada Acumulada (MW) da Fonte Solar Fotovoltaica no Brasil (2012 a 2019) e Projeção para 2020



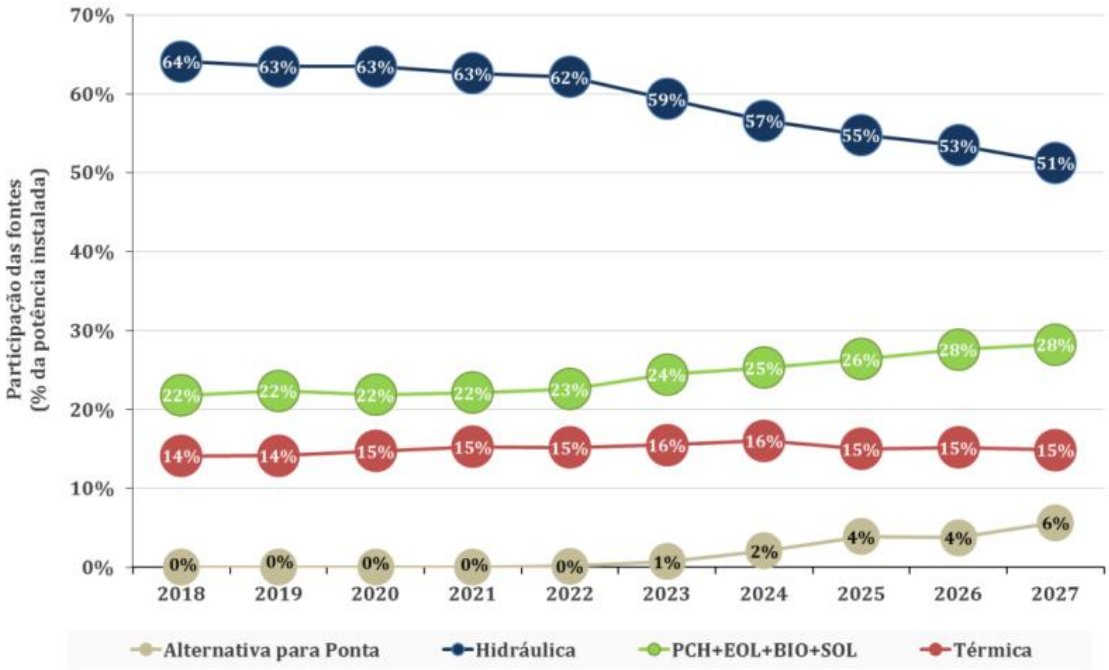
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Geração Centralizada Solar FV (MW)	6,7	6,7	15,4	26,3	27,8	965,3	1.817,1	2.473,5	3.082,9
Geração Distribuída Solar FV (MW)	0,5	1,9	4,5	14,2	68,1	195,6	592,3	1.982,1	5.423,3
Total (Distribuída + Centralizada)	7,2	8,6	19,9	40,5	95,9	1.160,9	2.409,4	4.455,6	8.506,2

Fonte: ABSOLAR (2020)

Como pode-se perceber pela exposição dos dados, há uma tendência de crescimento exponencial da participação da fonte solar no país, que se dá principalmente graças à abundância de irradiação no território, conforme descrito, e a outros fatores, como o barateamento dos equipamentos e os incentivos concedidos pelo governo federal, que incluem a redução dos impostos de importação, por exemplo, que serão zerados até 2021 (ABSOLAR, 2020).

Assim como mencionado e de acordo com a ANEEL (2008), é uma tendência tanto mundial quanto nacional a busca pela diversificação das matrizes energéticas e a gradativa substituição de fontes que geram grandes impactos para o meio ambiente e para a sociedade por fontes de baixo carbono. Além dos dois motivos citados, esta transição está sendo possível graças aos incentivos ao redor do mundo todo em pesquisas que reduzem os gastos necessários de instalação e possibilitam que haja um melhor custo-benefício na adoção de tais modelos de geração, conforme será visto ao longo do trabalho. O Gráfico 5 pertence ao Plano Decenal de Expansão de Energia, criado em 2017, com projeções para os anos seguintes de como irá se descrever a participação de algumas fontes na matriz brasileira.

Gráfico 5: Projeção da participação das fontes na matriz brasileira



Fonte: Plano Decenal de Expansão de Energia 2027 (EPE, 2017; MME, 2017)

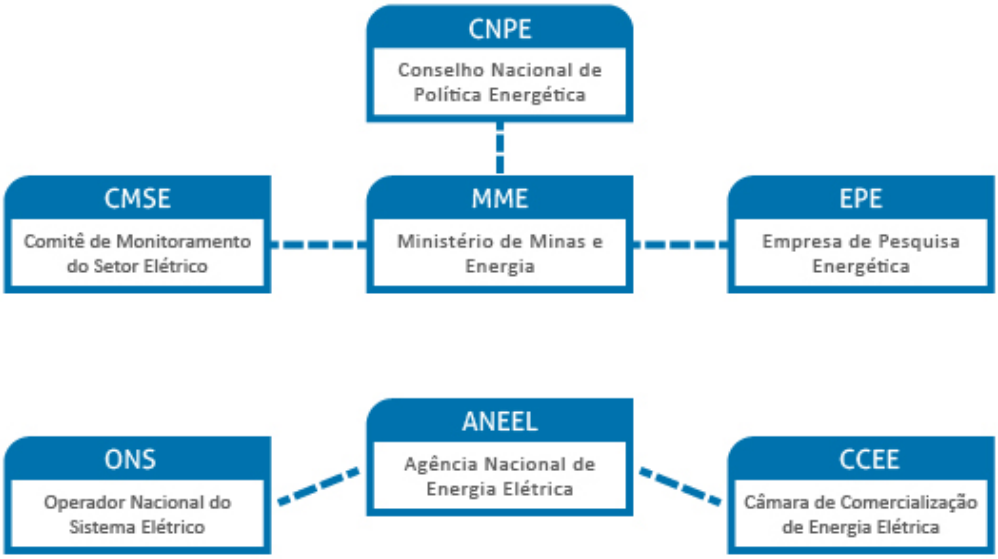
Os dados ilustrados sugerem, para os próximos anos, a expressiva redução da participação hidráulica na matriz concomitante ao aumento de fontes de baixo carbono como as Pequenas Centrais Hidrelétricas, eólica, biomassa e solar. A perspectiva é de que haja também um crescimento das alternativas para ponta[2], que contam com as usinas reversíveis e o uso associado de baterias às fontes, por exemplo. As termelétricas, por sua vez, irão permanecer aproximadamente estáveis, complementando os sistemas principais de geração de energia elétrica.

2.1.3. Comercialização

Para o bom funcionamento de toda estrutura do Sistema Elétrico Brasileiro, bem como de todas as atividades relacionadas a ele, seja de comercialização, definição de diretrizes, tarifação, legislação envolvida ou de criação de novas tecnologias, é necessário que cada um dos órgãos e instituições existentes possuam funções bem definidas. A Figura 1 mostra a correlação dos principais órgãos que gerenciam setores da eletricidade no país.

[2] Alternativas para Ponta são definidas como fontes que estimulam flexibilidade na operação, como usinas hidrelétricas que contam com sistemas de armazenamento (reversíveis), motorização adicional daquelas usinas já existentes, ou ainda o uso de baterias (SEMPRINE, 2017)

Figura 1: Instituições e suas relações no Sistema Elétrico Brasileiro



Fonte: CCEE (2020).

Estas instituições, cada qual com suas atribuições específicas, estão em sintonia entre si e possuem como uma de suas principais funções garantir a segurança no suprimento energético. A ANEEL, por exemplo, regula e fiscaliza as etapas de produção, transmissão, distribuição e comercialização da energia elétrica. Já o MME é o responsável por gerir as políticas energéticas do país, além de coordenar o CMSE e a EPE, que possuem funções de acompanhar a continuidade do suprimento em todo território nacional e prestar serviços em estudos e pesquisas na área, respectivamente. O CNPE auxilia diretamente a Presidência da República na definição de diretrizes de energia, enquanto a ONS se preocupa em supervisionar a geração de energia e otimizar custos do sistema. Por fim, a CCEE é o órgão responsável por intermediar o ambiente de negociações do mercado de energia elétrica do país (CCEE, 2021).

Na sequência, para iniciar a abordagem a respeito de como a comercialização de energia ocorre atualmente no Brasil, torna-se importante evidenciar o contexto no qual se estabeleceu a transição para o novo modelo regulatório. Marcado pela estatização desde os anos 1964, após um período de forte precarização durante o domínio privado nos anos anteriores (SILVA, 2011), o setor de energia no país permaneceu com tal modelo institucional (estatal) até os 30 anos seguintes. A partir dos anos 1980, contudo, uma sequência de motivações causaram um desgaste no modelo, dentre elas (PIRES, 2000):

(i) crescimento do consumo de energia superando o crescimento de sua produção, decorrente de uma crise financeira da União e dos Estados que impossibilitava a expansão da oferta de energia e de investimentos nas linhas de transmissão;

(ii) falta de incentivos em eficiência da produção energética que ocasionava em má gestão de empresas de energia; e

(iii) ausência de órgão regulador que causava uma inadequação do regime como um todo e conflitos de interesses entre empresas e governo.

Essa série de fatores fez com que, em meados dos anos 1990, começasse a ser colocado em prática o Projeto de Reestruturação do Setor Elétrico Brasileiro (PIRES, 2000).

Ainda de acordo com Pires (2000), a criação da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) como órgão regulador, através da lei 9.427 de 1996, pode ser considerada como o marco da reestruturação no setor de eletricidade no país. Além da criação da ANEEL, os três principais pilares que sustentaram a reforma setorial, paralelamente à privatização dos ativos federais e estaduais, foram: incentivo à competição nos ramos de geração e comercialização de energia; defesa da concorrência nestes setores competitivos, com a garantia de livre acesso às linhas de transmissão e distribuição; e criação de mecanismos de regulação para os monopólios naturais, como, o de distribuição de energia para o mercado cativo.

Ainda em meados da década de 1990, alguns novos conceitos foram inseridos no segmento, como:

- Produtor Independente de Energia (PIE): criado em 1996 através da Lei 9.074, trata-se da autorização concedida a pessoas jurídicas ou empresas consorciadas de produzirem energia elétrica para sua venda total ou parcial, assumindo seus riscos (ANEEL, 2020);

- Consumidor Livre: também criado no ano de 1996, que se trata do consumidor apto a escolher de qual fornecedor prefere comprar sua energia elétrica por meio de negociação própria (ANEEL, 2020); e

- Consumidor Especial, que pode obter sua energia de fontes alternativas, sendo elas: PCH's, eólica, biomassa ou solar (CCEE, 2020).

Segundo a ANEEL (2020), existem também os Consumidores Cativos, aqueles que compram sua energia diretamente da distribuidora que detêm concessão na área em questão.

Contudo, cada tipo de consumidor está sujeito a regras distintas de acordo com o ambiente ao qual estão inseridos. Após a criação de alguns outros órgãos pelo Governo Federal entre 2003 e 2004, dentre eles a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), o Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE) e a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), como parte da nova estrutura criada para o Setor Elétrico Brasileiro, foram

instituídas também duas esferas para celebração de relações de compra e venda de energia: o Ambiente de Contratação Regulada (ACR) e o Ambiente de Contratação Livre (ACL). No Ambiente de Contratação Regulada estão inseridos os Consumidores Cativos, que são os consumidores mais comuns, habituados a pagarem pela fatura mensal de energia - regulada pelo governo -, que inclui os serviços de geração e distribuição. É no ACR que também ocorrem os leilões, conforme será explicado adiante. Já no Ambiente de Contratação Livre (ACL) estão os Consumidores Livres e Especiais, que possuem a autorização de negociarem livremente com geradores ou comercializadores de energia através de contratos bilaterais, enquanto o serviço de distribuição é pago via tarifas reguladas para as concessionárias locais, para que a energia negociada chegue até a unidade consumidora (SAGE, 2017). O Quadro 1 traz informações comparativas entre o ACL e o ACR, e, na sequência, serão abordados maiores detalhes a respeito de cada um dos ambientes.

Quadro 1: Comparativo entre os Ambientes de Contratação Livre e Regulado

	Ambiente de Contratação Livre	Ambiente de Contratação Regulada
Participantes	Geradoras, comercializadoras, consumidores livres e especiais	Geradoras, distribuidoras e comercializadoras. As comercializadoras podem negociar energia somente nos leilões de energia existente - (Ajuste e A-1)
Contratação	Livre negociação entre os compradores e vendedores	Realizada por meio de leilões de energia promovidos pela CCEE, sob delegação da Aneel
Tipo de Contrato	Acordo livremente estabelecido entre as partes	Regulado pela Aneel, denominado Contrato de Comercialização de Energia Elétrica no Ambiente Regulado (CCEAR)
Preço	Acordado entre comprador e vendedor	Estabelecido no leilão

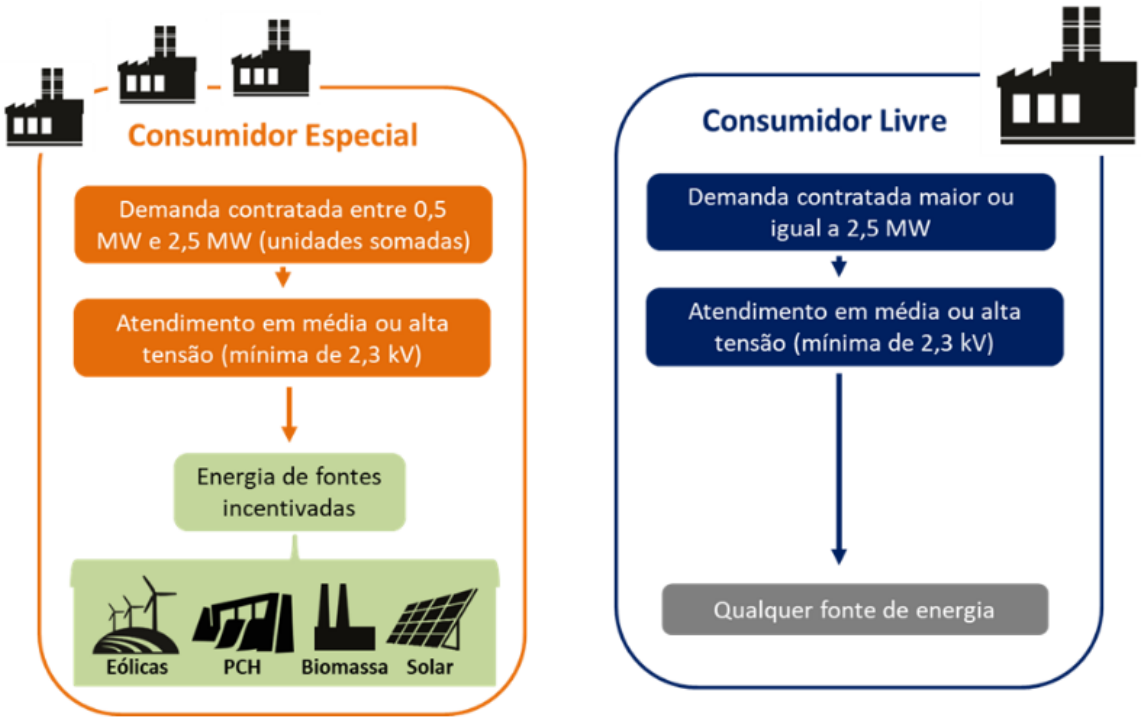
Fonte: adaptado de CCEE (2020)

Adentrando um pouco mais no Ambiente de Contratação Regulada, cabe citar como as tarifas de energia dos Consumidores Cativos são estruturadas. De acordo com o Ministério de Minas e Energia, MME (2020), a tarifa de energia elétrica é definida pela ANEEL e corresponde ao somatório dos investimentos em operações relacionadas à geração, transporte, distribuição e comercialização, acrescida do volume de energia utilizado pelo consumidor naquele mês. O valor final da conta de luz, então, é constituído por tais tarifas e mais o adicional dos impostos como ICMS, PIS e COFINS.

Já os leilões, que também ocorrem dentro do ACR, estão inseridos no sistema desde 2004 através da Lei 10.848/2004 como parte da reformulação do setor elétrico, e acontecem basicamente entre as distribuidoras e as geradoras de energia. São regulados e organizados pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) por delegação da ANEEL, e realizados de maneira inversa ao modelo convencional: ganham aqueles que aceitarem receber a menor tarifa pela energia ofertada, como forma de aumentar a eficiência na contratação do serviço (CCEE, 2020). Segundo a ENGIE Brasil (2020), os leilões possuem papel importante na economia e no setor, já que seus respectivos contratos podem ter duração de 15, 20 ou 30 anos e fornecem garantia tanto de previsibilidade de receita para os proprietários de usinas geradoras, quanto de fornecimento de energia para as distribuidoras durante o tempo vigente. Além disso, dado o longo prazo estabelecido pelos contratos, as usinas geradoras possuem maior segurança para realização de investimentos e empreendimentos. É importante citar, ainda, que usinas geradoras de energia por fontes renováveis vêm participando dos leilões de forma cada vez mais competitiva, graças à queda de seus custos associados.

O Ambiente de Contratação Livre, conforme já citado, é a esfera onde ocorrem operações de compra e venda de energia entre os geradores ou comercializadores e os Consumidores Livres ou Especiais, firmadas livremente através de contratos bilaterais. Entretanto, não é qualquer consumidor que pode migrar para o mercado livre de energia. Existem requisitos para que esta transição possa ser efetuada, como mostra a Figura 2.

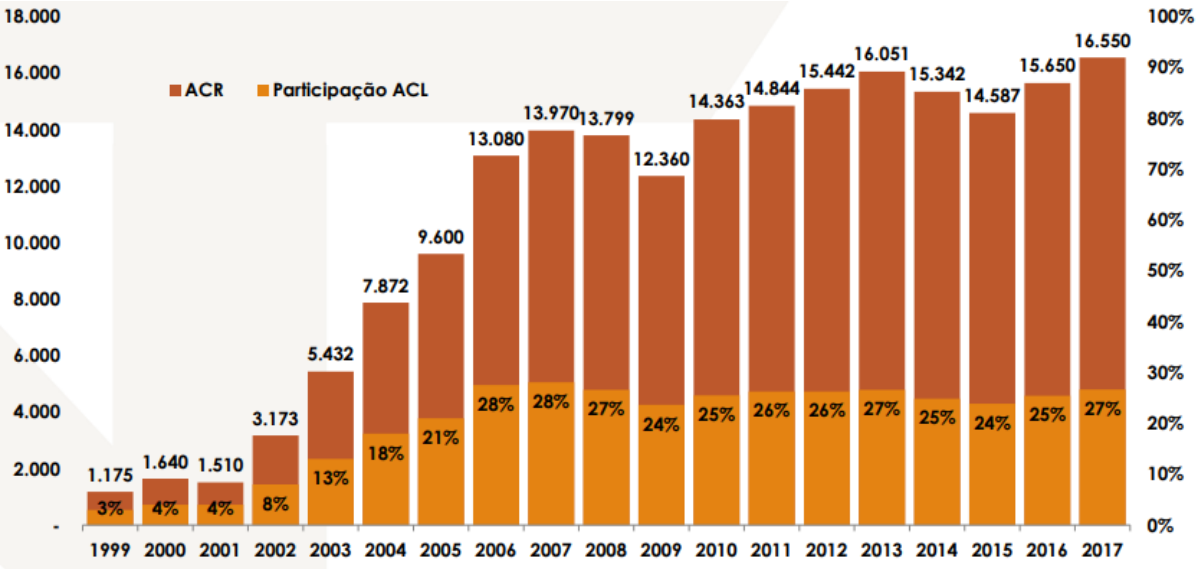
Figura 2: Requisitos para se tornar um consumidor do mercado livre



Fonte: CCEE (2019)

Como pode-se observar na Figura 2, é possível realizar a comunhão entre unidades consumidoras do tipo Especial - normalmente empresas e indústrias - para que, juntas, possam atingir a demanda mínima para entrar no ACL. Nota-se que, frequentemente, mudanças legislativas vêm sendo feitas a fim de que os requisitos para migração ao mercado livre sejam menos restritivos. E, dessa forma, a tendência é que, a cada ano, seja registrado um aumento no número de migrações. O Gráfico 6 fornece uma perspectiva de aumento da participação do mercado livre no setor.

Gráfico 6: Evolução Histórica do ACL



Fonte: ABRACEEL (2017)

Percebe-se, então, que a participação do ACL vem representando fatias maiores do mercado, em especial a partir de 2006. De acordo com a Associação Brasileira de Comercializadores de Energia, ABRACEEL (2020), entre 2018 e 2019 houve ainda um crescimento de 6% de volume de operações do mercado livre, atingindo, assim, um percentual de 30% de toda a energia elétrica consumida no país. O ACL, segundo a Associação, forneceu uma economia de, em média, 34% aos consumidores sobre os valores de suas faturas de energia em 2019.

Além disso, a forte tendência atual de uma maior busca por fontes renováveis e de baixo carbono vem fazendo com que o ambiente livre ganhe força justamente por contemplar e incentivar seu uso (ENGIE BRASIL, 2020). De acordo com a ABRACEEL (2017), só no ano de 2016 houveram mais de 2 mil migrações por fontes renováveis ao ACL. E é neste contexto da procura por fontes mais limpas que se iniciará a apresentação dos Recursos Energéticos Distribuídos que possui, dentre outros objetivos, a priorização das fontes renováveis.

2.2 O QUE SÃO OS RECURSOS ENERGÉTICOS DISTRIBUÍDOS E SEUS RESPECTIVOS PANORAMAS NO BRASIL

Após contextualizado o Sistema Elétrico Brasileiro e suas peculiaridades, cabe adentrar na caracterização dos Recursos Energéticos Distribuídos, pois será possível obter uma melhor visualização de como sua difusão vem acontecendo no país. Este tópico, portanto, levantará alguns dados deste cenário no Brasil, além de destacar os principais exemplos de aplicações.

De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética (2019), os Recursos Energéticos Distribuídos (RED's) podem ser definidos como tecnologias instaladas próximas às unidades consumidoras capazes de gerar e armazenar energia elétrica, isto é, tendo como uma de suas principais consequências a contínua descentralização do atual sistema. Os RED's podem ser melhor estudados quando divididos em quatro principais vertentes (FGV ENERGIA, 2016):

(i) Geração Distribuída;
(ii) Armazenamento de Energia;
(iii) Eficiência Energética; e
(iv) Gerenciamento de Demanda

Essas vertentes dos RED´s acabam incluindo um desdobramento do seu conceito inicial: além de serem tecnologias de geração e armazenamento, tais recursos também podem ser definidos como uma gestão do consumo da própria energia.

A chegada dessas tecnologias vem acontecendo no mundo dentro de um contexto de preocupação ambiental crescente, que incentiva matrizes energéticas mais limpas e diversificadas. Além disso, um outro impulsionador que alavanca a chegada dos recursos distribuídos consiste na participação cada vez mais ativa dos consumidores de energia, que passaram a enxergar de outro modo seu papel na cadeia através de novas oportunidades de atuação, seja pelo gerenciamento de sua própria demanda, ou pela possibilidade de auto geração de eletricidade (FGV ENERGIA, 2016).

Como se trata, então, de uma mudança disruptiva e relativamente recente nos padrões tradicionais de geração, transmissão e distribuição de energia, é de se esperar que a inserção destes recursos nos sistemas provoque grandes mudanças no setor de eletricidade tanto no Brasil quanto no mundo. Ao longo deste trabalho, portanto, foram evidenciados quais são os atuais panoramas destas vertentes no país, bem como os principais impactos na estrutura do atual sistema. Discussões a respeito dos desafios a serem enfrentados com a nova realidade e como outros países estão passando por tal transição também são de grande relevância.

A seguir, para que cada recurso seja melhor compreendido, será realizada uma abordagem mais detalhada acerca de cada um deles. Como será visto ao longo do texto, os RED's podem atuar tanto do lado da demanda quanto do lado da oferta de energia, e, por este trabalho possuir uma abordagem que se concentra mais no comportamento dos consumidores residenciais, seu enfoque está voltado aos recursos pelo lado da demanda.

2.2.1. Geração Distribuída

De acordo com a Agência Internacional de Energia, IEA (2002), a Geração Distribuída (GD) pode ser caracterizada como a produção energética próxima à unidade consumidora, com destaque para a utilização da fonte solar fotovoltaica. A GD elimina a necessidade das complexas linhas de transmissão que carregam a energia em altas tensões até os centros consumidores, e pode ser classificada tanto como *grid-tie*, que é a operação que ocorre juntamente com o sistema elétrico através da dinâmica de compensação de energia, quanto como *off-grid*, que são as gerações distribuídas desvinculadas da rede elétrica.

Com o Sistema de Compensação de Energia Elétrica em vigor desde 2012, o consumidor brasileiro está apto a produzir a própria energia através de fontes renováveis e demandar da rede a parcela faltante para atender sua demanda, ou ainda fornecer para o sistema o excedente produzido. Nesse último caso, a parcela de energia excedente injetada na rede pode ser considerada como crédito de energia a ser consumida posteriormente, válidos por até 60 meses (ANEEL, 2016, *apud* FGV ENERGIA, 2016).

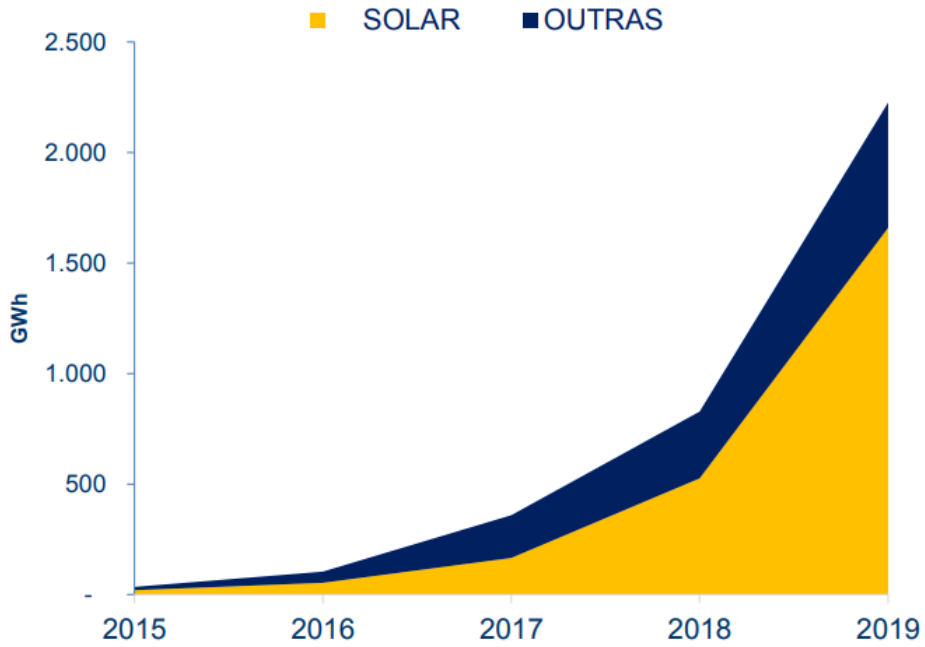
Tais formas de produção de energia pelo próprio consumidor podem ser de microgeração distribuída, que possui potência instalada de até 75 kW, ou ainda de minigeração distribuída, com potência superior a 75 kW e inferior a 5 MW. Através da resolução 482 de 2016, a micro ou minigeração podem ser configuradas de quatro maneiras: uso no próprio local de geração; autoconsumo remoto, que é o uso dos excedentes produzidos de uma unidade em outra de mesmo CPF ou CNPJ; empreendimentos de múltiplas unidades consumidoras em um condomínio, onde os créditos podem ser rateados entre os condôminos; e por fim, a geração compartilhada, na qual um grupo de consumidores de mesma área de concessão podem se reunir para realizar a repartição dos créditos de energia entre si, para reduções nos seus respectivos valores de fatura (ANEEL, 2016, *apud* FGV ENERGIA, 2016).

O consumidor que opta por produzir sua própria energia elétrica e que ainda permanece ligado à rede para participar do sistema de compensação, seja demandando parcela de eletricidade faltante ou injetando energia na rede, são comumente chamados de "prossumidores", isto é, produzem e também consomem energia. Pelo fato destes consumidores ainda estarem vinculados à concessionária de distribuição de sua área, pertencem ao grupo de consumidores cativos, ligados e sujeitos às regras do Ambiente de Contratação Regulada (ACR), conforme explicado anteriormente (BOCUZZI *et al*., 2020).

Embora a geração distribuída venha ganhando força nos últimos anos, sua existência não é tão recente. Sua primeira formalização e conceituação no Brasil aparece no Decreto Lei nº

5.163 de 2004, mas apenas a partir de 2015, após o lançamento do Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica (ProGD), o modelo apresentou crescimento expressivo, conforme mostra o Gráfico 7. De acordo com os dados da ANEEL, em 2012 existiam apenas 4 unidades de GD no país, e mesmo após a Resolução 482/2012 que regulamenta o Sistema de Compensação, apenas um pequeno aumento de unidades distribuídas foi registrado no início de 2013, contando com 9 no total (SILVA *et al*., 2018). O ProGD, então, acabou por representar o divisor de águas no conceito de geração distribuída, por possuir como objetivo principal o estímulo do crescimento do ramo no país. Dentre as ações do programa, estão: financiamento de projetos de instalação de GD; aumento das linhas de crédito; aplicações em pesquisa e desenvolvimento e em novas tecnologias para indústrias de componentes; e a busca de investimentos tanto nacionais, quanto internacionais para energias renováveis (MME, 2015).

Gráfico 7: Geração total em GWh proveniente de micro e minigeração distribuídas

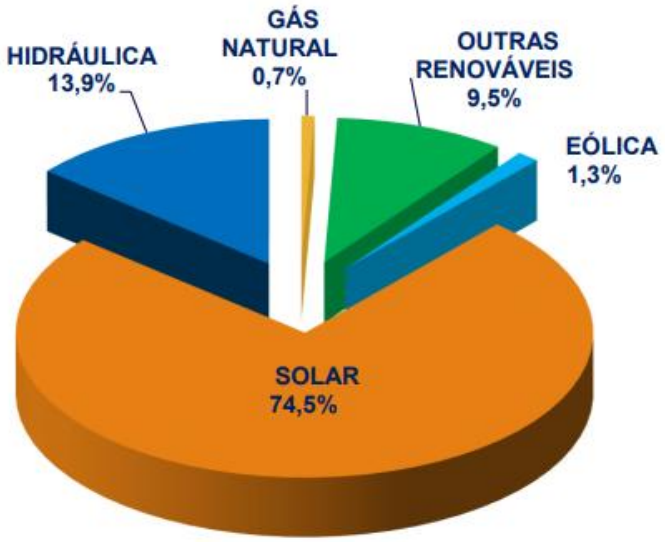


Fonte: Balanço Energético Nacional (EPE, 2020)

De acordo com os documentos de Balanço Energético Nacional de 2018, 2019 e 2020, desenvolvido pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2020), houve um aumento de 245% na geração distribuída no Brasil entre 2016 e 2017, 131% de 2017 para 2018 e de 169% entre 2018 e 2019, fato este que mostra a força que essa vertente dos RED vem ganhando. Conforme já mencionado e evidenciado no Gráfico 7, a fonte solar fotovoltaica é uma das principais quando se trata de GD. No Gráfico 8, também presente no BEN de 2020,

consegue-se ter um comparativo da participação da energia solar frente às outras fontes de GD em 2019 no país.

Gráfico 8: Participação de cada fonte na geração distribuída em 2019 no Brasil



Fonte: Balanço Energético Nacional (EPE, 2020)

Não é à toa que a fonte solar possui destaque nesse ramo, tanto no Brasil quanto no mundo. Nos EUA, por exemplo, 90% da geração distribuída em 2016 era composta por sistemas fotovoltaicos. Dentre os motivos que justificam este fato, estão os incentivos cada vez maiores em pesquisas que desenvolvem novas tecnologias para as células fotovoltaicas que, consequentemente, provocam uma redução dos preços e custos relacionados aos equipamentos do sistema de geração solar. Além disso, incentivos governamentais como os de políticas de financiamento para este tipo de empreendimento também vêm ganhando mais espaço, pelo interesse cada vez maior dos países de obterem matrizes de baixo carbono, renováveis e diversificadas. A simplicidade e rapidez na instalação e manutenção devido à característica modular do sistema fotovoltaico também faz com que os próprios consumidores prefiram este modelo de geração, além da maior facilidade na obtenção de certificados ambientais que dão permissão para as obras serem realizadas (NARUTO, 2017).

2.2.2. Armazenamento de Energia

A disseminação da Geração Distribuída trouxe consigo um outro conceito, que há muito tempo já vem sendo foco de pesquisa: o de armazenamento de energia. Pelo seu caráter

intermitente, a geração de energia pelas fontes solar e eólica que hoje estão presentes na maioria das unidades autoprodutoras, traria ainda mais benefícios se pudesse ser armazenada junto ao consumidor em seus momentos de excesso para serem usadas nos momentos de escassez. Atualmente, existem três modelos de armazenamento de energia: o mecânico, através de sistemas e máquinas que utilizam calor, água ou ar como insumos; o elétrico, pelo uso de componentes como os capacitores; e o eletroquímico, com as tecnologias de hidrogênio e baterias (FGV ENERGIA, 2016).

Os Sistemas de Armazenamento de Energia (SAE), portanto, como o próprio nome já sugere, são sistemas capazes de reter a energia produzida por meio de tecnologias que garantem maior disponibilidade, qualidade e segurança no suprimento. Isto é, eles permitem que a energia esteja livre para o consumo no momento de necessidade, independente se as condições de geração não sejam favoráveis, como baixa incidência solar ou ausência de ventos. Conforme mencionado, a existência destes sistemas não é recente, mas está submetida a constantes inovações. As primeiras baterias, inclusive as de chumbo-ácido e as de níquel-ferro utilizadas até hoje em veículos, surgiram há mais de 150 anos e são caracterizadas por serem equipamentos que requerem frequente manutenção, além de serem pesados e possuírem baixa capacidade de armazenamento. As inovações, então, buscam sistemas cada vez mais confiáveis e eficientes, com altas densidades de armazenamento, acessíveis em relação aos preços e custos e que sejam flexíveis tanto no uso quanto na sua integração a diferentes redes (ABAQUE, 2017).

Um mecanismo bem interessante que pode ligar a Geração Distribuída aos Sistemas de Armazenamento de Energia são os veículos elétricos (VE), através do modelo *vehicle-to-grid system*, ou seja, quando os veículos elétricos estão conectados à rede. Dentre outros motivos, este tipo de automóvel vem ganhando cada vez mais espaço no mercado por não possuir motor à combustão, isto é, por emitir menos gases poluentes durante seu funcionamento, ser energeticamente mais eficiente e possuir tecnologias mais avançadas (BERMUDEZ; CONSONI, 2016). Além disso, os esforços de pesquisas rumo ao progresso no setor vem conseguindo reduzir os custos relacionados à sua fabricação e permitindo o uso mais acessível das baterias de íons de lítio que, consequentemente, reduzem também o preço final do veículo para o consumidor (AHMADI *et al*., 2017). Segundo a Agência Internacional de Energia, IEA (2017), mais de 1 milhão de unidades de VE foram vendidas em 2017, entrando para o montante de mais de 3 milhões em circulação no mesmo ano.

Então, buscando atrelar estrategicamente a entrada mais expressiva dos modelos no mercado com a expansão da geração distribuída, o sistema *vehicle-to-grid* possui como uma

de suas finalidades a utilização de veículos elétricos como componentes de armazenamento de energia da rede. De acordo com a Agência Internacional de Energia Renovável, IRENA (2017), até 2050 estes automóveis possuirão capacidade de carregar 40 terawatts-hora de armazenamento de bateria e, se conectados à rede através de carregadores inteligentes, poderão representar um grande avanço tanto para o setor de transporte quanto para o setor de energia, em especial para as redes que utilizam fontes solares ou eólicas, isto é, intermitentes. Um dos aparelhos pioneiros neste ramo é o Honda Power Exporter 9000, que é um inversor capaz de transferir a energia acumulada nas baterias destes veículos para a rede elétrica (FGV ENERGIA, 2016).

É importante citar, contudo, que o ponto de vista de que estes veículos são mais limpos vem sendo refutado por algumas pesquisas que mostram que a fabricação do carro elétrico gera mais impactos para o meio ambiente em relação aos movidos à combustão, além de poderem ser recarregados por energia elétrica provinda de fontes de alto carbono (UNION OF CONCERNED SCIENTISTS, 2015). Dentro desta discussão, entra também outro fator relevante: o de descarte das baterias de lítio. De acordo com Afonso *et al*. (2004), se alternativas para a eliminação segura deste material não forem criadas, por exemplo, opções de reciclagem, os rejeitos de lítio podem levar a sérios problemas ambientais, desde a contaminação de solos e cursos d'água, até a impactos indiretos para a saúde da população (UFU, 2018).

Conforme será apresentado adiante sobre o cenário mundial frente à inserção dos RED, os estudos no Brasil a respeito do desenvolvimento de tecnologias de armazenamento de energia ainda são incipientes quando comparado a outros países (FGV ENERGIA, 2016). Entretanto, de acordo com a Associação Brasileira de Armazenamento e Qualidade de Energia, ABAQUE (2017), alguns fatores elevam o Sistema Elétrico Brasileiro a um patamar de grande potencial neste setor. Dentre eles: o grande mercado que absorveria novas tecnologias de armazenamento, por possuir em seu território uma capacidade instalada superior a 113 GW; o fato de a América do Sul ser muito privilegiada em termos de reservas de lítio, possuindo mais de 60% do volume conhecido no mundo; o aumento da aderência à geração distribuída e também do uso das fontes de geração intermitente, como já mostrado.

Ainda de acordo com a ABAQUE (2017), um grande mecanismo de armazenamento de energia utilizado hoje no Brasil são os abundantes volumes dos reservatórios das usinas hidrelétricas do país. Tal característica faz com que o sistema seja capaz de absorver e transpor possíveis instabilidades de geração devido à intermitência, sem que o consumidor sinta variações de tensão e frequência ou até mesmo passe pelo desabastecimento. Além

disso, o país foi o pioneiro ao construir a primeira Usina Hidrelétrica Reversível (UHR) do mundo em 1939 - a Usina Elevatória de Pedreira - e em 2016 já contava com 8 do mesmo modelo. Uma UHR utiliza um sistema de turbo-bomba entre reservatórios de diferentes alturas para armazenamento energético através de energia potencial (CASTRO; BRANDÃO; CATOLICO, 2020).

2.2.3. Eficiência Energética

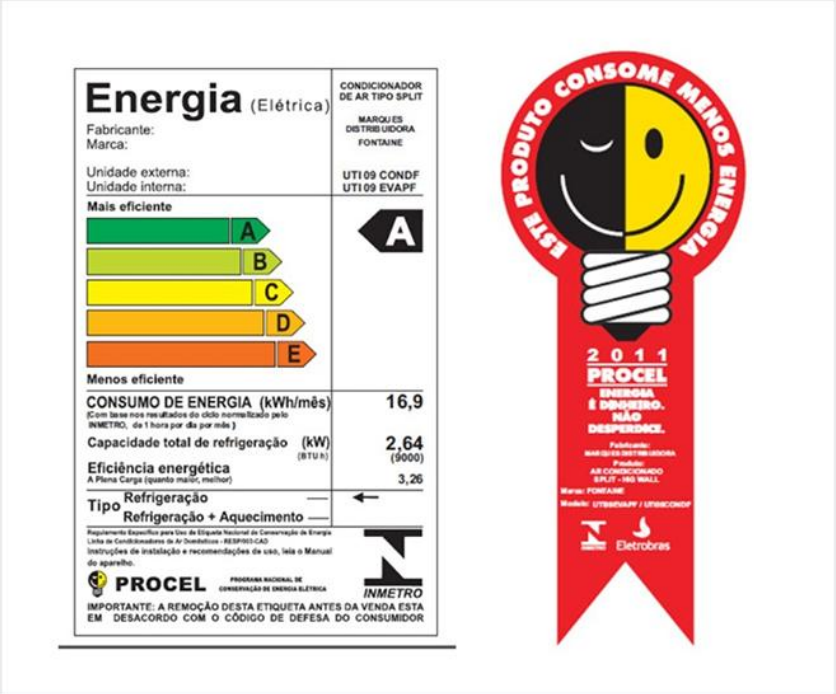
De acordo com a EPE (2020), a Eficiência Energética (EE) pode ser definida como a capacidade de realizar as mesmas atividades com menos energia, ou ainda, como o uso de estratégias que utilizem menos recursos naturais para que o mesmo volume de energia seja produzido. A eficiência energética, portanto, pode atuar tanto do lado da demanda, através do uso consciente de energia por parte dos consumidores, por exemplo, quanto do lado da oferta, através de atividades que demandem menos recursos do ambiente no ato de produzir energia, por parte das geradoras (FGV ENERGIA, 2016). Conforme já falado, o presente trabalho terá uma maior abordagem sobre o comportamento dos consumidores; logo, será dado enfoque na eficiência energética pelo lado da demanda.

Dentre os hábitos e atitudes que podem promover a eficiência energética seja em residências ou em prédios públicos, estão: o maior aproveitamento da luz natural, a troca de equipamentos por aparelhos mais novos e eficientes, a substituição de lâmpadas incandescentes pelas fluorescentes ou de LED, a troca da chave do chuveiro para “verão” quando possível, a não utilização de benjamins e de emendas mal feitas, que podem aquecer tomadas e gerar perdas de energia, a limpeza periódica de lâmpadas para que a incidência da luz não seja reduzida e a escolha de tons claros para as paredes para melhor reflexão da luz. Além disso, é importante citar que muitas medidas também estão atreladas a uma mudança de comportamento dos consumidores, que envolvem: tomar banhos mais rápidos, não abrir a geladeira por tempos prolongados ou sem necessidade, apagar a luz de um ambiente não ocupado, desligar equipamentos que não estão sendo utilizados e utilizar a capacidade máxima das máquinas de lavar para evitar lavagens sucessivas (ELETROBRAS PROCEL, 2020).

No Brasil, com o objetivo de conscientizar os consumidores para implementação dessas e de outras medidas que alavancam a eficiência no uso de energia elétrica e combatem o seu desperdício, em 1985 o Governo Federal criou o PROCEL - Programa Nacional de

Conservação de Energia Elétrica -, que, em vigor até os dias de hoje, é coordenado pelo Ministério de Minas e Energia e executado pela Eletrobrás. Através do decreto nº 9.863 de 2019, novas macro diretrizes do Programa foram validadas com tal finalidade. São elas: aumentar a competitividade do país; adiar investimentos no setor elétrico e diminuir a emissão de gases do efeito estufa (MME, 2020). Dentre algumas das medidas mais conhecidas do Programa estão a disseminação de ações educativas por meio de propagandas, por exemplo, e o Selo Procel Eletrobrás, que sinaliza ao consumidor quais são os equipamentos que demandam menor uso energético durante o funcionamento, isto é, aqueles que são mais eficientes, após passarem por testes no InMetro. Normalmente, os aparelhos que costumam receber o selo são eletrodomésticos como geladeiras, máquinas de lavar e *freezers*, ou até mesmo lâmpadas (ELETROBRAS PROCEL, 2020).

Figura 3: Selo PROCEL de Eficiência Energética



Fonte: ENETEC Consultoria Júnior (2020)

Ainda de acordo com a ELETROBRAS (2018), no ano de 2018 o Programa obteve bons resultados, garantindo uma economia de energia correspondente a 23 bilhões de quilowatts-hora (kWh). A Figura 4 apresenta equivalências a este montante de energia, para possibilitar um melhor entendimento do que todo esse volume representa.

Figura 4: Correspondências ao montante de 23 bilhões de kWh

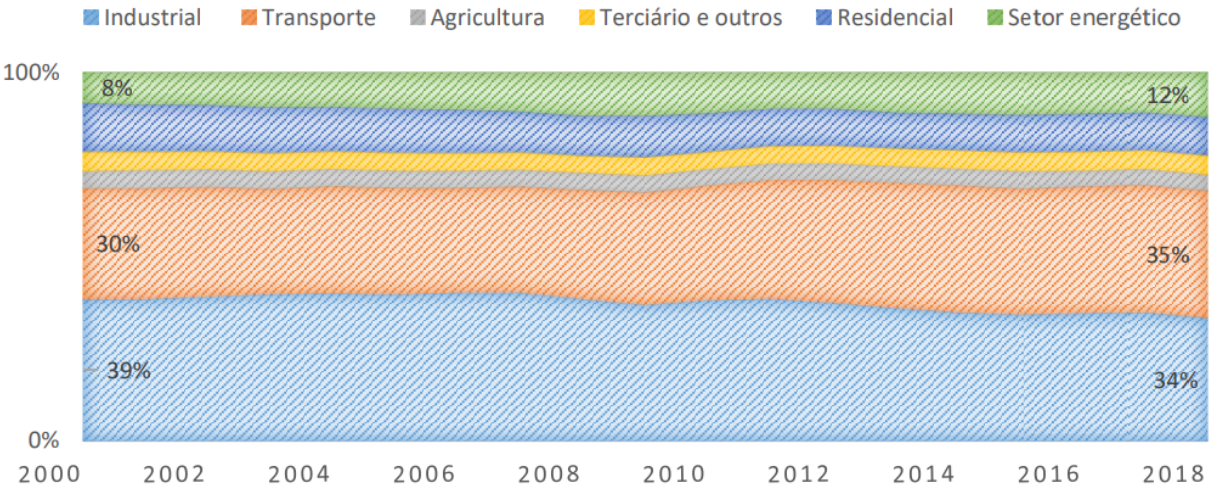
Fonte: Eletrobras (2018)

Desde a criação do PROCEL, algumas leis que ajudaram a impulsioná-lo foram publicadas. Dentre elas, a Lei de Eficiência Energética de número 10.295, criada em 2001 com a finalidade de alavancar o desenvolvimento tecnológico, ajudar a inserir no mercado brasileiro equipamentos mais eficientes energeticamente e de servir como ferramenta para uma maior conservação ambiental. Algumas das medidas de tal política pública consistem em realizar programas de metas, dar partida a estudos de possíveis impactos regulatórios, além de determinar níveis mínimos de eficiência que os aparelhos devem possuir para serem fabricados e comercializados, bem como níveis mínimos para edificações construídas (PROCEL INFO, 2014). Em conjunto com esta lei, por exemplo, um subprograma do Procel foi criado em 2014 com o objetivo de avaliar e identificar edificações: o Procel Edifica. Qualquer edificação no país pode solicitar uma avaliação, recebendo a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE), que classifica de “A” a “E” sua respectiva eficiência energética. Contudo, apenas aqueles que possuem as melhores classificações recebem o Selo Procel Edificações (RANGEL, 2015).

É importante enfatizar que o PROCEL, assim como outras políticas públicas, não se restringe apenas aos consumidores residenciais ou edificações. Além destes, o programa também se estende para os setores industriais, de micro, pequenas e médias empresas, para as áreas de educação, para prédios e iluminação públicos, saneamento e para o ramo de aquecimento solar de água, por exemplo (MME, 2011). Existem também outros programas em eficiência energética que são direcionados especificamente a outros setores, como o CONPET, que possui foco nos produtos que consomem energia derivada de petróleo e gás natural, assim como a maior parte dos automóveis (INMETRO, 2021). Tais políticas são necessárias porque, conforme mostra o Gráfico 9, somente os setores industrial e de

transportes correspondem a aproximadamente 69% do consumo final energético e, desta forma, fica evidente a necessidade de se direcionar programas de eficiência energética para todas as áreas.

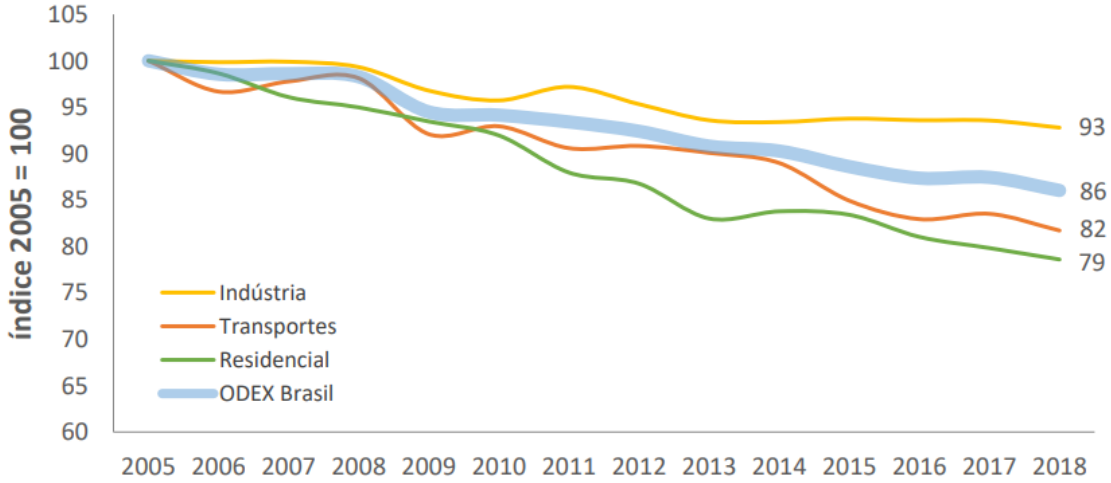
Gráfico 9: Consumo final energético por setor



Fonte: EPE (2019)

De acordo com a EPE (2019) em seu Atlas de Eficiência Energética, um levantamento foi realizado no Brasil apurando seu índice de conservação de energia (ODEX) desde 2005. Tal índice leva em consideração o delta de indicadores de consumo e o pondera em relação ao seu peso, evidenciando o ganho em eficiência energética. O Gráfico 10 mostra os resultados obtidos, e no período do estudo de 2005 a 2018, todos os setores analisados obtiveram resultados positivos, isto é, com ganhos em eficiência. Os setores com maior aproveitamento foram o residencial e de transportes, com ganhos de 21% e 18%, respectivamente. O ODEX de 2018 mostra que, no balanço geral em relação à 2005, o país se tornou 14% mais eficiente energeticamente neste período, fato este fortemente associado com a deliberação das leis e programas já citados.

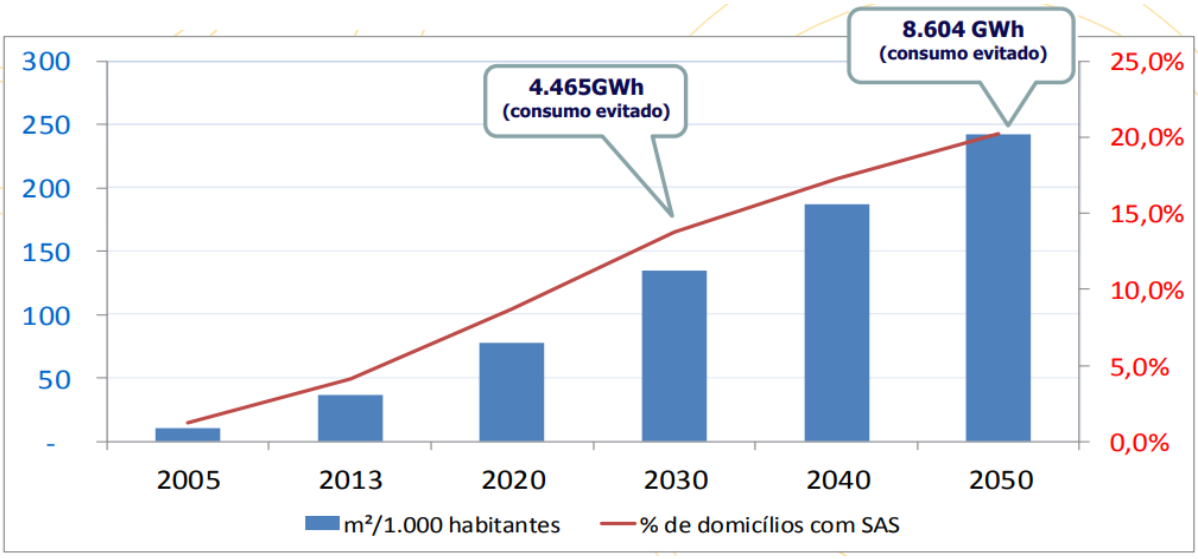
Gráfico 10: ODEX Brasil (2005 - 2018)



Fonte: EPE (2019)

Por fim, é interessante abordar o aquecimento solar térmico como uma oportunidade que liga a geração distribuída com os ganhos de eficiência energética. Segundo a EPE (2015), através do Plano Nacional de Energia 2050, e conforme já discutido no tópico 2.1.1, a crescente adoção da fonte solar nas habitações do país provoca uma projeção de que cerca de 20% dos domicílios adotem Sistemas de Aquecimento Solar (SAS) até 2050. Utilizar tais tecnologias, portanto, não só como fonte de produção de energia elétrica nas residências, mas também para o aquecimento térmico, como da água utilizada no banho, pode gerar uma economia de mais de 8.604 GWh de consumo da rede até lá. Veja no Gráfico 11.

Gráfico 11: Aquecimento solar térmico residencial no Brasil



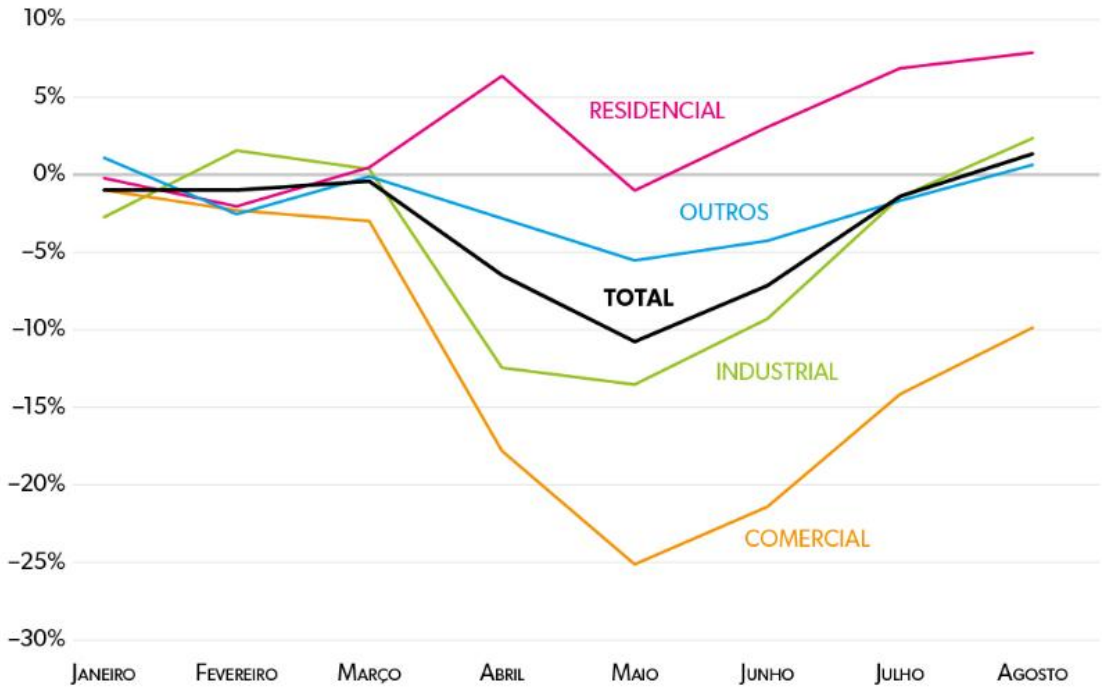
Fonte: EPE (2015)

2.2.4. Gerenciamento de Demanda

O Gerenciamento da Demanda (GD), assim como a Eficiência Energética, busca um consumo mais inteligente da energia. Contudo, enquanto este último busca uma redução no uso do recurso, o GD baseia-se especialmente no princípio de que o consumidor consiga deslocar sua demanda para horários de menor pico ao longo do dia, ou seja, para momentos em que a rede não esteja sobrecarregada (FGV ENERGIA, 2016). De acordo com a CPFL Energia (2020), no Brasil, os horários de pico ou de ponta são aqueles entre 18h e 21h, caracterizados pelo alto consumo de energia elétrica devido ao funcionamento paralelo de iluminação pública, iluminação residencial, fábricas e indústrias, de vários eletrodomésticos e de grande parte dos chuveiros.

Com a disseminação da pandemia do novo coronavírus (Covid-19), entretanto, que teve início no Brasil em Março de 2020 e se estende até hoje, em Março de 2021, houve uma mudança brusca na rotina de muitos brasileiros, principalmente no que diz respeito à instauração do trabalho de dentro de casa, o chamado popularmente de *home office*, e devido às medidas de isolamento social. Neste contexto, o consumo de eletricidade residencial teve um aumento substancial durante este período, enquanto o consumo de outros setores apresentou queda (EPE, 2020). E diante deste cenário, é de se esperar que os hábitos e as percepções do consumidor diante seu gerenciamento de demanda também tenham sido alterados.

Gráfico 12: Taxas de aumento/redução no consumo de energia elétrica durante período inicial de pandemia no Brasil em 2020[3]



Fonte: PORQUE (2020), *apud* EPE (2020)

Sem levar em conta este evento atípico de pandemia, contudo, a ideia de incentivar os consumidores a gerenciarem e deslocarem sua demanda vem de dois motivos principais. O primeiro deles trata-se de garantir uma maior segurança e confiabilidade no suprimento energético graças à maior homogeneidade da curva de carga que se obtém com tal conduta. Além disso, sem grandes sobrecargas na rede é possível considerar a postergação de investimentos e de maiores operações nas linhas de transmissão e em redes de distribuição que proporcionariam o aumento da potência máxima de fornecimento (LIMBERGER, 2014).

Existem dois mecanismos principais de controle e gerenciamento de carga, o direto e o indireto. O controle direto de carga, ou *Direct Load Control* é uma ferramenta que, uma vez que os consumidores concordem, as distribuidoras de energia têm a permissão de controlar à distância determinados equipamentos que consomem energia, podendo ligá-los ou desligá-los nos momentos convenientes, dentro ou fora dos horários de pico. Em troca, os clientes

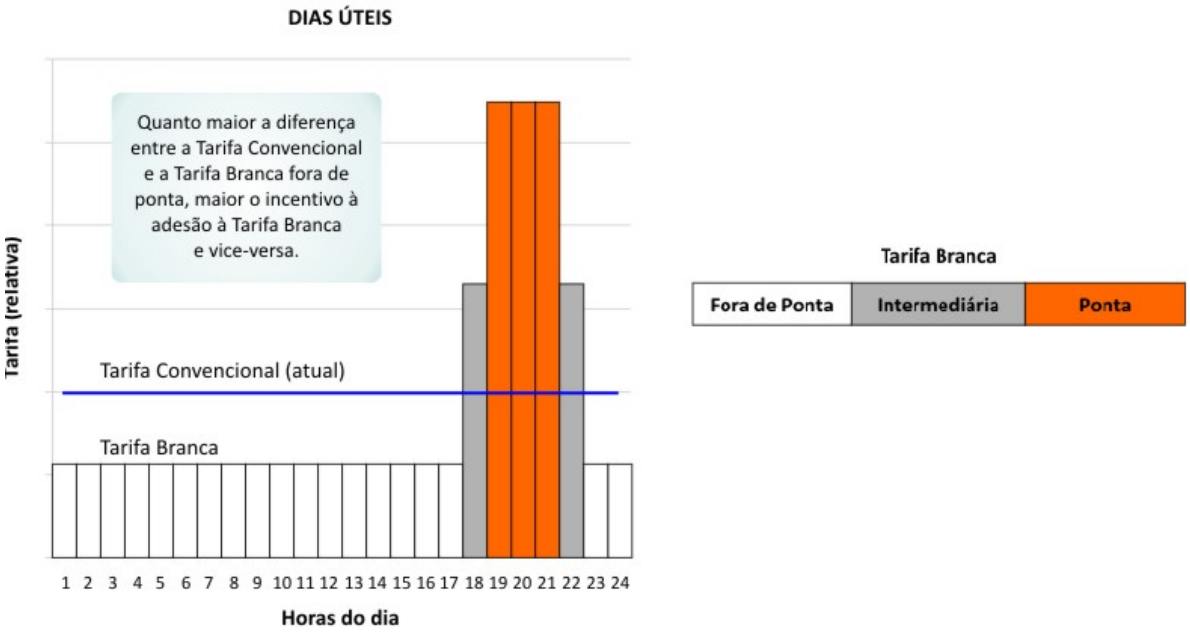
[3] Conforme ilustrado pelo Gráfico 12, assim que foi instaurada a pandemia no país e as medidas repentinas de isolamento entre Março e Abril de 2020, houve um crescimento abrupto do consumo de eletricidade residencial, concomitante à redução nos outros setores. Contudo, a queda do consumo nas residências em Maio pode estar relacionada a um relaxamento em relação às medidas restritivas.

recebem uma redução no valor de suas contas de luz (STRBAC, 2008). Os aparelhos que normalmente se encaixam neste modelo são os de aquecimento ou de climatização, que são controlados através de dispositivos de comando (CUNHA, 2016; BORTOLINI; PAGLIARINI, 2018). Já o mecanismo indireto baseia-se especialmente na mudança de hábitos e padrões de demanda dos próprios consumidores, que transferem sua maior carga de energia para horários fora de pico, sem que haja interferência direta das distribuidoras. O papel principal destas, neste caso, consiste em criar programas de incentivo que contemplem tarifas diferenciadas, como será apresentado a seguir (CORTEZ, 2017).

No Brasil, pela carência de redes inteligentes, o único método utilizado no gerenciamento da demanda é o de controle indireto de carga, representado pela Tarifa Branca - que entrou em vigor em 1º de Janeiro de 2018 e é ilustrada esquematicamente na Figura 5. Este método é um mecanismo de controle que incentiva os consumidores de baixa tensão a deslocarem grande parte de sua demanda para horários fora de ponta, ou seja, para momentos em que a rede possui capacidade ociosa. Aqueles que optam por esta modalidade de tarifação e realmente conseguem realocar seu consumo, recebem uma redução nos seus valores de conta de energia. Caso contrário, no qual o consumidor não consegue se adaptar à nova realidade, este modelo pode gerar efeito reverso, aumentando o preço a se pagar (ANEEL, 2020).

Portanto, para aderir à Tarifa Branca, os usuários da rede precisam ter um bom conhecimento do seu perfil de consumo e de seus hábitos, já que é preciso disciplina para que a modalidade seja vantajosa. Nas unidades em que estas condições não são aplicáveis, o melhor a se fazer é permanecer com a Tarifa Convencional, que não varia entre os horários (ANEEL, 2020).

Figura 5: Comparativo entre a Tarifa Branca e a Tarifa Convencional



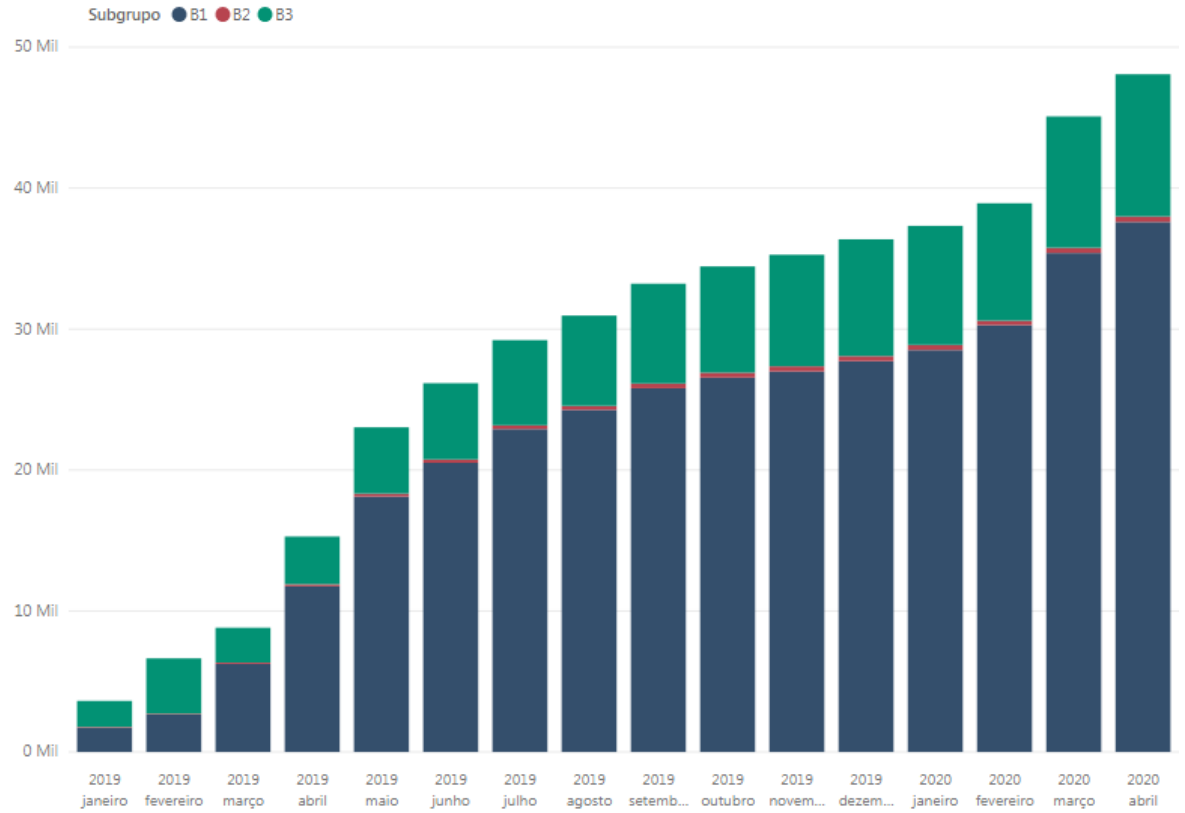
Fonte: Adaptado de ANEEL (2020)

De acordo com Schio (2018), a implementação da Tarifa Branca estava prevista desde o final de 2012 no país. Contudo, além do sentimento de incerteza entre as concessionárias em relação ao sucesso da nova modalidade, um outro importante obstáculo enfrentado foi a ausência de medidores inteligentes que, para serem aprovados pelo Inmetro, precisariam possuir confiabilidade e segurança de dados suficientes para instalação. Apenas em 2017, portanto, os primeiros fabricantes obtiveram autorização do Inmetro para serem produzidos, culminando na implementação da modalidade tarifária logo em seguida, em 2018. Tais medidores inteligentes possuem diversas funcionalidades, dentre elas a capacidade de processamento de informações, que inclui o fornecimento de dados específicos de consumo que permitem às distribuidoras a terem acesso, por exemplo, aos horários em que energia está sendo consumida (LIMBERGER, 2014).

Segundo os dados da ANEEL (2020) referentes à Abril de 2020, um total de 48.077 unidades já haviam adotado a Tarifa Branca no Brasil, sendo a classe residencial a mais expressiva dentre elas, contando com aproximadamente 78,2% do total de adesões. Dentre as distribuidoras de energia ranqueadas, a Enel SP (antiga Eletropaulo) liderava o ranking com 11.125 unidades. O Gráfico 13 fornece um panorama de adesões desde 2019, e para ter-se um melhor entendimento dos dados, é importante citar que em Janeiro de 2018 o modo tarifário entrou em vigor com algumas restrições de consumo mínimo, aumentando a abrangência em

2019 e sendo estendido para todas as unidades consumidoras somente em Janeiro de 2020 (ANEEL, 2020). O subgrupo B1 corresponde às unidades residenciais, o B2 às rurais, enquanto o B3 corresponde às unidades comerciais, industriais e de serviço público.

Gráfico 13: Número de Unidades Consumidoras por Subgrupo



Fonte: Adaptado de ANEEL (2020)

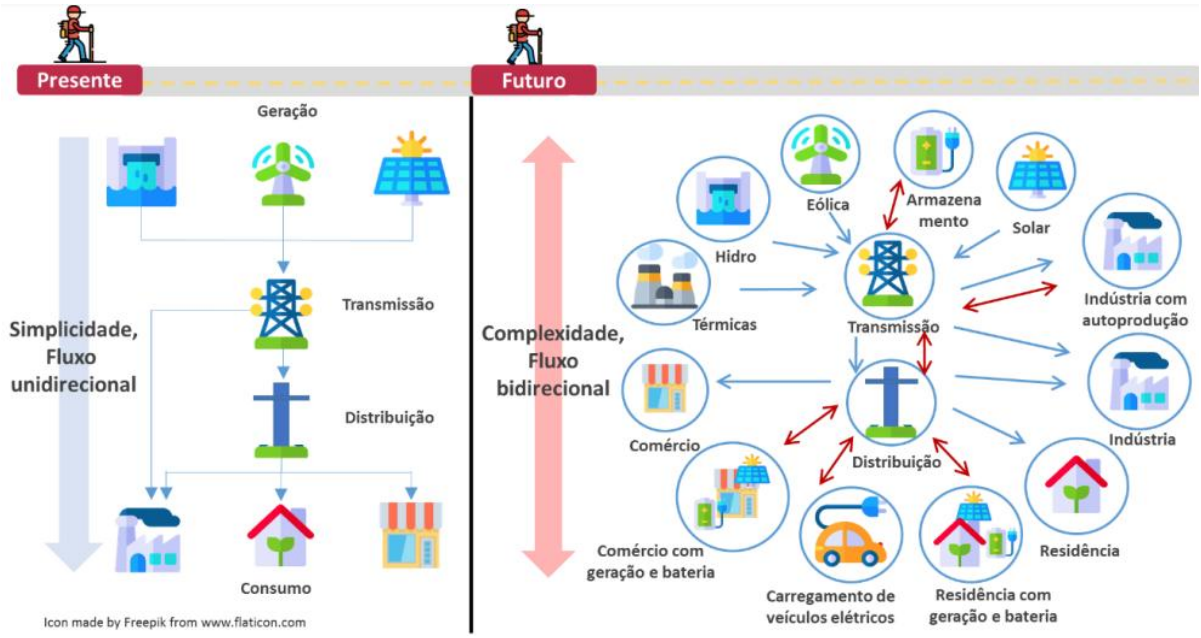
2.3 VISÃO GERAL DE ALGUNS IMPACTOS E MUDANÇAS COM A INSERÇÃO DOS RED

Conforme já apresentado no tópico anterior em relação a alguns aspectos dos Recursos Energéticos Distribuídos (RED), é de se esperar que sua contínua e cada vez mais abrangente inserção cause impactos e mudanças significativas nos atuais Sistemas Elétricos presentes pelo mundo. Nesta seção, portanto, será dado maior enfoque em como a entrada destes recursos pode afetar, principalmente, as estruturas já existentes, os modelos tarifários e o comportamento dos consumidores, em especial os residenciais.

Como visto, uma das principais características destes recursos consiste na maior autonomia que os consumidores de energia recebem, seja na produção ou no gerenciamento

de sua própria demanda. Dessa maneira, especialmente através da adoção em larga escala da Geração Distribuída, acompanhada de insumos que sustentam sua implantação, como a chegada de novas tecnologias de armazenamento, pode-se verificar uma contínua descentralização no sistema. Isto ocorre porque o modelo que antes contava apenas com grandes centrais, como as hidrelétricas ou termelétricas, passa a receber a entrada da micro e da minigeração, que se configuram como pequenas ilhas geradoras. Além disso, devido aos Sistemas de Compensação adotados, a energia passa a percorrer um fluxo bidirecional, no qual o consumidor está apto a puxar ou injetar eletricidade na rede (CASTRO; GOUVÊA; MOSZKOWICZ, 2019). A Figura 6 traz uma visão geral de como a estrutura dos Sistemas Elétricos serão impactados com a inserção dos RED.

Figura 6: Presente e Futuro dos Sistemas Elétricos



Fonte: NYISO (2017)

Esta nova estrutura que vem se consolidando está fortemente atrelada ao conceito de redes inteligentes. As *smart grids*, como é chamado o termo em inglês, refere-se a redes de transmissão e distribuição de energia elétrica que contam com tecnologias de informação e medidores inteligentes capazes de automatizar o sistema e atender às novas características de demandas da sociedade moderna, bem como de coordenar todas as fontes geradoras, sejam elas centralizadas ou distribuídas, e todas as partes interessadas deste mercado (*stakeholders*). Além disso, passam a envolver fluxos bidirecionais de energia, conforme citado, e buscam a melhor utilização dos recursos, a otimização dos processos e custos relacionados, assim como

o aumento da confiabilidade e qualidade do sistema (IRENA, 2015). Isto é, por envolver todas as quatro principais vertentes dos RED - geração distribuída, armazenamento de energia, eficiência energética e gerenciamento da demanda -, o conceito de *smart grid* pode ser considerado como um compilado que evidencia o inter-relacionamento entre todos estes recursos. Este novo modelo de rede, portanto, é uma mudança que já vem sendo consolidada em diversos países, e recebendo fortes investimentos principalmente dentre os desenvolvidos, como descrito adiante. Para que esta mudança tenha uma implementação integral e bem sucedida, portanto, é necessário que hajam incentivos governamentais que garantam uma transição padronizada, o que ainda acontece no Brasil de maneira tímida (NARUTO, 2017).

Ainda no caso do Brasil, a principal dificuldade a ser enfrentada na implementação das redes inteligentes trata-se dos desafios tecnológicos, visto que o sistema elétrico do país possui alto nível de complexidade e, para sua modificação, é necessário o envolvimento de diversos ramos de domínio de conhecimento, além dos altos investimentos e da alteração significativa na infraestrutura da rede. Além disso, precisa-se determinar a que grau esta implantação será feita – nos sistemas de transmissão, distribuição e/ou microrredes (BONALDO et al., 2013). O modelo regulatório do país também se configura como uma barreira, pois há uma incerteza acerca de quem irá arcar com os custos da introdução dessas tecnologias e como tais pagamentos serão feitos, por exemplo (GESEL, 2012).

Nesse novo cenário, portanto, as concessionárias de energia, em especial as distribuidoras, passam pelo desafio de assumirem novos papéis devido à possível perda de mercado e, consequentemente, de receita. As atribuições que antes se tratavam basicamente de planejar a demanda de energia e levá-la aos consumidores finais, agora podem se estender a diversas tendências, desde oferecer outros tipos de serviços aos clientes, como projetos de refrigeração e eficiência energética, ou até mesmo permanecendo apenas como as proprietárias dos ativos, ou seja, dos fios, garantindo a operação da rede e cobrando dos consumidores pela sua utilização e por eventuais necessidades energéticas (CCEE, 2020; GOUVÊA, 2019).

Neste último caso, portanto, que contempla em especial os “prossumidores”, faz-se necessário haver a diferenciação das parcelas da tarifa, viabilizada pela tarifa binômia. Através da sua implementação, as contas de luz seriam discriminadas com componentes separados: uma parcela proporcional ao uso de energia e outra fixa para o uso dos ativos utilizados na distribuição e transmissão, isto é, possibilitando que o cliente que autoproduz sua energia possa pagar apenas pela utilização dos fios que ficam disponíveis em um momento de necessidade energética da rede (GREENER, 2019).

Atualmente, o modelo utilizado para os consumidores de baixa tensão é o da tarifa monômia, em que o valor pago pelo uso de transmissão e distribuição é proporcional ao volume de energia demandado (ANEEL, 2018). No molde em vigor, portanto, um forte contraponto social vem se consolidando à medida em que a Geração Distribuída se dissemina. Aqueles consumidores que possuem condições para aderir à microgeração estão sendo completamente beneficiados pela tarifa monômia, pois como irão reduzir seu consumo de energia da rede, praticamente deixarão de pagar pelo uso dos ativos. Logo, os consumidores que não possuem condições de adquirir sistemas de autogeração como placas fotovoltaicas, a longo prazo terão de assumir um valor mais caro de tarifa para compensar o que os prossumidores deixaram de pagar (ABRADEE, 2016, *apud* FGV ENERGIA, 2016).

Dessa forma, a implementação da tarifa binômia se configura como prioritária para acompanhar a inserção dos RED, em especial da Geração Distribuída, no sistema elétrico. De acordo com a ANEEL (2019), em Fevereiro do mesmo ano foi realizada a sessão presencial da audiência pública para que os possíveis impactos dessa nova modalidade tarifária fossem discutidos, mas sua efetivação ainda não foi realizada até a presente data, ou seja, Março de 2021.

Um outro fator que se mostra cada vez mais notório com a entrada mais expressiva destes recursos é a contradição existente entre o incentivo ao alcance da eficiência energética frente ao molde como as distribuidoras cobram pela energia - através do volume. Se quanto maior o montante de energia demandada pelos consumidores, maior o faturamento de tais concessionárias, seus motivos para incentivar os usuários a serem mais eficientes energeticamente acabam sendo menores. Isso acontece tanto no Brasil quanto em outros países do mundo, e para que tal conscientização em meio à sociedade seja ainda mais significativa, será necessário haver um redesenho de como a energia é cobrada, de modo que as distribuidoras possuam um papel mais ativo na disseminação de práticas que levam à eficiência energética (FGV ENERGIA, 2016).

Contudo, é interessante ressaltar que embora este modelo de faturamento não seja o ideal, a eficiência energética pelo lado da demanda ainda é interessante para as concessionárias, pois o menor uso de energia por parte dos consumidores e consequente amortização da sobrecarga na rede proporciona a possibilidade de adiamento dos investimentos e obras nas estruturas para expansão do sistema (GOUVÊA, 2019).

Com esta rápida abordagem de alguns impactos da inserção dos RED já foi possível perceber duas mudanças necessárias no modelo tarifário: a da tarifa monômia para binômia e a da alteração da cobrança pelo volume. Isso deixa claro que, a longo prazo, o

impulsionamento destes recursos levará a uma transição disruptiva capaz de alterar profundamente conjuntos normativo-regulatórios e modelos tarifários dos setores elétricos ao redor do mundo.

Além disso, um outro ponto de alta relevância neste contexto e que já pode servir de introdução ao que será discutido ao longo do trabalho está relacionado às incertezas das escolhas dos consumidores. De acordo com a EPE (2019), a entrada dos RED no sistema irá impactar diretamente no planejamento de expansão do sistema energético, bem como no planejamento de geração, transmissão e distribuição, que são responsáveis por garantir que os requisitos de segurança e confiabilidade sejam atendidos. Isto porque as escolhas dos consumidores finais de energia em adotar ou não novos sistemas alternativos, como de Geração Distribuída e armazenamento, afetam no volume a ser demandado da rede e se configuram como mais uma fonte de incerteza para tais planejamentos. Ainda segundo a EPE (2019), o comportamento destes consumidores muitas vezes não corresponde ao que é sugerido pela Economia clássica, que analisa primordialmente os ganhos econômicos adquiridos pelas decisões. Muitos outros fatores podem estar relacionados ao processo decisório, tais como quesitos sociais, culturais e individuais, que não são facilmente controláveis e previsíveis e que irão se tornar mais um desafio frente a este novo cenário. O foco deste trabalho, então, será de realizar um estudo em como a Economia Comportamental pode servir de ferramenta para o melhor entendimento do comportamento destes consumidores de energia durante suas tomadas de decisão frente à chegada destes novos recursos.

Ainda em relação ao comportamento dos consumidores, nota-se uma maior preocupação ambiental nos últimos anos tanto no viés social quanto no legal, o que provoca um aumento das pressões em busca de maiores ações relacionadas à preservação dos recursos naturais (LADEIRA; MAEHLER; NASCIMENTO, 2012). Nesse sentido, de acordo com Stolf (2018), a busca pela sustentabilidade na geração de energia elétrica também vem se configurando cada vez mais como alvo de preocupação, e conforme mostra a pesquisa realizada por ele, a consciência ambiental é um dos fatores que possuem efeitos positivos para adoção da energia solar fotovoltaica, isto é, uma fonte de baixo carbono. Portanto, a inserção dos recursos energéticos, por possuírem como um de seus grandes benefícios a contribuição ao meio ambiente, ajuda a fomentar cada vez mais essa gradual mudança de comportamento.

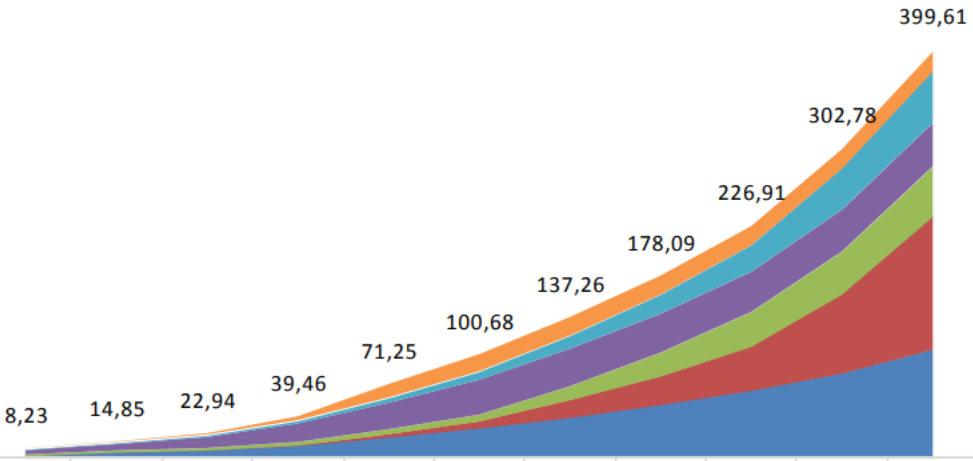
Contudo, algumas questões relevantes para um possível debate neste sentido são: até que ponto é realmente sustentável, no sentido original da palavra, esta larga introdução da

Geração Distribuída? Haveria segurança no suprimento caso grande parcela da população e das instituições decidissem por adotá-la? Isto é, é possível abrir mão das outras fontes que, mesmo que não sejam ambientalmente favoráveis, ainda garantem maior estabilidade e diversificação do suprimento energético? Estas são questões muito pertinentes, porém, como não se tratam do principal enfoque do trabalho, ficam como sugestões para futuras pesquisas.

2.4 ALGUMAS CONDUTAS INTERNACIONAIS DIANTE DA ADOÇÃO DOS REDS

Conforme será visto agora, os Recursos Energéticos Distribuídos vêm ganhando ainda mais força no exterior, como nos EUA e em alguns países da Europa. Para introduzir melhor esta seção, portanto, é interessante evidenciar um gráfico que mostra a evolução da capacidade instalada de geração fotovoltaica no mundo e no Brasil. Isto porque, além da Geração Distribuída ser uma das principais vertentes destes recursos, a geração fotovoltaica também se configura como a principal no ramo. Portanto, o Gráfico 14 já transmite a ideia essencial de que, embora o Brasil esteja tendo um bom avanço frente aos RED, seus esforços ainda são irrisórios quando comparados com outros países.

Gráfico 14: Evolução da capacidade instalada de geração fotovoltaica no mundo, nos principais países e no Brasil (GW)



	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Itália	0,10	0,50	1,28	3,61	13,14	16,80	18,20	18,61	18,92	19,29	19,70
E.U.A.	0,46	0,75	1,19	2,04	3,96	7,33	12,08	18,32	25,67	40,40	51,00
Alemanha	4,17	6,12	10,57	18,01	25,92	34,08	36,71	37,90	39,22	40,72	42,39
Japão	1,92	2,14	2,63	3,62	4,91	6,63	13,60	23,34	34,15	42,00	49,00
China	0,10	0,14	0,30	0,80	3,50	7,06	17,74	28,38	43,53	78,00	131,00
Outros	1,49	5,20	6,98	11,39	19,82	28,78	38,93	51,53	65,39	82,30	105,42
Brasil	-	-	-	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,08	1,10
Total mundial	8,23	14,85	22,94	39,46	71,25	100,68	137,26	178,09	226,91	302,78	399,61

Fonte: BP (2018)

De acordo com a FGV ENERGIA (2016), os governos ao redor do mundo devem desenhar seus modelos de incentivo às políticas energéticas de acordo com as peculiaridades existentes em cada país, e a velocidade de penetração dos RED será um resultado direto da eficácia destes incentivos e de como foram implementados. Segundo a Fundação, incentivos financeiros ou fiscais estão tendo grande relevância frente aos altos custos relacionados à sua implantação. Um bom exemplo deste fato é o expressivo crescimento da geração solar nos EUA, que ocorreu graças à adoção do *Business Energy Investment Tax Credit* (ITC), um incentivo fiscal que permitia que 30% do valor investido em painéis solares instalados até o fim de 2019 fossem abatidos do imposto de renda federal. A partir de 2020, este percentual tem perspectivas de reduzir gradativamente (U.S. DEPARTMENT OF ENERGY, 2019).

Ainda sobre os incentivos tarifários, segundo Costa-Campi e Trujillo-Baute (2015), o *Feed-in Tariff* (FiT) é a política de estímulo à Geração Distribuída e de promoção a fontes de energias renováveis mais disseminada no mundo, com larga adoção pelos integrantes da União Europeia e outros países como EUA, Índia, Japão e China. O funcionamento deste mecanismo trata-se de tornar obrigatório, sobre os serviços públicos de fornecimento de energia, a compra de uma quota de energia provinda de fontes renováveis. Então, contratos de longo prazo - de 10 a 20 anos - são estabelecidos entre os produtores deste tipo de energia e as distribuidoras, de forma que a venda seja realizada a uma taxa fixa. O valor pago pela compra normalmente é repassado e dividido igualmente entre os consumidores da área de concessão, através de uma taxa adicional na conta de luz, que é justamente a tarifa em questão. Este longo período acordado possui a intenção de garantir segurança aos investidores (produtores) (SOLARVOLT ENERGIA, 2020).

O país que mais utilizou este modelo tarifário foi a Alemanha, com uma aplicação muito bem sucedida. Para aprimorar a política, no ano de 2000 foi publicada no país a Lei das Energias Renováveis (EEG) que, dentre outros aspectos, tinha como objetivo principal de garantir a maior inserção de fontes renováveis na sua matriz, priorizando-as. Além disso, estipulava valores decrescentes para a FiT, de modo a acompanhar a entrada das renováveis ao longo dos anos. Como resultado, a Alemanha teve uma crescente e muito significativa inserção deste tipo de fonte, em especial da geração solar fotovoltaica, levando-a à posição de destaque vista no Gráfico 13. Entretanto, os consumidores domésticos literalmente precisaram pagar o preço de toda esta mudança: o valor pago pela eletricidade sofreu um aumento de aproximadamente 100%, isto é, passou de €0,14/kWh em 2000 para €0,29/kWh em 2013. Dentre outros motivos, este acréscimo se deu pela rápida expansão das renováveis e pelas isenções de tributações para o setor industrial (POSER *et al*., 2014).

Em relação ao desenvolvimento de tecnologias de armazenamento de energia, os EUA e países da Europa, como a Alemanha, também estão muito à frente. Para o incentivo e implementação destes sistemas, uma das políticas utilizadas nos EUA é a de determinar metas de armazenamento para os estados, medida considerada eficiente por obrigar as concessionárias a instalarem quantidades mínimas de capacidade, o que auxilia na entrada de fontes solar e eólica nas redes, por exemplo. Este molde beneficia as distribuidoras, visto que ao adquirirem armazenamento, podem adiar os investimentos em infraestrutura dos cabos (SPECTOR, 2016).

Já na Alemanha, segundo Anand e Simon (2016), a projeção é que o mercado de armazenamento do país sofra uma expansão de 11 vezes entre os anos de 2015 e 2021, sendo a maior parte do crescimento provinda do ramo residencial. Grande parte dessa expansão vem por parte do interesse dos próprios clientes residenciais em serem mais auto-suficientes na produção de sua energia. No ano de 2015, 41% das novas instalações solares no país já contavam com sistemas de bateria, número considerado o mais alto do mundo. No ano anterior, apenas 14% das instalações possuíam estes sistemas, o que mostra a força que o setor vem adquirindo a cada ano. Para 2016, a projeção era que o país adquirisse um incremento de quase 100 MW, o que tornaria os sistemas distribuídos com maior capacidade em armazenamento frente aos sistemas centralizados (DEIGN, 2016). O Gráfico 15 dá uma perspectiva do crescimento do mercado de armazenamento na Alemanha.

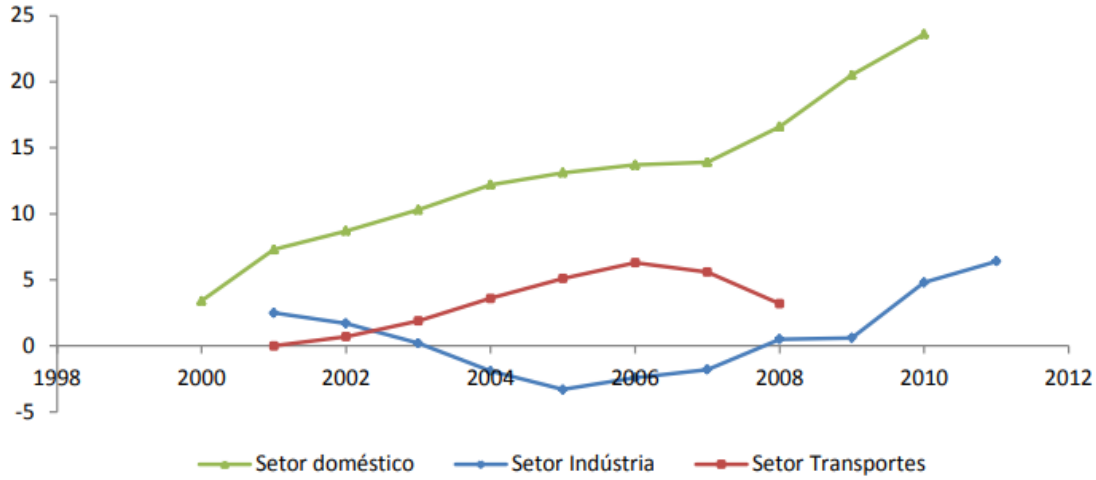
Gráfico 15: Perspectivas do mercado alemão de armazenamento de energia, 2016-2021 (MW)

Fonte: Adaptado de GTM Research Report (2016)

Como medidas para incentivar a Eficiência Energética, os EUA possuem uma política parecida com a de incentivo em instalações fotovoltaicas: a de fornecer créditos para aqueles consumidores residenciais que investirem em medidas de eficiência em suas casas, através do *Residential Energy Efficiency Tax Credit*. Ações como adquirir sistemas de aquecimento e ar condicionado com baixo consumo de energia feitas em 2018, 2019 ou 2020 podem permitir ao consumidor a reivindicar um crédito de 10% do custo das melhorias ou ainda abater do seu imposto de renda um percentual do valor investido, sujeita ao limite de crédito de $500 (IRS, 2020).

Na mesma linha, através do Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética (PNAEE) aprovado em 2008, Portugal foi um país que também obteve bons resultados através de incentivos fiscais e de programas em eficiência no uso final da energia (MILAGAIA, 2015). O Gráfico 16 mostra estes resultados e evidencia que o setor residencial foi o que alcançou melhores ganhos.

Gráfico 16: Ganhos em Eficiência Energética em Portugal entre 2000 e 2011 (%)



Fonte: ODYSSEE (2014)

Outro ponto que muito se relaciona com o tema deste trabalho, é como as distribuidoras americanas vêm alcançando bons resultados em Eficiência Energética e Resposta da Demanda ao utilizar conceitos de Economia Comportamental, que será definida no próximo capítulo. A primeira ação consiste em utilizar o "efeito vizinhança", cujo foco principal é comparar o consumo das pessoas da área de concessão com o de vizinhos próximos, para que haja ganhos em eficiência ao redor da comunidade, bem como o impulsionamento de melhores práticas de consumo. Outras atividades envolvem o conceito de *gamification*, que faz da competição e da busca por pontos - elementos utilizados em jogos e videogames, formas de engajar os consumidores de determinada área a se atentarem aos bons hábitos. E por fim, o uso das redes sociais ou e-mails como meios de informar aos consumidores de determinada região que o preço da energia está mais elevada que o normal, ou que uma indústria suja de geração de energia precisará ser ativada caso o consumo não reduza (EPE, 2019).

A respeito do Gerenciamento da Demanda, de acordo com Tan, Yang e Nehorai (2014), o sistema de tarifação *Time of Use* (TOU) pode ser considerado como um dos mais eficientes no ramo de controle de carga. Ele possui o mesmo princípio de funcionamento da Tarifa Branca, adotada no Brasil - que determina diferentes valores de tarifa para diferentes horários do dia -, como forma de incentivar os consumidores a deslocarem sua demanda para horários fora de pico. Entretanto, para que este modelo seja amplamente adotado pelos clientes, a alteração no preço das tarifas deve ser realmente atrativa. No Canadá, por exemplo, por volta de 90% dos consumidores modificaram suas práticas de consumo e alcançaram de 3 a 6% de

economia mensal nos seus valores de fatura após sua implementação (ONTARIO ENERGY BOARD, 2016).

Já no estado da Califórnia (EUA), após um tempo da efetivação da TOU, apenas 1% dos clientes residenciais permaneceram adeptos à tarifa, visto que não consideraram uma opção economicamente interessante (JOSKOW, 2012). Por outro lado, o Controle Direto de Carga, ou *Direct Load Control* que, conforme explicado anteriormente, permite que as distribuidoras controlem remotamente determinados equipamentos quando permitido pelo cliente, foi a medida que apresentou maior eficácia no país para o deslocamento de carga e redução do pico (GUIMARÃES *et al*., 2013). Portanto, estes diferentes resultados obtidos no Canadá e nos EUA nos mostram que é necessário realizar um estudo das peculiaridades de cada país antes de se estipular novas políticas.

3. A ECONOMIA COMPORTAMENTAL

3.1 A ECONOMIA TRADICIONAL E A UTILIDADE DO CONSUMIDOR

Antes de iniciar a abordagem do conceito de Economia Comportamental e quais são suas principais características, é preciso que se faça uma pequena introdução de como a Economia Tradicional estuda as escolhas dos consumidores. Dessa maneira, ficará mais fácil de confrontar as duas visões e perceber que esta última traz alguns conceitos um pouco menos flexíveis a respeito do que nos leva a tomar determinadas decisões.

De acordo com os economistas clássicos, as escolhas dos consumidores se baseiam em optar pelo melhor conjunto de bens dentre os quais eles podem adquirir, maximizando seu bem estar: é o que estuda a Teoria do Consumidor (PINDYCK; RUBINFELD, 2013). Pode ser considerada como um modelo econômico simplificado da vida real, que pressupõe que os indivíduos são seres racionais e tomam suas decisões levando em consideração todas as informações presentes, de modo a optar pela escolha que aumenta sua satisfação (HUBBARD; O'BRIEN, 2010).

3.1.1. Restrições Orçamentárias

Para iniciar a abordagem da Teoria do Consumidor, portanto, é preciso partir do que os consumidores "podem adquirir", ou seja, aquilo que está dentro do que sua renda permite pagar. Neste modelo econômico, então, de acordo com Varian (2015), as opções normalmente são reduzidas a apenas duas possibilidades, chamadas de "cestas" e representadas por *(x1, x2)*. Cada uma destas opções possui um preço associado, que é indicado por *(p1, p2)*. Além disso, também é levada em consideração qual é a quantia de dinheiro disponibilizada pelo consumidor, denominada por *m*. A partir destas variáveis, pode-se escrever sua Restrição Orçamentária (Equação 1):

$$p_1 x_1 + p_2 x_2 \leq m \qquad (1)$$

Esta expressão determina que a quantidade adquirida de cada bem pelo seu respectivo valor não pode ultrapassar a quantia que o consumidor dispõe. Já a sua Reta Orçamentária

representa todas as possíveis combinações de cestas que, juntas, custam exatamente *m*, esgotando a renda do consumidor. É representada por (Equação 2):

$$p_1 x_1 + p_2 x_2 = m \qquad (2)$$

Sua inclinação, dada por *-p1/p2*, fornece uma importante interpretação: qual é a quantidade de um bem que o consumidor deve abrir mão para adquirir uma unidade do outro bem, isto é, a taxa na qual se está disposto a substituir um pelo outro (VARIAN, 2015).

3.1.2. Preferências do Consumidor e Curvas de Indiferença

Agora que já foi apresentado aquilo que os consumidores "podem adquirir" através das Restrições Orçamentárias, é necessário abordar o que eles "querem adquirir", isto é, o melhor conjunto de bens. De acordo com Pindyck e RubinFeld (2013), o melhor conjunto de bens é definido pelas preferências do consumidor, e pode-se agrupá-las nas chamadas Curvas de Indiferença. Uma curva de indiferença agrupa todas as cestas para as quais o consumidor é indiferente, isto é, reúne todas as possíveis combinações que geram o mesmo grau de satisfação a ele. Cada uma destas curvas recebe uma Função de Utilidade *U(x1,x2)*, e curvas com maior valor de *U* representam maior utilidade (satisfação) para o consumidor.

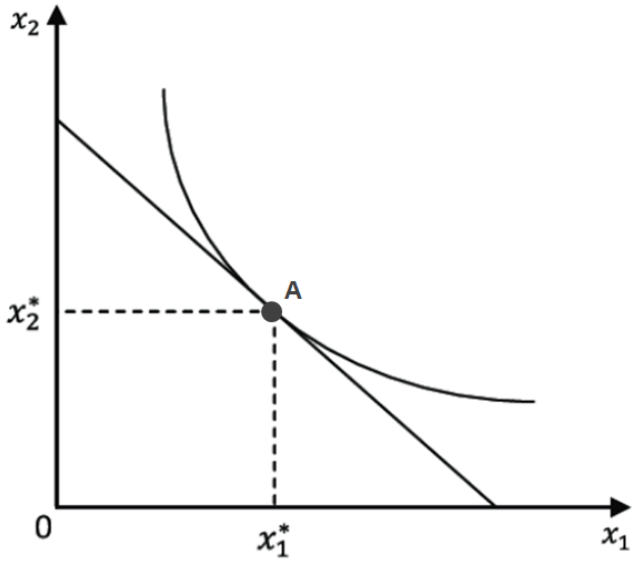
Um importante conceito derivado das curvas de indiferença, e que possui um princípio parecido com a inclinação da reta orçamentária, é a Taxa Marginal de Substituição (TMS). A TMS fornece a compreensão do quanto o consumidor está disposto a substituir um bem pelo outro. Isto é, se tiramos dele uma parcela do bem *x1*, a TMS indica o quanto do bem *x2* é necessário para colocá-lo na curva de indiferença novamente (VARIAN, 2015).

3.1.3. Escolha do Consumidor

Após ser determinado tudo aquilo que o consumidor "pode adquirir" através das restrições orçamentárias, bem como o que ele "quer adquirir" por meio de suas preferências, sua escolha final pode ser realizada. De acordo com Pindyck e RubinFeld (2013), duas premissas devem ser consideradas: (i) Sua escolha deverá estar sobre a reta orçamentária; (ii) A escolha deverá fornecer ao consumidor sua cesta preferida de bens.

Dadas estas premissas, a escolha em questão pode ser chamada de escolha ótima, representada por (x_1^*, x_2^*), e fixada no ponto em que a reta orçamentária tangencia aquela curva de indiferença com maior valor de utilidade possível (VARIAN, 2015). Ou seja, é o ponto no qual a inclinação da reta orçamentária corresponde com a Taxa Marginal de Substituição (TMS) da curva de indiferença (PINDYCK; RUBINFELD, 2013). O Gráfico 17 ilustra o ponto de escolha ótima do consumidor, representado por A. Neste ponto, reta orçamentária tangencia a curva de indiferença, indicando a melhor cesta de bens dentre as quais o consumidor pode escolher.

Gráfico 17: A escolha do consumidor



Fonte: Adaptado de Oliveira; Cortes; Neto (2011)

3.1.4. Algumas críticas à Teoria do Consumidor

Conforme foi visto, segundo a Teoria do Consumidor estudada pelos economistas clássicos, o processo de escolha segue algumas premissas e busca escolher quantidades de bens que, além de atenderem à renda limitada do consumidor, maximizam seu grau de satisfação. A teoria supõe, ainda, que as escolhas são feitas de maneira completamente racional (PINDYCK; RUBINFELD, 2013).

Contudo, algumas críticas acerca dessa teoria abordam, por exemplo, que a satisfação de um consumidor não pode ser expressa em índices numéricos e através de cálculos matemáticos. Isto é, em muitas situações não se trata de um conceito mensurável, além de

existirem diversos outros fatores capazes de influenciar no processo de decisão, como a possibilidade de o consumidor adquirir um renome social ou uma posição de destaque frente aos outros, de acordo com uma escolha ou outra. Uma outra crítica é feita à expressão "*Coeteris Paribus*", que supõe que "todas as demais variáveis permanecem constantes", ou seja, que o consumidor irá apenas levar em conta seu orçamento e as cestas em questão, mostrando certa inflexibilidade da teoria (SOARES, 2011).

Além disso, de acordo com Herbert Simon (1959) e seu conceito de racionalidade limitada, o cálculo de maximização da utilidade pode ser relevante para decisões simples, mas não se aplica quando existe complexidade, que é o caso do mundo real. Segundo o autor, limitações internas, como o processo cognitivo do indivíduo, e limitações externas, como as incertezas envolvidas, são capazes de alterar profundamente a racionalidade de uma decisão. Muitos outros fatores e objetivos conflitantes, por exemplo, podem influenciar no processo de escolha, e para que se tenha uma melhor previsão da ação do consumidor é necessário haver boa compreensão dos conflitos e de sua respectiva cognição.

Ainda de acordo com Simon (1959), em muitas situações o indivíduo não é capaz de ordenar suas preferências, e também não possui informações completas e perfeitas a respeito do mercado. Ou seja, na maioria dos casos não é coerente esperar que o consumidor fará sua escolha somente pautado pelo que delimita sua reta orçamentária e sua curva de indiferença, porque podem não ser bem representativas.

Portanto, conforme já falado, um dos objetivos deste trabalho é estudar o comportamento do consumidor de energia frente à chegada dos Recursos Energéticos Distribuídos e mostrar que, em diversos casos, suas escolhas não são ditadas apenas pelos ganhos monetários. É necessário entender seus principais objetos de incentivo para que se possa moldar políticas públicas realmente eficazes e para garantir uma melhor previsibilidade de como o mercado irá se desenhar nos próximos anos. A seguir, foi feito um breve estudo da Economia Comportamental, que aborda de maneira mais profunda a complexidade dos processos de escolha.

3.2 A ECONOMIA COMPORTAMENTAL: UMA NOVA FORMA DE ENTENDER O CONSUMIDOR E SUAS ESCOLHAS

Nesta seção, foram apresentadas as decisões dos consumidores, dados alguns fatores determinantes do comportamento do consumidor não abordados pela Economia Tradicional. Assim, de acordo com Samson (2015), a Economia Comportamental (EC) estuda o processo

de escolha e a conduta econômica de indivíduos a partir da influência de vieses sociais, cognitivos e emocionais, através da experimentação:

> "Segundo a EC, nem sempre as pessoas são egoístas, calculam o custo-benefício de suas ações e tem preferências estáveis. Mais ainda, muitas das nossas escolhas não resultam de uma deliberação cuidadosa. Somos influenciados por informações lembradas, sentimentos gerados de modo automático e estímulos salientes no ambiente. Além disso, vivemos o momento, isto é, tendemos a resistir às mudanças, a não sermos bons para predizer preferências futuras, somos sujeitos a distorções de memória e afetados por estados psicológicos. Finalmente, somos animais sociais, com preferências sociais como aquelas expressas na confiança, altruísmo, reciprocidade e justiça, e temos o desejo de ser coerentes conosco e de valorizar as normas sociais." (SAMSON, 2015, p. 26)

Embora possua o mesmo objetivo - o de entender e prever o comportamento e as ações dos agentes econômicos -, a Economia Comportamental não supõe exclusivamente a racionalidade nas decisões, assim como faz a Economia Tradicional. Isto é, ela busca entender como o indivíduo realmente se comporta, o chamado *Homo psychologicus*, levando em conta que estes seres estão passíveis a diferentes circunstâncias: são influenciados por mudanças pontuais no cenário da decisão, confiam demasiadamente em outras pessoas, ou ainda, dão pesos desproporcionais e indevidos às diferentes variáveis existentes (READ, 2015).

Segundo Simon (1992), estes indivíduos têm a intenção de agirem racionalmente, mas não possuem conhecimento e habilidade para tal. Além disso, entender os fatores culturais de cada sociedade e suas influências no pensamento individual também é de suma importância para predizer as escolhas dos consumidores, sendo a Economia Comportamental muito bem aplicável às diferentes culturas (HALONEN; CALDWELL, 2015).

É importante citar que para o desenvolvimento dessa ciência, que é considerada bem recente, outras áreas do conhecimento também foram fundamentais, tais como a Psicologia, a Neurociência e outras ciências sociais e humanas (BIANCHI; ÁVILA, 2015). Muitos já foram os ganhos e as descobertas da Economia Comportamental e, neste trabalho, serão destacados apenas alguns dos principais tópicos.

Dois importantes estudiosos e ganhadores do prêmio Nobel por suas contribuições à Economia Comportamental são Herbert Simon e Daniel Kahneman. Conforme já introduzido,

Simon (1992) é o responsável pela Teoria da Racionalidade Limitada, que afirma que o processo real de tomada de decisão foge à racionalidade devido às limitações impostas pela cognição humana. Ainda de acordo com ele, os indivíduos buscam escolher aquilo que seja "satisficiente", ou seja, satisfatório e suficiente, visto que esta decisão já é boa o suficiente em relação aos seus custos e restrições, ao invés de buscarem decidir pelo ótimo (SIMON, 1992).

Já Daniel Kahneman (2012), dentre suas contribuições, utiliza a Teoria do Sistema Dual para explicar as duas diferentes formas que o cérebro dos indivíduos possui para a tomada de decisões. A primeira delas está relacionada ao que se chama de Sistema 1, responsável por processar pensamentos intuitivos e automáticos, sem que haja muito esforço da mente, levando em conta a experiência do indivíduo. Alguns exemplos de atividades automáticas processadas pelo Sistema 1 que ele usa no seu livro "Rápido e Devagar, duas formas de pensar", são de ler palavras em grandes cartazes ou dirigir um carro por uma rua vazia. Já o Sistema 2 é o encarregado por realizar análises mais complexas, morosas, e que demandam maior concentração. Os exemplos que ele utiliza para estas situações são de verificar a validade de um argumento lógico ou de contar quantas letras "a" um determinado texto possui (KAHNEMAN, 2012).

Todas essas contribuições para a Economia Comportamental são de grande relevância para uma melhor análise e previsão sobre como indivíduos e consumidores tomam suas decisões. Além de tais observações, estudam-se vieses e heurísticas às quais o ser humano está sujeito, ou seja, como suas escolhas podem ser influenciadas. De acordo com Kahneman (2012), os vieses são erros sistemáticos, que se repetem em situações de mesma particularidade, de maneira previsível. Segundo ele, normalmente nossos julgamentos e intuições ocorrem de forma justificada, mas em outros casos, é possível que o indivíduo se sinta confiante em determinado cenário e mesmo assim esteja errado. Em outras palavras, podem ser considerados como atalhos no processamento de informações, que normalmente geram distorções da realidade em análise. Estes vieses constituem objetos de estudo muito importantes para o entendimento do comportamento dos consumidores e indivíduos de modo geral e, por isso, será dada uma atenção especial a alguns deles neste trabalho.

Já as heurísticas, que estão muito atreladas aos vieses, podem ser entendidas como maneiras simplificadas que os indivíduos processam as informações como forma de diminuir a complexidade da realidade e facilitar a tomada de decisão (SIMON, 1959). Segundo Tonetto *et al*. (2006), não seria possível sobreviver sem utilizar as heurísticas, pois a vida se resumiria em avaliar cada possibilidade e alternativa diante dos cenários de decisão.

Muitas são as heurísticas e os vieses que se configuram como influenciadores na tomada de decisão. A seguir, foram abordados alguns deles que podem se relacionar mais diretamente no comportamento dos consumidores de energia frente à inserção dos Recursos Energéticos Distribuídos. A consideração desses vieses e heurísticas na formulação de políticas públicas em energia, por exemplo, pode ser de muita relevância para o sucesso em seus resultados.

3.2.1. Heurística da Ancoragem

Segundo Kahneman e Tversky (1972), o efeito da ancoragem pode ser explicado quando o julgamento das pessoas é alterado de acordo com um valor de referência informado anteriormente, normalmente defasados. Bazerman (1994) acrescenta dizendo que os indivíduos tendem a se apoiarem em âncoras, sendo elas fiéis ou não, como forma de justificarem suas escolhas ou julgamentos.

Um exemplo do viés da ancoragem pode ser encontrado nas lojas de pipoca próximas aos cinemas, onde os pacotes pequenos são vendidos a preços exorbitantes, longe do que os consumidores estão acostumados a atribuir, enquanto o valor dos pacotes maiores são proporcionalmente menores. Isto leva os indivíduos a atribuírem ao valor do pacote pequeno uma âncora negativa, levando-os a escolher o pacote grande por parecer mais barato (TABAK; AMARAL, 2018).

3.2.2. Disponibilidade e Afeto

A heurística da disponibilidade ocorre quando se tem a percepção de que a possibilidade de um evento ocorrer é maior simplesmente porque algum exemplo que se aplica à situação vem à mente. Neste caso, o papel da mídia pode exercer forte influência sobre as decisões, pois o julgamento dos indivíduos sobre a frequência de que determinados eventos podem ocorrer está diretamente relacionado à intensidade de mensagens a que se é exposto (KAHNEMAN, 2015). Como exemplo, uma pessoa pode se lembrar de um parente que recentemente perdeu parte de suas economias para a aposentadoria devido à crise, e automaticamente considerar que investimentos em previdência privada são arriscados. Ou

seja, ela usou uma informação prontamente presente em sua memória, o que também está relacionado ao atalho de similaridade (SAMSON, 2015).

Ligado à isto, Kahneman (2015) também explica a heurística do afeto, na qual os indivíduos estão sujeitos a tomarem decisões e fazerem julgamentos com base em seus sentimentos e consultando suas emoções, muitas vezes sem perceberem tal influência. Para ilustrar esse viés, ele se utiliza de uma pesquisa que coletou opiniões a respeito de diversas tecnologias, e que, como resultado, evidenciou que aquelas pessoas que possuíam maior afinidade com determinada tecnologia tendiam a minimizar e abrandar seus riscos associados.

3.2.3. Normas Sociais e Senso de Causa

As normas sociais podem ser consideradas como algumas condutas e princípios que estão implícitos ou explícitos em determinada sociedade ou grupo de indivíduos (DOLAN *et al*., 2010). Enquanto normas de mercado orientam que se deve pagar por determinado bem ou serviço, as normas sociais possuem um preceito diferente. Por exemplo, ao fazer uma refeição na casa de um parente, normalmente, não se oferece para pagar pela refeição (ARIELY, 2015).

Já o senso de causa dita que os indivíduos têm mais predisposição a aderirem a movimentos e a comprarem produtos ou serviços que estejam ligados à uma "causa maior", seja ela relacionada ao combate à fome ou à preservação de recursos naturais e energéticos, por exemplo. Uma pesquisa realizada pela American Association of Retired Persons mostrou que um grupo de advogados, quando questionados se fariam preços melhores para pessoas aposentadas e pobres, negaram; porém, aceitaram quando perguntados se fariam o serviço gratuitamente (ARIELY, 2008).

Além disso, experimentos com alunos da Universidade da Califórnia - *Berkeley* mostraram que informações específicas a respeito de emissões de gases do efeito estufa de determinados meios de transporte são capazes de influenciar as pessoas em suas escolhas sobre a forma de deslocamento, que normalmente acabam optando por meios mais sustentáveis (GAKER; ZHENG; WALKER, 2010).

3.2.4. O efeito Halo e o Princípio dos Pareceres Independentes

Segundo Kahneman (2015), o efeito Halo é um viés importante por ser capaz de mudar a forma como se vê as pessoas e situações. Segundo ele, se um indivíduo gosta da política adotada por determinado presidente, é provável que goste também de sua aparência e ou da maneira como ele se posiciona. Professores também podem estar sujeitos a este viés durante a correção de provas se, logo na primeira questão, o aluno já tenha se saído bem: é provável que isto remeta ao professor uma ideia de que o estudante tenha se preparado e ido bem no restante das questões, enviesando a sua imparcialidade e criando condições para que ele atribua valores deturpados nas questões subsequentes. O mesmo pode valer para quando o aluno tenha se saído mal na primeira questão.

Ligado a isto, entra o Princípio dos Pareceres Independentes, que sugere que, para se obter informações mais precisas e úteis em uma situação em que existam diversas fontes de evidência, é preciso garantir que estas fontes sejam independentes umas das outras, como em casos de investigação policial. Ou seja, é necessário garantir que cada uma das pessoas não seja influenciada pela opinião de outra, justamente pois os indivíduos estão sujeitos a terem seus julgamentos tendenciados por terceiros (KAHNEMAN, 2015).

3.2.5. Pressão de Pares e Posição Social

A pressão dos pares é explicada pela tendência que o ser humano tem de observar comportamentos de pessoas que pertencem a determinado grupo social e reproduzir aqueles que são tidos como socialmente aceitos (BAMBERG; HUNECKE; BLOBAUM, 2007). Atrelado a este fato está o viés de prova social, quando os indivíduos consideram a conduta de terceiros para fazerem sua própria escolha, ao suporem que estes possuem maiores informações sobre o cenário em questão. Um exemplo que se tornou um case de sucesso é o da empresa de energia americana OPower após comparar o consumo entre vizinhos, que acabou acarretando em uma espécie de competição entre eles, visto que sentiam maior estímulo em adquirir uma posição de destaque dentre aqueles que são capazes de poupar mais energia (ARIELY, 2008).

Samuels (1999) vai um pouco além, ao explicar ainda que existe uma tendência na sociedade de rivalidade entre os indivíduos, que os forçam a consumir determinado bem ou a possuir determinado padrão de vida como forma de adquirirem determinada posição social.

Logo, como forma de se manter dentro de determinada classe, as pessoas normalmente tendem a consumir o que outras pessoas do mesmo grupo consomem (FIGUEIREDO, 2013).

3.2.6. Viés de Escala

O viés da escala é a propensão que os indivíduos possuem de relativizar preços e valores de acordo com as circunstâncias. Ariely (2008) em seu livro "Previsivelmente Irracional" cita uma experiência realizada por Kahneman e Tversky que corrobora esse viés. A pesquisa consistia em perguntar às pessoas o que elas fariam caso estivessem indo comprar uma caneta pelo valor de R$25,00 e, no momento da compra, se lembrassem que a mesma caneta estava em promoção em outra loja a 15 minutos de distância por R$18 reais. A maioria respondeu que caminharia os 15 minutos para economizar R$7,00. A segunda parte do experimento questionou o que fariam se no momento da compra de um terno de R$455,00, elas descobrissem que em uma outra loja, a 15 minutos de distância, o mesmo terno estava custando R$448,00. A maioria garantiu que compraria o terno mais caro.

Portanto, a consideração de poupar R$7,00 só existiu no caso em que o valor era relativamente baixo, como no caso da caneta. No segundo momento, como o terno já possuía um valor mais alto, a maioria optou por não poupar ao invés de precisar andar os 15 minutos. Isto é, os R$7,00 foram relativizados de acordo com cada situação.

3.2.7. Percepção de Ganho

As percepções de ganho às quais os indivíduos se baseiam também são capazes de alterar seus comportamentos, através da mudança de perspectiva ocorrida (STOCKINGER *et al*., 2014). É neste contexto em que surgem as práticas de *gamification*, por exemplo, que se utilizam de elementos de jogos para gerar um acréscimo de incentivo e engajamento na realização de algumas tarefas, tornando seus resultados mais eficientes (PAREDES, 2014). De acordo com Huotari e Hamari (2012), esta prática consiste em proporcionar às pessoas envolvidas uma experiência de jogo na tentativa de que elas aumentem a criação de valor na atividade proposta e mudem seu comportamento.

Conforme mencionado anteriormente, esta prática obteve grande sucesso quando adotada por uma distribuidora nos EUA que buscava por aumentar a eficiência energética de seus

consumidores. Ao implementar uma espécie de competição entre vizinhos, ficou claro que liderar o *ranking* gerava mais valor aos indivíduos do que o fato de uma conta de energia mais barata.

Segundo Domínguez *et al*. (2013), o ato de jogar provoca estímulos cognitivos, emocionais e sociais. Cognitivos porque a sistemática de um jogo envolve seguir regras e realizar tarefas repetidas até a sua conclusão (BUSARELLO, 2016). Emocionais pois remetem à competência do indivíduo, implicando em conceitos de sucesso e fracasso (DOMÍNGUEZ *et al*., 2013). E sociais, pois envolvem colaboração, concorrência e socialização (BUSARELLO, 2016).

Após esta introdução, cabe finalizar este tópico evidenciando o que Ariely (2013) alerta como sendo o maior desafio da Economia Comportamental nos próximos anos: compreender até onde são aplicáveis as constatações feitas até então, de modo a não cometer o erro da universalidade, assim como a Economia Tradicional fez com a racionalidade. A seguir, será feita uma rápida abordagem de como os riscos e incertezas estão envolvidos no processo decisório.

3.3 RISCOS E INCERTEZAS NO PROCESSO DECISÓRIO

Muitas das escolhas às quais os indivíduos estão sujeitos a fazer podem estar envolvidas em cenários de incerteza, fator este que, muitas vezes, dificulta a tomada de decisão. Nestes casos, as escolhas são realizadas com base em previsões. Em outros momentos, mesmo que não existam incertezas envolvidas, pode haver o fator de insuficiência de informações como outro complicador (ANDRADE, 2000). Em algumas situações, portanto, faz-se necessário determinar o grau da incerteza envolvido, isto é, o risco associado a cada decisão (FREITAS, 2015).

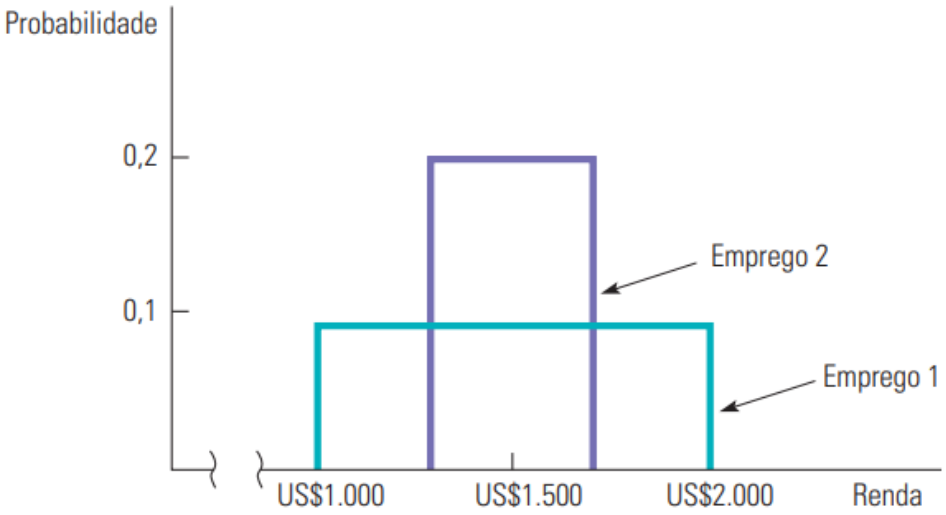
No que tange à Economia Tradicional, é preciso quantificar o risco para que se possa comparar seus diferentes graus, de acordo com cada situação. Segundo esta abordagem, algumas pessoas são mais propensas ao risco do que outras, além de existirem formas de reduzir ou mitigá-los. Para quantificá-lo, portanto, primeiramente é necessário ter o conhecimento das probabilidades de que cada resultado venha a ocorrer, representadas por Pr_i (onde i varia de 1 até o número de resultados possíveis, dado por n). Em seguida, calcula-se o valor esperado $E(X)$ associado a cada uma das opções, ou seja, uma média ponderada dos *payoffs* (valores associados), que são representados por X_i (com i variando também de 1 a n), na qual as probabilidades se configuram como os pesos (PINDYCK;

RUBINFELD, 2013). Então, o valor esperado de cada opção pode ser descrito como (Equação 3):

$$E(x) = Pr_1X_1 + Pr_2X_2 + \ldots + Pr_nX_n \qquad (3)$$

Por fim, calcula-se a variabilidade contida em cada opção, isto é, a extensão em que os resultados podem alcançar, ou ainda, a medida da dispersão em torno do valor esperado descrito acima. Logo, é obtida através do desvio padrão. O Gráfico 18 ilustra um exemplo com o valor esperado e a variabilidade de dois empregos que ofertam diferentes rendas e estão inseridos em cenários de incertezas, como o volume de vendas a ser atingido pelo indivíduo ou a possibilidade de demissão devido ao encerramento das atividades da empresa (PINDYCK; RUBINFELD, 2013).

Gráfico 18: Probabilidades dos resultados dos dois empregos



Fonte: PINDYCK E RUBINFELD (2013)

Como fica evidenciado, o valor esperado de cada uma das duas opções é o mesmo, sendo diferenciadas apenas pelo desvio padrão. Logo, a tomada de decisão, nesse caso, depende do quanto o indivíduo é propenso ao risco: o Emprego 1 possui risco bem mais elevado que o Emprego 2. Uma pessoa mais conservadora, portanto, normalmente optaria pelo Emprego 2 (PINDYCK; RUBINFELD, 2013).

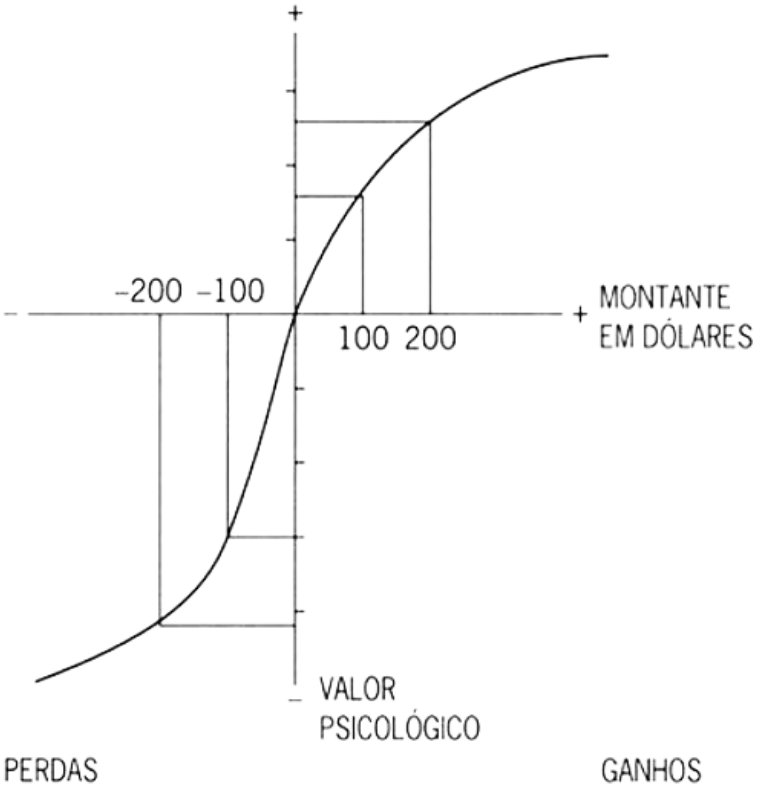
Entretanto, ainda de acordo com Pindyck e Rubinfeld (2013), em muitas situações as probabilidades não podem ser obtidas de maneira objetiva, sendo necessário partir para um viés mais subjetivo. Assim, diferentes pessoas, com diferentes vivências e processos

cognitivos, podem conceder diferentes valores de probabilidades para determinadas situações e, portanto, realizarem escolhas diferentes. E é justamente neste ponto em que a Economia Comportamental atua: na busca pelo entendimento das decisões dos indivíduos em um mundo irracional e de incertezas.

Dentre as contribuições da Economia Comportamental que descrevem a conduta de indivíduos frente a situações de riscos e incertezas, está a Teoria da Perspectiva (ou dos Prospectos), que discorre sobre como as pessoas tendem a se comportar ao escolher alternativas que envolvem riscos. É caracterizada, em especial, pelo princípio de Aversão à Perda, que defende que quando ganhos são comparados com perdas, os indivíduos normalmente tendem a atribuir maior importância às perdas. Isto é, tendem a correr mais riscos na tentativa de minimizar eventuais prejuízos, do que quando se diz respeito aos ganhos. Um bom exemplo deste princípio é questionar às pessoas o que preferem: "Conseguir novecentos dólares com certeza ou 90% de chance de conseguir mil dólares"; e, em seguida, questioná-las se preferem "perder novecentos dólares com certeza ou 90% de chance de perder mil dólares". Normalmente as pessoas tendem a optar pela primeira opção no primeiro caso, e pela segunda opção, no segundo caso (KAHNEMAN, 2015).

O Gráfico 19 ilustra a Teoria da Perspectiva e é conhecido como Curva S. Ele evidencia o valor psicológico de ganhos e perdas, caracterizado por sua parte direita (ganhos) possuir uma inclinação mais suave do que sua parte esquerda (perdas), que possui inclinação mais abrupta. Ou seja, as duas curvas do "S" não são simétricas, apesar de ambas possuírem sensibilidade decrescente tanto para perdas, quanto para ganhos (KAHNEMAN, 2015).

Gráfico 19: Curva S da Teoria dos Prospectos



Fonte: Kahneman (2015)

É importante ressaltar, ainda segundo Kahneman (2015), que estes resultados consistem em uma média. Algumas pessoas tendem a ser menos avessas à perda que outras, como os investidores de mercado financeiro, que estão sujeitos a maiores riscos e são mais neutros às flutuações.

Duas conclusões importantes retiradas da Teoria da Perspectiva são apresentadas por Kahneman (2015): (i) os valores que os indivíduos atribuem aos ganhos e às perdas normalmente não dizem respeito apenas à riqueza em si; (ii) os pesos que as pessoas concedem aos resultados relacionados à diferentes decisões não correspondem às probabilidades. Estas duas ideias combinadas criaram o chamado Padrão Quádruplo, uma das grandes realizações da teoria, que é ilustrado no Quadro 2.

Quadro 2: Cenários do Padrão Quádruplo

	GANHOS	PERDAS
ALTA PROBABILIDADE Efeito de certeza	95% de chance de ganhar 10 mil dólares Medo de decepção AVERSÃO AO RISCO Aceitação de acordo desfavorável	95% de chance de perder 10 mil dólares Esperança de evitar perda BUSCA DE RISCO Rejeição de acordo favorável
BAIXA PROBABILIDADE Efeito de possibilidade	5% de chance de ganhar 10 mil dólares Esperança de grande ganho BUSCA DE RISCO Rejeição de acordo favorável	5% de chance de perder 10 mil dólares Medo de grande perda AVERSÃO AO RISCO Aceitação de acordo desfavorável

Fonte: Kahneman (2015)

Cada célula representa a opção do risco, a ser confrontada com uma outra opção, subentendida no texto, de ganho ou perda certos. A célula superior à esquerda evidencia que as pessoas normalmente são avessas ao risco quando expostas a situações com boas chances de um grande ganho: elas tendem a preferir ganhar menos por meio de um ganho certo. Já a célula inferior à esquerda explica o porquê os jogos de loterias fazem tanto sucesso. Quando o prêmio em questão possui um valor muito alto, as pessoas parecem não se importar com o fato de que a chance de sucesso é muito baixa, pois estão adquirindo mais que um bilhete: estão comprando o direito de sonhar. A célula superior à direita corrobora a perspectiva de que as pessoas são mais propensas a correrem riscos em cenários de grande possibilidades de perdas. E por fim, a célula inferior à direita evidencia o motivo das pessoas normalmente optarem por adquirir planos de seguros: elas compram segurança contra um fatalidade improvável, por aversão ao risco de uma grande perda (KAHNEMAN, 2015).

Diante dos expostos, é válido ressaltar que a Teoria Econômica Tradicional, embora um pouco menos flexível em suas abordagens, é perfeitamente relevante em muitos cenários e fornece previsões muito precisas ou muito bem aproximadas em diversas situações e, por isso, não deve ser descartada. O ponto a ser observado, que é onde o presente texto busca chamar a atenção, engloba análises que precisam ser realizadas com um pouco mais de sensibilidade, isto é, circunstâncias em que os indivíduos podem ser influenciados pelo impacto emocional de ganhos e perdas, e não somente por panoramas de riqueza no longo prazo (KAHNEMAN, 2015).

A seguir, os conceitos de Economia Comportamental continuarão a ser apresentados a fim de introduzir os *nudges* e suas possíveis aplicações nas políticas públicas, que mais adiante serão contextualizados nas políticas de energia.

3.4 OS NUDGES E SUAS APLICAÇÕES EM POLÍTICAS PÚBLICAS

Thaler e Sunstein (2008) definem os *nudges* como “empurrõezinhos” capazes de influenciar a tomada de decisão dos indivíduos. Esses "empurrõezinhos" podem ser utilizados em situações simples do dia a dia, até em cenários mais elaborados. No aeroporto Schipol, em Amsterdã, por exemplo, as autoridades decidiram por gravar a imagem de uma mosca preta nos mictórios dos banheiros, na tentativa de aumentar a precisão da pontaria dos homens quando fossem utilizar o sanitário. E o resultado foi de uma redução de 80% nos respingos, aumentando de maneira significativa a limpeza do ambiente (THALER; SUNSTEIN, 2008).

Um outro exemplo que envolve um cenário mais relevante consiste nas faixas transversais desenhadas nas pistas de Chicago logo antes de uma curva perigosa, que utilizaram diferentes intervalos de distâncias para simular aos motoristas a impressão de estarem acelerando, incentivando-os a reduzir a velocidade. Esta ação foi capaz de promover a redução de 36% dos acidentes no local, segundo o Departamento de Transportes de Chicago. Outro *nudge* capaz de influenciar atitudes positivas dos indivíduos consiste em posicionar comidas saudáveis de maneira mais aparente em restaurantes e cantinas, influenciando-os a optar por tais alternativas (ECONOMIA COMPORTAMENTAL, 2015). Uma experiência similar realizada em escolas mostrou que o rearranjo dos produtos das cantinas foi capaz de aumentar ou diminuir o consumo de determinados alimentos em até 25% (THALER; SUNSTEIN, 2008).

É importante ressaltar que para se caracterizar como “*nudge*”, a liberdade de escolha dos indivíduos deve ser mantida. Isto é, a influência como forma de "empurrãozinho" pode existir desde que preservadas as outras alternativas nas quais a pessoa possa arbitrar. Além disso, os *nudges* podem ser utilizados para o bem, conforme foi apresentado, mas é evidente que também podem ser usados para incitar o consumo compulsivo, através do uso de cores, músicas ou cheiros específicos, por exemplo (ECONOMIA COMPORTAMENTAL, 2015).

Em seu livro “*Nudge*: O empurrão para a escolha certa”, Thaler e Sunstein (2008) descrevem como a Economia Comportamental pode ser aplicada em políticas públicas, utilizando os *nudges* de forma positiva. Isto é, como o Estado pode ajudar as pessoas a fazerem boas escolhas que venham a privilegiá-las no longo prazo sem que percam, contudo, sua liberdade (KAHNEMAN, 2015). Thaler e Sunstein (2008) apresentam essa possibilidade como Paternalismo Libertário, ou seja, uma forma dos arquitetos de escolhas influenciarem os indivíduos de uma sociedade a tomarem decisões que tornem sua vida mais longa,

saudável e melhor, preservando, entretanto, sua autonomia em seguir por um caminho ou outro.

Países como o Reino Unido e o EUA já adotam estratégias como forma de inserir modelos comportamentais na formulação de melhores políticas públicas, com o uso de grupos de *insights* comportamentais. Estes grupos configuram-se como parte integrante do governo e são compostos por pessoas especializadas no assunto e que possuem a *expertise* em formular experimentos e pesquisas. A intenção é que este grupo seja consultado e que sejam capazes de chegar a importantes conclusões (SUNSTEIN, 2015). Como exemplo, o *Behavioural Insights Team* (BIT) do Reino Unido possui a principal função de realizar experimentações, e baseia-se em um princípio determinado pelo próprio grupo: o EAST, um acrônimo para *Easy*, *Attractive*, *Social* e *Timely*. Ou seja, os arquitetos de escolhas devem optar por mensagens fáceis, atraentes, socialmente aceitas e oportunas (STOICOV, 2014).

Portanto, fica claro que a aplicação dos *nudges* é realmente vasta e pode ser facilmente estendida para políticas públicas do ramo de energia elétrica, como no incentivo à práticas de eficiência energética e gerenciamento da demanda, ou até mesmo para estimular pessoas e empresas a investirem em modelos de auto-geração.

3.5 A ECONOMIA COMPORTAMENTAL NAS PRÁTICAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PELO LADO DA DEMANDA

Como explicitado até agora neste trabalho, o estudo da Economia Comportamental está atrelado tanto ao entendimento da conduta e da escolha de indivíduos, quanto à forma na qual eles se comportam em meio a grupos populacionais ou diante de determinados contextos. Vastas são as aplicações das contribuições desta ciência, que podem estar presentes desde pequenas situações cotidianas ou até em cenários de grande importância para a sociedade, como na área educacional ou no setor de energia, como é o caso do presente estudo.

Já a busca pela eficiência energética, conforme apresentado, define-se por conseguir realizar a mesma atividade a partir de menor gasto energético (EPE, 2020). Seus benefícios são muito amplos e podem ser obtidos em diversos segmentos: seja nos seus próprios mecanismos de geração, no setor industrial, automobilístico, ou mesmo no residencial, por meio da demanda de energia elétrica dos consumidores de classe B1[4]. Este último será o principal enfoque do trabalho que buscará, portanto, evidenciar como a ciência da Economia

[4] Os consumidores da classe B correspondem ao grupo composto por unidades que consomem tensão abaixo de 2,3 kV, estão sujeitos à tarifa monômia e são divididos da seguinte forma: (a) B1: subgrupo residencial; (b) B2: subgrupo rural; (c) B3: demais classes; (d) B4: iluminação pública (ANEEL, 2021).

Comportamental pode ser aplicada no setor de energia elétrica pelo lado da demanda das residências através de alguns estudos de caso.

De acordo com a FGV (2016), muitas estratégias que visam o uso mais consciente de energia elétrica que vêm sendo utilizadas atualmente, em especial no Brasil, apesar de alcançarem resultados significativos, estão defasadas em relação a outros países. Isto significa dizer que, se complementadas por outras medidas, poderiam gerar ainda mais economia do recurso. No Reino Unido, por exemplo, já se discute de maneira avançada os benefícios da presença de medidores inteligentes (*smart meters*) dentro das residências, pois entende-se que quando o consumidor consegue visualizar seu gasto detalhadamente e em tempo real, ele cria maior consciência em relação à conservação da energia, em especial quando recebe, paralelamente, conselhos personalizados sobre seu consumo (BIT, 2019). De acordo com a OCDE (2017), os medidores inteligentes proporcionam uma economia de 2 a 4% de energia elétrica.

Contudo, isso não significa que outras medidas, de custo mais baixo ou irrisório, também não possam ser implementadas de maneira eficaz. Apesar de a aplicação dos medidores inteligentes também se utilizar das contribuições da Economia Comportamental, esta ciência também fornece insumos para que estratégias mais simples e abrangentes possam ser executadas, o que inclui os *nudges*, como será visto em alguns dos estudos de caso apresentados no próximo capítulo. Para isso, de acordo com o *Behavioural Insights Team*, BIT (2017), utilizar-se de reações comportamentais de indivíduos diante de determinados contextos como normas sociais, comparações, gamificação, personalização ou aversão à perda possui grande potencial de gerar resultados eficazes em redução do consumo de energia elétrica. Entendendo-se mais a fundo o comportamento dos indivíduos possibilitará, então, que os vieses e heurísticas possam ser cada vez mais explorados para que novas arquiteturas de estratégias sejam moldadas de forma eficaz.

Segundo Sullivan, Armel e Todd (2012), motivar clientes de concessionárias a realizarem investimentos mais elevados em eficiência energética, como a compra de equipamentos mais econômicos, por exemplo, pode ser considerado um desafio árduo. Para os autores, entretanto, incentivos que inserem a ciência comportamental em abordagens de *Marketing* tradicional possuem grande potencial de fornecer bons resultados, pois além de estimularem a compra de eletrodomésticos mais eficazes, ainda abordam melhores práticas de instalação e uso da energia elétrica.

Contudo, tais estratégias não devem focar apenas em garantir que os consumidores estejam conscientes das atitudes a serem tomadas. Um estudo relatado por Geller, Erickson e

Buttram (1983) sobre a conservação de água nas residências mostrou que, embora os moradores responsáveis por 129 hidrômetros tenham participado de *workshops* que forneciam educação de qualidade sobre práticas de economia da água, o resultado final foi que o volume do recurso efetivamente economizado foi muito menor que o esperado. Por isso, Armel (2012) sugere que os criadores de programas de eficiência energética devem focar mais no contexto ao invés de tentar mudar o estado interno de um indivíduo. Para tal finalidade, enumerou uma estrutura de tópicos que orientam como incorporar a ciência comportamental no desenvolvimento de estratégias voltadas para eficiência energética, denominada de estrutura TITE, conforme será apresentado a seguir.

3.5.1. A Estrutura TITE

A criadora da estrutura TITE, Dra. Carrie Armel, possui Ph.D em Neurociência Cognitiva pela Universidade da Califórnia e pós-doutorado em Neuro-Economia na Universidade de Stanford. Além disso, é uma pesquisadora associada ao *Precourt Energy Efficiency Center* (PEEC), cujo objetivo se concentra em identificar como as descobertas acerca do comportamento humano podem levar a melhorias de eficiência energética (STANFORD, 2016).

O acrônimo "TITE", que traduzido para o português seria "AITA", reúne as iniciais de algumas palavras-chave e já sugere a intenção da estrutura: orientar ao formulador do modelo a primeiramente selecionar os comportamentos Alvo, decidir a qual nível a Intervenção este deve acontecer, determinar Técnicas para alterar o comportamento, e, após implementar o programa, Avaliar seus resultados (ARMEL, 2012). A seguir, será feita uma breve abordagem destes quatro passos norteadores da estrutura em questão:

(i) Escolher comportamentos Alvo: Segundo Sullivan, Armel e Todd (2012), o primeiro passo consiste em identificar quais são aqueles comportamentos desejados dentro do contexto de eficiência energética, bem como qual é o público alvo que possui maior potencial em adotá-los. Contudo, de acordo com Kahneman e Thaler (2006), os indivíduos não possuem ideias claras sobre porquê tomam determinadas decisões, e também não sabem exatamente o que querem. Logo, não basta questioná-los sobre o motivo de não participarem de certa atividade. Para conseguir identificar o público e os comportamentos alvo em questão, portanto, os formuladores de programas em eficiência podem utilizar o princípio de observação do projeto (KELLEY; LITTMAN, 2001), ao realizar uma comparação sobre o

que há de diferente entre pessoas que adotam determinada conduta eficiente energeticamente e as que não a adotam. Além disso, é preciso verificar quais são as barreiras que impedem os comportamentos desejados e, para isso, podem comparar resultados de programas que levam em conta a abordagem de conjuntos destes possíveis obstáculos (SULLIVAN; ARMEL; TODD, 2012).

(ii) Combinar Intervenções em diferentes níveis para maximizar o impacto: Após determinar os comportamentos desejados e entender quais são as barreiras que podem dificultar a conduta eficiente do público alvo, os níveis de intervenção dos programas precisam ser definidos pelos formuladores. Estes níveis são entendidos como as possíveis esferas de atuação dos modelos, e, de acordo com Sullivan, Armel e Todd (2012), cinco são os níveis relevantes por meio dos quais pode-se influenciar um comportamento eficiente energeticamente: o Interpessoal, que envolve contato físico entre o público alvo com algum especialista no assunto, um vizinho ou líder confiável; o Sociocultural, que insere informações sobre cultura nas estratégias de mídia e *marketing*; o de Mercado, onde os indivíduos fazem escolhas de compra e venda; o Político, através de leis e regras que podem envolver, por exemplo, um novo padrão de eletrodomésticos; e, por fim, o Ambiente Físico, com influências de características do meio ou de tecnologias estabelecidas (ARMEL, 2007). É importante ressaltar que, de acordo com Sullivan, Armel e Todd (2012), as intervenções que ocorrem em mais de uma dessas esferas possuem maior potencial de sucesso em relação àquelas que acontecem em apenas um nível.

(iii) Escolher Técnicas para mudar o comportamento: Esta é a etapa na qual as contribuições da Economia Comportamental, bem como as de outros campos como Psicologia e *Design* são mais utilizadas. Neste tópico, foram apresentadas quais são as principais barreiras de comportamento e quais podem ser algumas estratégias para contorná-las. Entretanto, apenas na seção 4.3 foram apresentados exemplos mais palpáveis de aplicações destas técnicas para o cenário do Brasil. A seguir, Sullivan, Armel e Todd (2012) selecionaram aquelas que melhor se aplicam aos programas de incentivo à eficiência energética, conforme evidenciado a seguir:

(a) O programa deve ser utilizável: O modelo deve possuir foco central no indivíduo, possuindo fácil compreensão. Para isto, os conteúdos relevantes do programa devem ser bem visíveis, de forma que o participante consiga entender as alternativas de ação,

as etapas existentes e as relações entre as ações e seus respectivos resultados. Além disso, devem receber feedbacks rápidos sobre os efeitos das suas escolhas (SULLIVAN; ARMEL; TODD, 2012).

(b) O programa deve levar em conta o efeito dotação: Este efeito está relacionado com a dificuldade que os indivíduos possuem de se desfazerem de itens que já foram pagos, mesmo que sejam ineficientes. Portanto, tal viés significa uma desvantagem para os programas que objetivam a substituição de eletrodomésticos por outros mais eficientes e, desta maneira, os modelos devem criar formas de atenuar tal barreira (SULLIVAN; ARMEL; TODD, 2012).

(c) O programa deve usar o viés do enquadramento ao seu favor: O enquadramento pode ser entendido como a forma na qual as informações são apresentadas, e, de acordo com Sullivan, Armel e Todd (2012), se bem utilizado, pode tirar vantagem de três outros vieses: o de aversão à perda, o da porcentagem e o de dependência de referência. Além disso, os indivíduos normalmente definem seu bem estar de acordo com algum ponto de referência, seja em relação ao que elas vivenciaram em outros momentos da vida ou em comparação com o que outras pessoas fazem (KAHNEMAN; TVERSKY, 1979). Portanto, os modelos de eficiência energética devem tirar proveito de todos estes vieses citados ao apresentarem as informações relevantes de maneira estratégica ao consumidor (SULLIVAN; ARMEL; TODD, 2012).

(d) A eficiência energética deve ser colocada como a escolha padrão: As opções definidas como “padrão” normalmente são entendidas pelos indivíduos como aquelas que possuem bons motivos para serem determinadas como tal. Logo, para não correrem o risco de cometer algum erro, optam pela padrão, pois além disso, esta opção não gera nenhum esforço adicional. Por exemplo, nos países onde existe consentimento presumido de que doar órgãos é a escolha padrão, há uma participação de 25% a 30% a mais em relação aos países onde não há este consenso (ABADIE; GAY, 2006). O mesmo deve ocorrer, então, com a eficiência energética dos produtos (SULLIVAN; ARMEL; TODD, 2012).

(e) As opções devem ser bem definidas: De acordo com Kahneman, Knetsch e Thaler (1991), muitas opções de escolha podem desmotivar os indivíduos e tendem a fazê-los permanecer no *status quo*, ou seja, em seu estado natural, sem que nenhuma decisão seja tomada. Portanto, para os programas em eficiência energética que oferecem mais

de uma opção aos clientes, seus formuladores devem se atentar em manter um número restrito de pacotes e opções disponíveis (SULLIVAN; ARMEL; TODD, 2012).

(f) Os clientes alvo devem ser recompensados antecipadamente: Segundo Thaler (1981), as pessoas estão submetidas ao "viés de primeiro custo", que significa que preferem pagar mais barato antecipadamente, mesmo que um outro item mais eficiente e mais caro fosse gerar mais economia no longo prazo - o que se estende para os aparelhos elétricos. Isto é, tendem a valorizar muito mais recompensas imediatas do que recompensas futuras. Neste sentido, a esfera da eficiência energética que depende de um custo antecipado para um pequeno benefício futuro e incerto fica em desvantagem quando comparada à outros produtos nos quais os clientes podem gastar dinheiro. Logo, os responsáveis pela formulação dos projetos em eficiência energética devem sobrepor tal barreira, seja trazendo estas economias futuras para o presente, ou aumentando ao indivíduo a certeza da economia (SULLIVAN; ARMEL; TODD, 2012).

(g) Os programas devem preferir recompensas e reciprocidade, no lugar de pequenos incentivos financeiros: Conforme mostrado no item anterior, incentivos monetários normalmente são utilizados para trazer para o presente e tornar mais palpável os benefícios de se adotar práticas de eficiência energética. Contudo, segundo Sullivan, Armel e Todd (2012), deve-se ter cautela ao usá-los, pois podem retirar dos indivíduos a motivação natural de se fazer algo moralmente correto. Os autores sugerem, então, como alternativa, o estabelecimento de competições e/ou recompensas dentro dos programas. Estas práticas podem ser consideradas mais eficazes pois as pessoas superestimam suas chances de ganhar, ao passo que subestimam pequenas recompensas. Tais medidas podem ainda ser estendidas para prêmios comunitários ao invés de individuais, pois quando se trata de um conjunto de pessoas, o esforço dos participantes tende a ser maior (FEHR; FALK, 2002). Já o efeito da reciprocidade sugere que os indivíduos retribuem com maior empenho a confiança e os presentes dados de antemão, quando comparados com recompensas dadas somente após o término de alguma atividade proposta, fato este que também deve ser aproveitado nos modelos (SULLIVAN; ARMEL; TODD, 2012).

(h) Os programas devem contar com intervenções interpessoais e feedback comunitário: De acordo com Sullivan, Armel e Todd (2012), uma das barreiras relacionadas à adoção de práticas de eficiência energética é o fato de as pessoas normalmente pensarem que, sozinhas, não farão uma grande diferença. Contudo, algumas técnicas

> podem se configurar como uma boa saída para o problema, como o feedback comunitário e o estabelecimento de metas. Em Midland-Odessa, no Texas, quando moradores passaram a receber diariamente, por meio televisivo, feedbacks coletivos a respeito do uso de combustíveis, bem como dicas sobre conservação, reduziram em 32% o uso da gasolina, que permaneceu 15% menor mesmo após meses do término do programa (ROTHSTEIN, 1980). A mesma ideia pode ser transferida, portanto, para a eficiência energética. Medidas que envolvem o contato face a face entre os envolvidos também podem ser muito efetivas, já que os programas são voltados para o usuário e os levaria à uma experiência de aprendizagem direta (SULLIVAN; ARMEL; TODD, 2012).

(iv) Avaliar os resultados: Após passar por todas as etapas e executar o programa, deve-se avaliar seus resultados e arquivar as percepções e aprendizados obtidos para modelos futuros. É importante que seus criadores utilizem técnicas robustas para análise dos dados, como contar com grupos de teste e controle, por exemplo (SULLIVAN; ARMEL; TODD, 2012).

Como conclusão deste tópico, e ainda de acordo com Sullivan, Armel e Todd (2012), concessionárias de energia gastam cerca de 10 bilhões de dólares na tentativa de fazer os clientes pouparem energia. Contudo, estes valores poderiam ser muito inferiores, e os programas poderiam contar com resultados muito mais eficazes, se inseridas as contribuições da Economia Comportamental em seus modelos, além de se concentrarem na mudança do contexto no qual os indivíduos tomam decisões ao invés de tentarem mudar somente a atitude e o estado interno dos consumidores. É importante destacar também que, evidentemente, deve-se adequar a estrutura TITE de acordo com a realidade de cada localidade, bem como com os regulamentos e leis às quais estão sujeitas, com o modelo de operação de cada concessionária e com a cultura de cada população.

No próximo capítulo, serão apresentados alguns estudos de caso que se utilizaram de estratégias descritas por esta estrutura e pela Economia Comportamental de forma geral.

4. APLICAÇÕES DA ECONOMIA COMPORTAMENTAL EM MODELOS PARA A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PELO LADO DA DEMANDA

4.1 ESTUDOS DE CASOS AO REDOR DO MUNDO

Nesta seção, foram apresentados alguns estudos de casos que ilustram como algumas concessionárias de energia, empresas privadas relacionadas ou instituições do governo conseguiram inserir e estudar, com sucesso, as contribuições da Economia Comportamental em seus programas de busca pela eficiência energética pelo lado da demanda residencial. Ao final do capítulo, será brevemente discutido, através de um olhar mais pessoal, se as estratégias discutidas são aplicáveis no Brasil e o que já tem sido feito no país para impulsionar tais práticas.

4.1.1. O Caso da OPower nos Estados Unidos

Um dos exemplos mais famosos de aplicação da Economia Comportamental em políticas de eficiência energética é o da OPower, uma empresa americana que auxilia concessionárias de energia com ideias que utilizam da ciência na busca pela redução do consumo energético de consumidores residenciais. A empresa foi criada após um experimento realizado em 2001 por estudantes da *Arizona State University* e da *California State University San Marcos*, que inspirou Alex Laskey e Dan Yates, estudantes de *Harvard*, a criarem-na (EGGERS, 2015).

De acordo com Laskey (2013), um dos criadores da OPower, o experimento consistia em tentar persuadir as famílias da região a usarem menos energia durante o verão. Para isso, os estudantes penduraram quatro mensagens diferentes entre as portas de diversas residências, junto com o pedido para que dessem prioridade aos ventiladores ao invés dos aparelhos de ar condicionado. As quatro mensagens eram: “Economize dinheiro”; “Salve o planeta”; “Seja um bom cidadão” e, finalmente, “Seus vizinhos estão melhores que você”, conforme ilustrado na Figura 7.

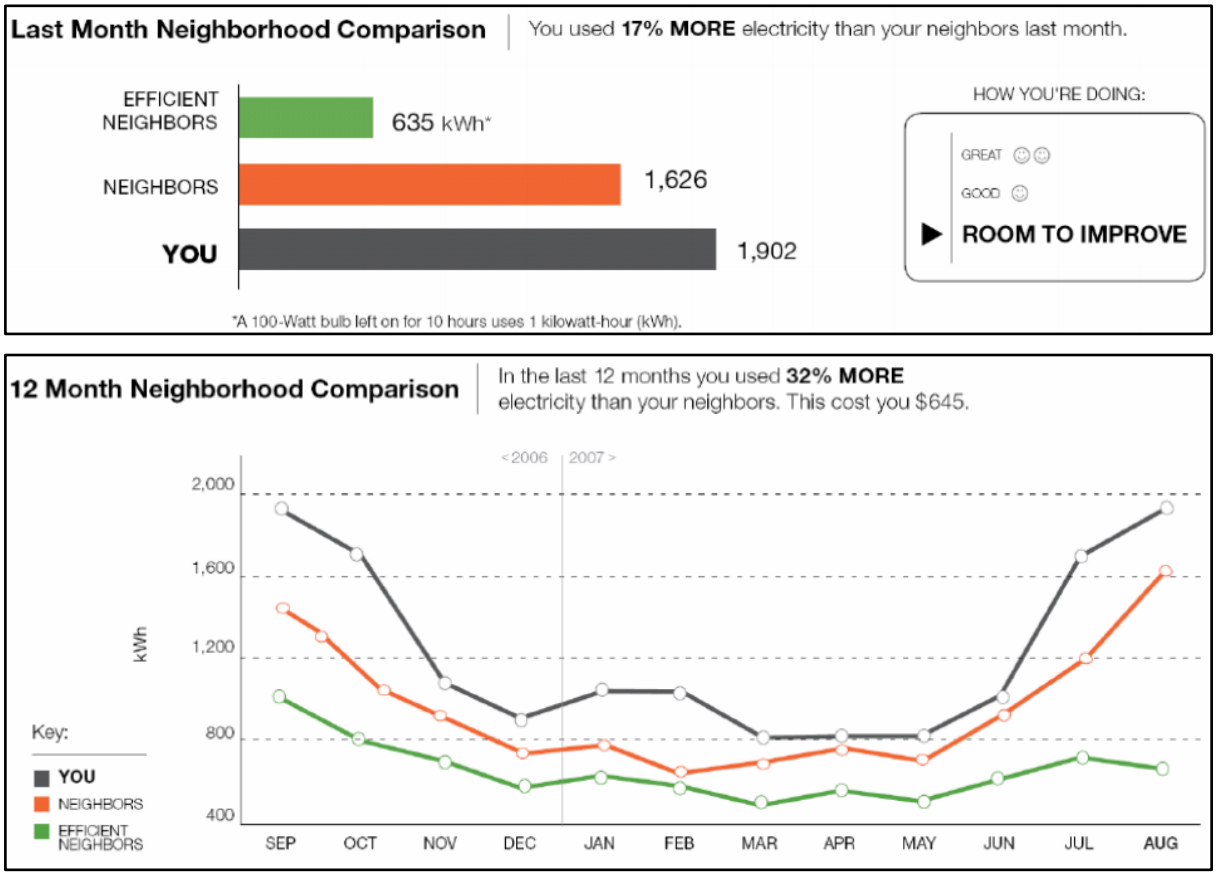
Figura 7: Mensagens distribuídas entre as residências do experimento realizado pelos alunos da *Arizona State University* e da *California State University San Marcos*

Fonte: Adaptado de ECONOMIA COMPORTAMENTAL (2016)

Nenhuma das três primeiras mensagens surtiram qualquer efeito significativo em relação à redução do consumo dos participantes do experimento. Contudo, a quarta mensagem, que ainda contava com o dado de que 77% dos vizinhos ao redor optaram pelos ventiladores, revelou que o comportamento dos indivíduos foi muito mais afetado quando estimulado pelos princípios da pressão e das normas sociais, acarretando em uma diminuição expressiva no consumo energético (LASKEY, 2013).

Motivados por este experimento, então, Alex Laskey e Dan Yates investiram na criação de softwares e na realização de parcerias com concessionárias que queriam aplicar programas de eficiência energética, fundamentando assim, a base da OPower. A grande medida colocada em prática pela empresa, que é o objeto de análise deste estudo de caso, foram os relatórios personalizados de energia doméstica entregues aos consumidores (chamados de *Home Energy Report*, ou Relatório de Energia Doméstica, no português), que forneciam informações sobre o consumo das residências comparado ao de vizinhos que possuíam casas e estruturas familiares semelhantes, além de apresentarem recomendações singularmente direcionadas que os ajudavam a economizar energia (LASKEY, 2013). A Figura 8 mostra um recorte do modelo de relatório inicialmente usado pela OPower.

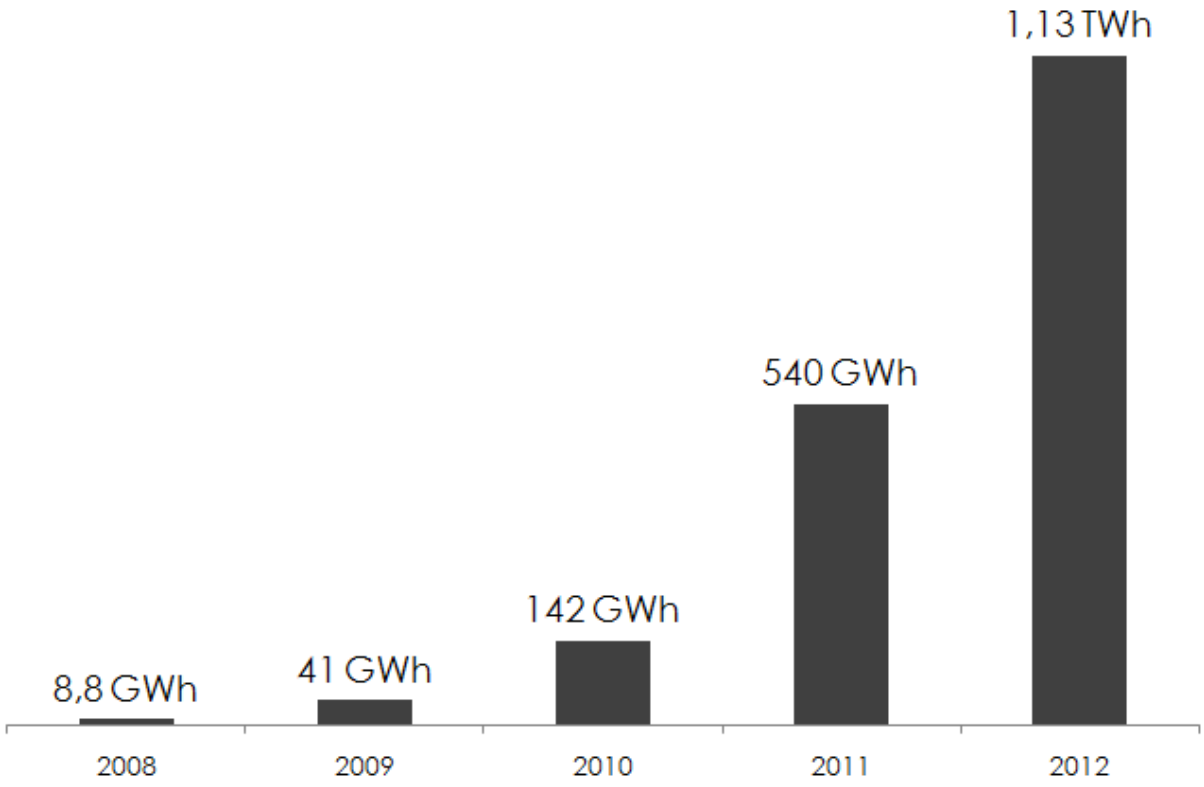
Figura 8: Recorte dos Relatórios de Energia Doméstica utilizado pela OPower com informações e dados comparativos



Fonte: Adaptado de Franklin Energy (2009)

Esses relatórios impressos, que posteriormente também passaram a ser exibidos em aplicativos e em *websites* criados pela OPower, foram objetos do que foi considerado o maior experimento que envolve a ciência comportamental no mundo, ao utilizarem como alvo os efeitos da pressão social (LASKEY, 2013). Os resultados da experiência, que, conforme falado, se baseiam na comparação de consumo de energia elétrica entre os consumidores e seus vizinhos, foram muito relevantes. Os dados que foram exibidos no Gráfico 20 são relativos à experiência ocorrida entre 2008 e 2012 realizada em diversas concessionárias de energia. Segundo uma empresa associada, Ideas 42 (2019), em 2010 a OPower já contava com a parceria de 47 concessionárias em 21 estados do país, sendo 6 delas ranqueadas entre as dez maiores dos Estados Unidos.

Gráfico 20: Volume de energia economizado entre 2008 e 2012



Fonte: Adaptado de Laskey (2013)

De acordo com Laskey (2013), este montante de energia economizado com o experimento entre os anos de 2008 e 2012 corresponde ainda a 250 milhões de dólares também economizados nas contas de energia residenciais. Segundo ele, a perspectiva para 2013 era de uma economia de mais 2 TWh de energia, a partir de parcerias com mais de 80 concessionárias espalhadas entre 6 países. Para equiparar este volume, elucidando ao que ele corresponde, o dono da OPower revela alguns dados: 2 TWh de energia é um montante capaz de abastecer todas as casas das cidades de *Saint Louis* e *Salt Lake City*, juntas, por mais de um ano, ou ainda, corresponde à aproximadamente metade do volume produzido pela indústria solar em 2012 nos EUA. Em termos ambientais, e para que a comparação seja mais visual, tal volume é capaz de substituir a queima de 34 carrinhos de mão de carvão, por minuto, sem parar, todos os dias, ao longo de um ano inteiro (LASKEY, 2013).

Atualmente, a OPower foi comprada pela Oracle e continua fazendo o mesmo trabalho. O montante economizado de energia através de seus programas de eficiência energética já acumula 25 TWh desde a criação da empresa, o que corresponde, por exemplo, a poder desligar 4 usinas movidas a carvão durante um ano (ORACLE, 2021). Como podemos ver, todos estes ganhos foram devidos à percepção sobre fatores simples que são capazes de

alterar o comportamento humano dentro deste contexto - podendo inclusive serem classificados como *nudges* -, seguida de uma implementação também facilmente acessível.

A OPower segue, até os dias de hoje, estudando o comportamento dos consumidores de energia, fazendo pesquisas e aperfeiçoando suas técnicas. Seus Relatórios de Energia Doméstica estão sendo um dos principais objetos de aprimoramento, já que, segundo a Oracle (2021), a experiência do cliente ao se envolver com o relatório também é de grande relevância para a geração de melhores resultados. Ainda de acordo com a empresa, os relatórios devem ser mais visualmente atraentes e devem destacar as informações com as quais os clientes mais se preocupam, além de usarem mais cores, novos *layouts*, gráficos e espaços dedicados a parabenizar os consumidores por alguma conquista energética.

Este estudo de caso se relaciona à Economia Comportamental no que tange à utilização do viés de pressão social ao comparar o consumo entre residências, conforme explicado por Laskey (2013), e devido à adoção de maiores estímulos visuais nos relatórios de energia, cujos *feedbacks* de consumo também se configuram como incentivadores de mudanças de comportamento, conforme foi visto na metodologia TITE apresentada no tópico 3.5.1.

4.1.2. O Caso dos *Smart Meters* no Reino Unido

Buscou-se entender no Reino Unido, entre os anos de 2007 e 2010, os efeitos que os *smart meters*, ou medidores inteligentes, podem ter sobre o comportamento dos consumidores em relação à conservação de energia elétrica, no que tange ao acesso dos indivíduos às suas informações detalhadas de consumo. Existem dois tipos de medidores de energia: os convencionais, cujo fornecimento dos dados não é em tempo real, isto é, existe um atraso entre o consumo e seu cômputo - o que pode limitar a percepção do consumidor -, e os medidores que contam com *displays* para que as informações sejam apresentadas simultaneamente ao uso da energia (OECD, 2016).

O experimento, então, se pautou na análise de como os consumidores reagem a diferentes formas de apresentação das informações, ou seja, em como os efeitos de alguns vieses como o *status quo* e o enquadramento podem interferir nas escolhas de consumo. Para isso, a experiência abordou não só os testes com os *smart meters*, mas também outras intervenções para cunho comparativo, segundo apresentado a seguir (OECD, 2017). E ainda, contou com a participação de mais de 61 mil residências do país pertencentes a quatro concessionárias

diferentes (AECOM, 2011). Segundo a OECD (2016), tais intervenções, analisadas junto ou separadamente, foram:

(a) Informações instrutivas sobre eficiência energética;
(b) Dados históricos sobre o consumo de energia, com informações comparativas a outros períodos;
(c) Comparação do consumo das residências com a de vizinhos de estrutura semelhante;
(d) Comprometimento dos consumidores com metas estipuladas;
(e) Medidores inteligentes de energia elétrica elétrica e gás;
(f) Medidores que contam com os *displays* que exibem a informação em tempo real, incluindo avisos sonoros sobre o consumo;
(g) Monitoramento de aquecimento e água quente incorporado aos *displays* acima;
(h) Incentivos financeiros para redução do consumo ou para o deslocamento da demanda para horários fora de pico;
(i) Outras mídias digitais com conteúdos informativos, como televisão ou *web*.

Como resultado do experimento, a intervenção que apresentou resultados mais significativos foi a de implementação de medidores inteligentes com os displays que fornecem os dados em tempo real, seguida da comparação do consumo com residências vizinhas semelhantes. O experimento ainda teve duas conclusões importantes: quando aplicadas juntas, as intervenções possuíram um impacto maior; e ainda foi possível comparar o consumo de energia dos consumidores que possuíam apenas os medidores em relação àqueles que possuíam medidores acoplados com os *displays*, chegando-se ao resultado de que os consumidores com os *displays* conseguiam uma redução de 2 a 4% maior em relação ao primeiro grupo (OECD, 2016).

Segundo a pesquisa, o motivo pelo qual os medidores com os *displays* que fornecem informações simultâneas ao consumo possuem resultados melhores se liga ao fato de proporcionarem aos indivíduos um *feedback* imediato e real de suas ações, permitindo um aprendizado de longo prazo (OECD, 2016).

4.1.3. O Caso das faturas de energia no Chile

Com certa semelhança em relação ao estudo de caso da OPower, lançou-se em 2014 no Chile o projeto denominado de *Cuentas Claras, Simples y Transparentes en Eletricidad*, após ser verificado pela Superintendência de Eletricidade e Combustíveis (SEC) do país que 51% das pessoas entrevistadas não entendiam com clareza o conteúdo de suas faturas de energia, além de mais de 47% considerarem-nas pouco confiáveis. Então, com o objetivo de transformar a linguagem das contas de luz mais acessível, o Serviço Nacional do Consumidor (SERNAC), juntamente com o Laboratório de Governo aderiram ao projeto da SEC, configurando, assim, uma aliança entre três agências governamentais (GOBIERNO DE CHILE, 2017).

De acordo com Danna (2019), o mercado de distribuição de energia elétrica do Chile é bem semelhante ao brasileiro, pois conta com monopolistas que controlam as áreas de concessão, enquanto há um regulador que determina valores de tarifas. E assim como ocorre com as contas de luz do Brasil, as faturas do Chile possuíam muitas informações técnicas e pouco atrativas, sendo este o único meio pelo qual os consumidores tinham acesso às suas informações de consumo. Dado este cenário, então, o Laboratório de Governo - órgão que institui processos de inovação no setor público dentro de diversas esferas do poder - ficou responsável por estruturar um novo desenho para as faturas de energia em conjunto com seus próprios usuários (GOBIERNO DE CHILE, 2017).

Então, com o objetivo de identificar pontos relevantes nas contas de energia, capazes de proporcionar ao usuário um uso mais eficiente do serviço, permitir a ele um melhor entendimento das informações, incluindo sinalizações de onde gastam mais, além de alavancar uma relação mais transparente entre os consumidores, o mercado e o Estado, o Laboratório de Governo utilizou uma ferramenta para gestão da inovação conhecida como "Duplo Diamante", que conta com as fases de Descoberta, Formulação, Ideação e Entrega e Fechamento (GOBIERNO DE CHILE, 2017).

Para cada uma das fases, foram utilizados diferentes participantes. Na fase de Descoberta, buscou-se entender detalhadamente toda a estrutura do serviço, desde a geração de energia até sua distribuição, bem como o real papel das entidades relacionadas e o motivo de determinadas cobranças e encargos. Além disso, investigou-se os principais problemas e necessidades dos usuários, que envolviam: a visualização das contas; os significados de alguns de seus termos; o desconhecimento do motivo de algumas cobranças; a ausência de

informações e instruções para o consumo eficiente e a desconfiança com o serviço (GOBIERNO DE CHILE, 2017).

Já na etapa seguinte de Formulação, foram redefinidos as três principais problemáticas das faturas, que residiam em seu formato e desenho pouco chamativos, na dificuldade para entender as cobranças e na ausência de informações sobre eficiência energética. Na fase de Ideação, foram feitas oficinas com usuários de diferentes partes do país para geração de ideias. Já na etapa de Entrega, buscou-se criar protótipos de contas de energia, que incluíam as demandas identificadas nas etapas anteriores, além de terem sido feitos testes a respeito da disposição das informações na fatura e da resolução das impressões, aperfeiçoando os protótipos. Alguns dos modelos levantados são mostrados na Figura 9 (GOBIERNO DE CHILE, 2017).

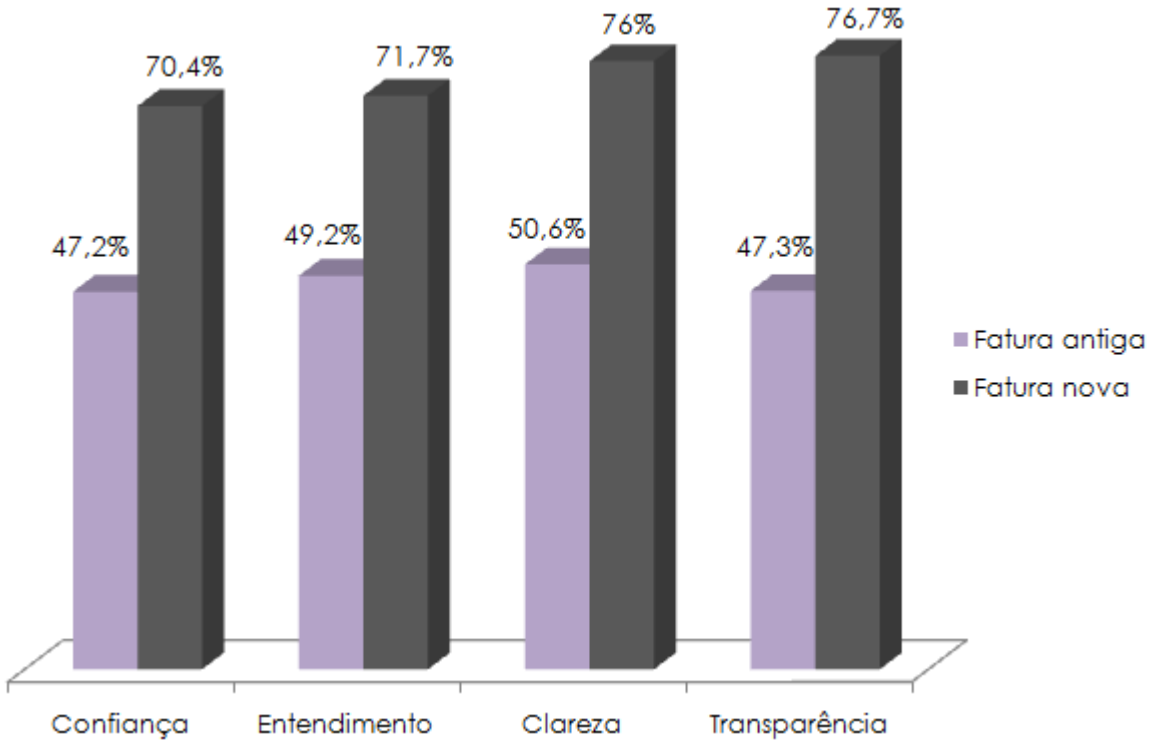
Figura 9: Alguns protótipos criados na fase de Entrega do projeto *Cuentas Claras, Simples y Transparentes en Electricidad*

Fonte: Gobierno de Chile (2017)

Por fim, a fase do Fechamento consistiu na implementação das novas faturas, ainda aceitando, entretanto, a identificação de outros possíveis problemas para que fossem aprimorados. Foram inseridas nas contas de energia os logos das respectivas distribuidoras, e foram novamente avaliados entre a população os indicadores de Confiança, Entendimento,

Clareza e Transparência das novas faturas, comparando-os com os resultados iniciais (GOBIERNO DE CHILE, 2017). Ainda de acordo com o Gobierno de Chile (2017), tal comparativo teve um resultado satisfatório e pode ser visto no Gráfico 21.

Gráfico 21: Comparativo entre os indicadores avaliados no projeto *Cuentas Claras, Simples y Transparentes en Electricidad*



Fonte: Adaptado de Gobierno de Chile (2017)

Embora o governo não tenha disponibilizado informações a respeito do volume de energia elétrica economizada com o projeto *Cuentas Claras, Simples y Transparentes en Electricidad*, um de seus objetivos era facilitar e direcionar o usuário na busca pela eficiência no consumo (GOBIERNO DE CHILE, 2017). E como foi visto ao longo deste trabalho, em especial por meio dos estudos de caso já apresentados, possibilitar entendimento e clareza nas informações concedidas aos consumidores de energia elétrica - como forma de *feedbacks* de consumo - são de primordial importância para o atingimento de hábitos e comportamentos mais colaborativos no uso da energia. O projeto, então, que obteve bons resultados nos quatro indicadores em questão, pode ser considerado como um avanço pela busca da eficiência energética no país por meio das contribuições da Economia Comportamental.

4.1.4. O Caso das etiquetas de eficiência energética na União Europeia

Após observar a baixa aderência por equipamentos energeticamente eficientes pela população da União Europeia, em contraposição à vontade declarada do consumidor em reduzir seu consumo de energia, a Comissão Europeia liderou uma pesquisa que pudesse explicar este fato contraditório. Então, optaram por avaliar os impactos de diferentes designs dos rótulos sinalizadores de consumo energético nas decisões de consumo por eletrodomésticos eficientes - dentre os diversos critérios para a escolha -, e contaram com a participação de 11.764 consumidores dentre dez de seus países: França, Alemanha, Grécia, Irlanda, Itália, Holanda, Polônia, Portugal, Romênia e Suécia (OECD, 2016).

A intenção do estudo, então, era determinar como a disposição das informações em um ambiente de compra virtual poderia estimular os consumidores a optarem por equipamentos que possuíam bom desempenho energético (ECORYS et al., 2014). Mais especificamente, o estudo objetivou descobrir: (i) Como as etiquetas de eficiência energética dos equipamentos poderiam manter sua utilidade ao serem simplificadas e adaptadas às restrições de espaço; (ii) Quando as informações relativas à eficiência energética deveriam ser expostas pela primeira vez ao consumidor: durante seu primeiro contato com as opções de compra ou durante a escolha final dentre o conjunto de itens selecionados (OECD, 2016).

Para tanto, a experiência foi realizada de forma virtual, e contou com duas etapas. Na primeira, os consumidores foram submetidos a um ambiente de compra online que ofertava quatro produtos diferentes: geladeiras, TVs, máquinas de lavar e lâmpadas, e foram aleatoriamente designados a realizar dois tipos de ações. O primeiro grupo deveria formar um conjunto de itens selecionados da gama inicial de produtos (“experimento de consideração”), enquanto o segundo grupo deveria realizar a escolha final de produto a partir de um conjunto de itens já previamente selecionado (“experimento de escolha”). Já na segunda etapa, os participantes deveriam preencher questionários com informações sócio-demográficas e outros dados relativos às escolhas de eficiência energética (OECD, 2017).

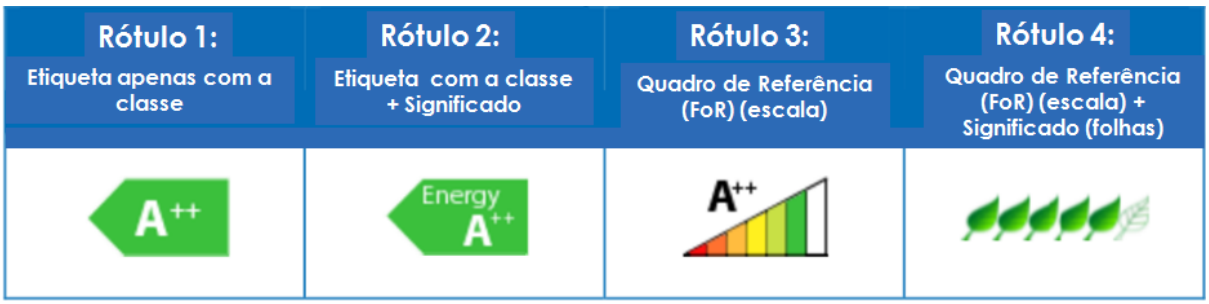
O experimento também testou hipóteses relacionadas tanto ao conteúdo das etiquetas quanto às diferentes exibições e disposição de suas informações. Em relação ao conteúdo dos rótulos, as hipóteses testadas foram:

(i) Efeito de significado: a eficácia dos rótulos reduzidos aumenta quando possuem significados textual ou visual (OECD, 2017);

(ii) Efeito dos Quadros de Referência: a eficácia dos rótulos reduzidos aumenta, em especial na fase de escolha final do produto, quando possuem Quadros de Referência (OECD, 2017).

Para isso, foram criados quatro modelos de rótulos reduzidos para que fossem comparados aos grupos de controle. O primeiro deles (Rótulo 1) contava com letras que representavam a eficiência energética do aparelho, que iam de A+++ a D; O segundo rótulo (Rótulo 2) incluia ao rótulo 1 seu significado através da adição da palavra "energia"; Já o terceiro rótulo (Rótulo 3), acrescentava ao rótulo 1 o significado da etiqueta através do Quadro de Referência, ou seja, uma representação visual da escala (pictograma); Por fim, o quarto rótulo (Rótulo 4) utilizava, ao invés de letras, uma escala crescente de folhas verdes (1 sendo a mais baixa e 5 sendo a mais alta) com uso do Quadro de Referências para a escala (pictograma) (OECD, 2017). A Figura 10 mostra o esboço dos diferentes modelos de rótulos.

Figura 10: Modelos dos Rótulos que foram analisados no estudo de caso das etiquetas na União Europeia



Fonte: Adaptado de OECD (2016)

Já em relação à disponibilidade e exibição de informações, as hipóteses foram (ECORYS et al., 2014):

(i) Efeito da informação: os indivíduos ficam mais inclinados a escolherem por produtos energeticamente eficientes quando estes possuem informações sobre eficiência energética, em comparação com quando estas informações não são exibidas;

(ii) Efeito do rótulo: os consumidores estão mais predispostos a comprarem produtos energeticamente eficientes quando as informações sobre eficiência energética estão mais

destacadas em relação às outras características do produto, em comparação com quando não estão destacadas;

(iii) Efeito de rótulo reduzido: as pessoas estão mais dispostas a comprarem produtos energeticamente eficientes quando as informações sobre eficiência energética são apresentadas de forma online em rótulos reduzidos quando comparados aos rótulos completos;

(iv) Efeito do estágio de decisão: quando expostas no estágio de decisão inicial sobre quais produtos devem pertencer ao conjunto de consideração, as informações sobre eficiência energética têm um maior impacto do que quando expostas no estágio de escolha final;

(v) Efeito do pedido: os consumidores estão mais propensos a adquirirem produtos que são mais eficientes energeticamente quando estes se encontram no topo da página do ambiente de compra virtual, em relação a quando se encontram ao fim da página, em especial no momento de formação do conjunto de consideração.

Para que todas as hipóteses fossem testadas, os participantes do experimento foram separados aleatoriamente em três grupos de controle e dois grupos de tratamento. O primeiro grupo de controle foi submetido a não receber nenhuma informação sobre energia; o segundo recebeu informações sobre eficiência energética em textos simples e não chamativos; e o terceiro recebeu etiquetas com informações completas de energia. Em relação aos grupos de tratamento, o primeiro deles recebeu a etapa de consideração dos conjuntos enquanto o segundo se submeteu ao sub-experimento de escolha (OECD, 2017).

Alguns resultados, então, puderam ser observados a partir de todo o estudo. O primeiro deles mostrou que qualquer rótulo dentre todos que foram testados levaram a uma maior propensão por parte dos consumidores a adquirirem os produtos com maior eficiência energética, quando comparado às escolhas dos grupos de controle, que não possuíam nenhuma informação a este respeito (OECD, 2016). Tais resultados são respectivos tanto à fase de formação do conjunto de itens em consideração, quanto à escolha final.

Outro resultado do experimento indicou que o Rótulo 3, que exibia a escala completa de eficiência de A+++ a D, apresentada visualmente por meio do Quadro de Referência, foi a que possuiu melhor desempenho, quando comparada às etiquetas com escalas absolutas (de A a D, por exemplo). O Rótulo 3 foi capaz de levar os consumidores, durante o estágio de formação do conjunto inicial de itens, a selecionarem o produto mais eficiente em 61% do tempo, em média, enquanto este produto só foi selecionado em 51% das vezes no grupo de controle. Já em relação ao estágio de escolha final, este rótulo levou a uma escolha do

produto mais eficiente em 68% do tempo, frente aos 65% no grupo de controle. Ambos os resultados foram considerados estatisticamente relevantes (OECD, 2016).

As outras etiquetas, que embora tenham tido uma performance inferior à de número 3, também possuíram bons resultados. O Rótulo 1 levou à escolha pelo produto mais eficiente em 58% durante o estágio de formação do conjunto, e em 67% durante o estágio de decisão final. Já o Rótulo 2, apresentou um desempenho de 56% e 65% em relação aos dois estágios, respectivamente, enquanto o Rótulo 4 levou, para as correspondentes fases, à escolha pelo produto mais eficiente em 55% e 66% do tempo. Todos estes resultados também foram considerados estatisticamente significativos (OECD, 2017).

4.2 OS ESTUDOS DE CASO SÃO APLICÁVEIS NO BRASIL?

Como foi visto ao longo do capítulo, ensaios e experimentos têm sido feitos ao redor do mundo para que se possa entender como as contribuições da Economia Comportamental podem gerar resultados eficazes em diversos âmbitos públicos, incluindo o de energia elétrica. Além disso, como foi mostrado no primeiro estudo de caso, algumas concessionárias até mesmo já adotam modelos que se utilizam da ciência, que está em constante crescimento e possui cada vez mais visibilidade.

A pergunta que fica é: e o Brasil? É possível importar estas descobertas e contribuições para o nosso país? Em primeiro lugar, um dos empecilhos para que ideias e programas como os que foram descritos sejam implementados com a mesma eficácia no Brasil, pode estar relacionado ao fato de as distribuidoras do país ainda serem recompensadas proporcionalmente ao volume de energia usado pelo consumidor, ou seja, são recompensadas quando há desperdício, conforme apresentado anteriormente. Estas concessionárias, portanto, possuem poucas alavancas que as façam querer investir em estudos e programas mais satisfatórios em eficiência energética. Uma sugestão, talvez, possa estar em reverter este cenário, de maneira que as distribuidoras sejam, de alguma forma, recompensadas pela eficiência energética adquirida pelos consumidores em suas respectivas áreas de concessão.

Sem levar em conta este fato, contudo, alternativas como mudar o formato e o design de contas de energia, apresentando as principais informações de forma a gerar maior entendimento, chamar a atenção do usuário, e proporcionar a eles um *feedback* mais detalhado de seu consumo, são possíveis de serem aplicadas. E ainda, inserindo às faturas informações relacionadas ao comparativo de gasto energético com vizinhos semelhantes, conforme mostrado no estudo de caso da OPower. São mudanças simples, cuja aplicabilidade

não depende de características muito específicas de cada população, assim como a capacidade de resposta de alguns vieses e heurísticas adotados. O mesmo vale para a avaliação de uma possível mudança do modelo das etiquetas de consumo energético. Para todas as inovações, é necessário, apenas, que se faça um levantamento de como a população brasileira melhor se identificaria com os modelos de fatura e etiquetas em estudo, visto que já é de nosso conhecimento que a maior clareza na disposição das informações proporciona, de forma comum, bons resultados.

Por outro lado, algumas outras mudanças podem ser consideradas mais distantes da realidade em que o Brasil se encontra hoje, como é o caso da introdução dos *smart meters* nas casas dos consumidores de energia elétrica. Isso porque seria necessário haver grandes investimentos na tecnologia, seja por parte do governo, das concessionárias e/ou dos usuários da rede, a depender do modelo no qual o programa fosse implementado. Além disso, o sucesso de sua execução no Reino Unido muito se deu devido à larga utilização de aquecedores nas residências devido ao clima frio da região, sendo este um dos equipamentos nos quais os consumidores muito se atentam em relação ao consumo energético. Ou seja, esta também não é uma realidade no nosso país, devido ao nosso clima primordialmente quente.

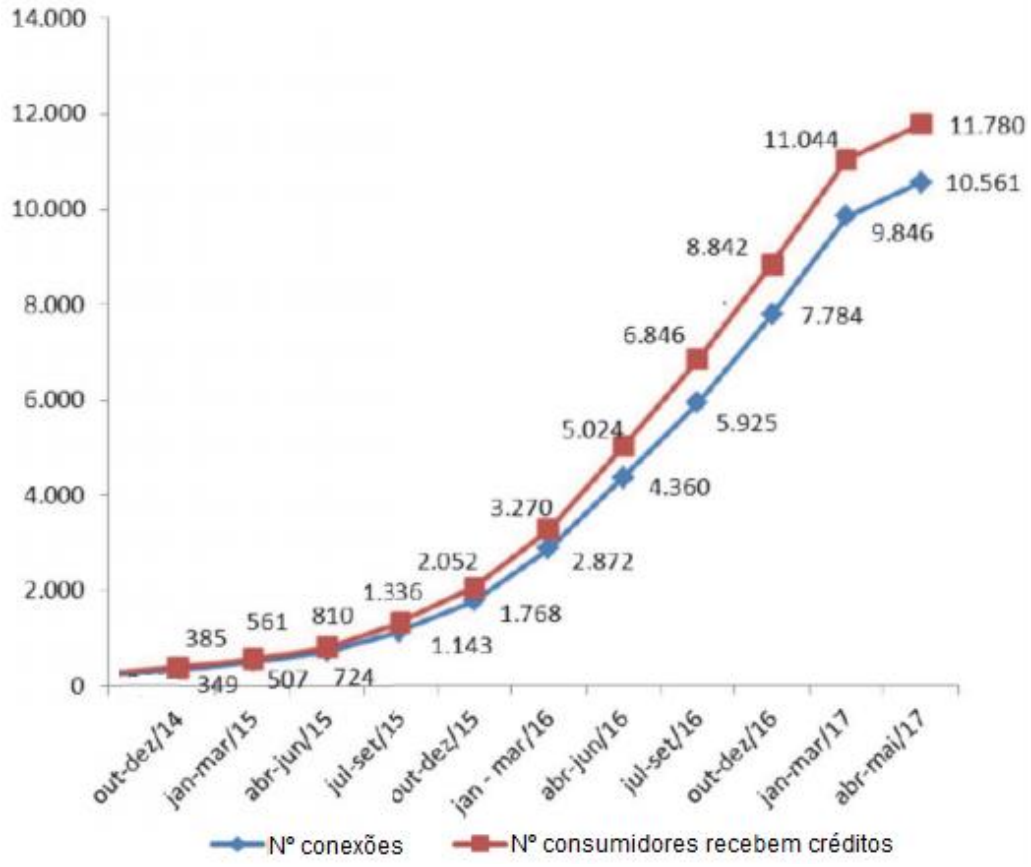
No Brasil, embora possivelmente ainda possa ser aprimorado, já existe o programa do Selo Procel, que, conforme apresentado, sinaliza aos consumidores de forma bem clara e visual as características de eficiência energética dos equipamentos domésticos. Tal programa se utiliza da Economia Comportamental à medida em que influencia os compradores a tomarem determinadas decisões de consumo por meio de iscas - ou *nudges* - que despertam a sua atenção para os produtos que são considerados melhores do ponto de vista energético.

Além disso, está em tramitação no Senado o Projeto de Lei 365 de 2016 que possui como ementa a obrigatoriedade de concessionárias e permissionárias de energia em informarem ao consumidor seu gasto energético em comparação ao consumo médio da região onde mora, com o objetivo de fomentar comportamentos energeticamente eficientes. Sua última atualização se deu em Maio de 2019 junto à Comissão de Serviços de Infraestrutura, cuja situação se encontra como “matéria com a relatoria” (SENADO FEDERAL, 2019). Contudo, não basta apenas inserir mais uma informação nas faturas de energia se esta não for estruturada para realmente chamar a atenção e impactar a percepção do consumidor, principalmente dado os modelos de contas de luz fornecidos atualmente no país: agrupam muitas informações - incompreensíveis para grande parcela da população - e não dão destaque para os dados que são realmente informativos.

Embora o trabalho tenha seguido a linha da eficiência energética dentre as vertentes dos Recursos Energéticos Distribuídos, é válido deixar claro que os fundamentos e contribuições da Economia Comportamental são de vasta aplicação, conforme explicado. Sendo assim, é possível adotá-las, ainda, para as outras abordagens dos RED's, como a Geração Distribuída, por exemplo, que também é de grande relevância no estudo.

Para ilustrar brevemente este fato, portanto, é conveniente mostrar, por meio do Gráfico 22, como que os incentivos financeiros e fiscais concedidos aos indivíduos e empresas que adotaram o Sistema de Compensação de Energia foram capazes de induzir o comportamento dos consumidores a adotarem modelos de micro e minigeração distribuída no Brasil entre os anos de 2015 e 2017.

Gráfico 22: Número de Conexões em micro e minigeração distribuída *versus* Número de consumidores que se beneficiaram dos créditos concedidos



Fonte: adaptado de ANEEL (2017)

É possível ver pelo gráfico que entre Março de 2015 e Maio de 2017, o número de consumidores que adotaram a geração distribuída aumentou em 20 vezes. Esta estratégia se encaixa nos modelos da ciência comportamental à medida que se utiliza do viés de primeiro

custo ao qual os indivíduos estão submetidos, conforme explicado no tópico 3.5.1. Isto é, eles tendem a valorizar mais recompensas financeiras imediatas do que as futuras – o que foi materializado por meio dos incentivos fiscais, uma vez que retiraram das faturas de energia destes consumidores a incidência do ICMS, PIS/Pasep e COFINS sobre a energia produzida pela unidade, que passaram a incidir apenas sobre o consumo de energia excedente. Ou seja, isto possibilitou uma diminuição dos custos com a energia em 39,25% (CAMARGO, 2018).

Portanto, assim como foi mostrado para a eficiência energética e para a geração distribuída, torna-se evidente a aplicabilidade de estratégias similares, relativas à Economia Comportamental, para as outras vertentes dos RED's, como o armazenamento de energia e o gerenciamento da demanda – que não possuíram grande enfoque neste contexto dado a priorização da eficiência energética no presente estudo.

4.3 PROPOSTA DE APLICAÇÃO DA ESTRUTURA TITE NO BRASIL

Neste tópico, buscou-se utilizar as técnicas recomendadas pela estrutura TITE para sugerir propostas de implementação em programas de eficiência energética no Brasil, de acordo com a visão da autora sobre o contexto. Para cada passo, será feita uma análise de como estas estratégias poderiam ser pensadas para o cenário do país.

(i) O primeiro passo da estrutura, portanto, consiste em identificar quais são o público e os comportamentos alvo a serem priorizados. No caso do presente estudo, o público de nosso interesse são os consumidores residenciais de energia elétrica do Brasil, cujos comportamentos desejados incluem: melhores hábitos de consumo da eletricidade, como atentar-se ao desperdício de energia em cômodos vazios ou em equipamentos que não estão sendo utilizados, banhos mais rápidos e em modo "verão" quando possível, troca de emendas mal feitas que geram perdas de energia e, no geral, um aumento do nível de consciência desses indivíduos quanto ao seu consumo. Além disso, para o mesmo programa ou para um programa diferente, pode-se objetivar ainda que estes consumidores façam melhores escolhas no momento de comprar equipamentos como eletrodomésticos ou lâmpadas, no que diz respeito à eficiência energética.

A estrutura TITE sugere que, neste passo, seja aplicado o Princípio de Observação do Projeto proposto por Kelley e Littman (2001). Neste sentido, os formuladores dos programas devem buscar comparar residências que possuem estruturas semelhantes e consumos

discrepantes, realizando pesquisas minuciosas que procurem identificar as possíveis diferenças entre ambas. Isto é, pode-se pensar em aplicar entrevistas com os respectivos moradores sobre seus hábitos de consumo, realizar vistorias em seus domicílios (caso consentido) para buscar diferenças ambientais como cor das paredes, equipamentos utilizados, posição de interruptores, dentre outros. É interessante também pensar em comparar residências de áreas de concessão distintas, para que se possa analisar outros fatores como formato das contas de luz, por exemplo.

Para o caso de comparar decisões de consumo no ato da compra de eletrodomésticos, pode-se considerar a realização de uma pesquisa similar àquela aplicada na União Europeia, para entender as influências de diferentes etiquetas de eficiência para os brasileiros. Ou ainda, criar cenários de diferentes condições de compra, incluindo descontos presentes ou futuros, promoções e/ou possibilidade de parcelamentos, para entender quais são aquelas que mais chamam a atenção dos consumidores.

A partir da aplicação do Princípio da Observação do Projeto, então, ficará mais fácil de determinar as barreiras de comportamentos que impedem determinadas pessoas a agirem da maneira desejada ou de terem bons resultados em relação ao consumo de energia. Por exemplo, durante as pesquisas descritas acima, poderia-se concluir que alguns indivíduos gastam mais energia por conta do posicionamento de interruptores longe das portas, devido às cores escolhidas que escurecem o ambiente, ou por conta de esquecimento. Ou ainda, que escolhem equipamentos piores em relação à eficiência devido à falsa sensação de economia, ou também porque não possuem condições de comprar um que seja mais eficiente devido às taxas de juros e pela falta de subsídios.

(ii) O segundo passo da estrutura sugere determinar em quais níveis de intervenção os programas irão apostar. Conforme explicado anteriormente, estes podem ser cinco: o Interpessoal, o Sociocultural, o de Mercado, o Político, e o do Ambiente Físico, que, de acordo com Sullivan, Armel e Todd (2012), se combinados entre si podem gerar melhores resultados. Portanto, no caso da busca de melhores hábitos de consumo dos moradores, pode-se combinar as opções de intervenções em níveis Sociocultural e de Ambiente Físico, por exemplo, ao veicular na mídia dicas de mudanças ambientais capazes de despertar melhores comportamentos energéticos, como a de pintar a casa com cores mais claras, limpar as lâmpadas frequentemente para aumentar sua eficiência de iluminação ou de trocar emendas mal feitas que geram perdas de energia. Pode-se pensar também na intervenção de nível Político, ao estipular que as contas de luz devam ser mais chamativas, visíveis, e conter

conteúdos comparativos entre vizinhos semelhantes, como foi descrito no caso da OPower nos EUA.

Para os casos de intervenções nas decisões de consumo por equipamentos mais eficientes, pode-se considerar as de níveis Político, de Mercado e Sociocultural. Ou seja, determinando padrões mínimos de eficiência dos eletrodomésticos, e estipulando condições específicas de compra e venda desses aparelhos junto ao uso das etiquetas mais convenientes, de acordo com os resultados observados nas pesquisas do passo (i). E ainda, apostando em estratégias de *Marketing* para enaltecer os benefícios destes equipamentos.

(iii) O terceiro passo sugere a aplicação mais detalhada das técnicas da Economia Comportamental nos programas de eficiência energética em questão para o Brasil. Nos tópicos subsequentes, serão sugeridos exemplos de emprego de algumas destas técnicas de acordo com o comportamento alvo que mais se aplica: seja o de melhores hábitos de consumo ou o de melhores decisões de compra por equipamentos eficientes. Os exemplos a seguir também foram descritos por Sullivan, Armel e Todd (2021), e adaptados pela autora à realidade do país:

(a) Os modelos devem expor seus conteúdos relevantes de maneira bem visível e de fácil compreensão. Por exemplo, as informações veiculadas na mídia a respeito de dicas de ambientes mais propícios para a conservação de energia devem ser chamativas, intuitivas e devem deixar claro os resultados provenientes das ações sugeridas. Além disso, os modelos devem explorar veículos como as redes sociais ou aplicativos, que são ferramentas muito utilizadas no Brasil.
(b) Os programas devem tentar contornar o efeito dotação, ou seja, a dificuldade que os indivíduos possuem em se desfazer de equipamentos que já foram pagos, mesmo os ineficientes. Então, é preciso que, nas estratégias de *Marketing* que veiculam os equipamentos desejáveis, sejam evidenciados os benefícios de adquiri-los, abordando inclusive que o custo de manter um aparelho ineficiente será maior no longo prazo do que trocando-o por uma melhor opção no momento presente.
(c) Os modelos devem utilizar ao seu favor o viés do enquadramento, ou seja, a forma na qual as informações são apresentadas. Nas propagandas a respeito de equipamentos mais eficientes, por exemplo, é preferível veicular que um consumidor perderá R$100 reais por ano com uma máquina de lavar antiga, do que informá-lo que ele ganhará determinado valor em economia com uma máquina nova, utilizando-se do viés de

aversão à perda. Ou ainda, é aconselhável informar também que uma lâmpada gera economia de 75% ao invés de dizer que o consumidor terá sua conta mais barata em R$3,00, recorrendo-se ao viés da porcentagem. Além disso, esta técnica se aplica também ao informar aos moradores que seus vizinhos semelhantes foram 20% mais eficientes, por exemplo, ou que seu consumo atual foi 10% superior ao do ano anterior, visto que as pessoas estão sujeitas aos vieses de norma social e de dependência de referência.

(d) As políticas em questão devem tornar a eficiência energética a escolha padrão, já que as pessoas se sentem mais confortáveis em optar por aquelas alternativas que todas as outras pessoas também estão optando. Logo, pode-se haver um esforço entre a ANEEL, o Inmetro, as concessionárias de energia e as empresas de eletrodomésticos para que todos os produtos ofertados sejam conformes com os padrões de eficiência energética.

(e) As opções de escolhas devem ser restritas para que os indivíduos não tendam a permanecer no *status quo*, ou seja, sem tomarem qualquer decisão devido às inúmeras possibilidades. Por exemplo, as dicas veiculadas na mídia que propiciam a redução do consumo energético podem ser apresentadas paulatinamente. Ou seja, em cada apresentação da propaganda expõe-se uma ou duas orientações para que os indivíduos não se sintam desmotivados. Esta técnica também cabe às condições de compra que são apresentadas ao consumidor de eletrodomésticos; deve ser criado um número restrito de pacotes de opções.

(f) As políticas devem levar em consideração que os indivíduos estão sujeitos ao viés de primeiro custo e, portanto, os benefícios financeiros imediatos devem ser priorizados em relação aos futuros. Por exemplo, pode-se haver, novamente, um esforço coletivo entre a ANEEL, empresas e concessionárias de energia para que os consumidores já recebam descontos em suas contas de luz no momento da compra de equipamentos eficientes, ou ainda, recebam recompensas em dinheiro no ato da aquisição.

(g) As pessoas tendem a superestimar suas chances de ganhar prêmios, enquanto subestimam pequenas recompensas financeiras. Logo, no caso do Brasil, se a forma de faturamento das concessionárias for alterado para que o desperdício de energia não seja fonte de renda, pode-se considerar algumas práticas tais como: selecionar uma pessoa aleatoriamente dentro da amostra de consumidores que apresentaram bom desempenho energético para ganhar um prêmio de R$10.000,00 ou ainda um eletrodoméstico que tenha alta procura no momento. Além disso, para que o efeito da

reciprocidade seja considerado, pode-se pensar em fornecer presentes simbólicos aos consumidores, como plantas, pequenas árvores ou até mesmo lâmpadas de LED juntamente com um convite para que eles colaborem na redução do consumo de energia.

(h) Os indivíduos normalmente acreditam que, sozinhos, pouco podem fazer para contribuírem com uma causa maior. Logo, uma estratégia para contornar esta barreira é fornecer através da mídia, das redes sociais ou de aplicativos criados pelas concessionárias um *feedback* coletivo sobre a redução do consumo energético dos brasileiros daquela área de concessão ou de determinado grupo, para que tenham conhecimento do resultado do esforço em conjunto. Esta prática também pode ser complementada através do estabelecimento de algumas metas de consumo para o grupo em questão.

(iv) Por fim, o último passo da estrutura TITE sugere que os resultados sejam bem avaliados e arquivados para experiências futuras. Logo, uma sugestão é que se façam testes com grupos menores antes de estas práticas serem implementadas de fato, visto que seus resultados podem variar conforme cada região, costumes e estilo de vida de cada grupo populacional.

5. CONCLUSÃO

O trabalho inicialmente abordou algumas características do Sistema Elétrico Brasileiro para que pudesse ser feita uma contextualização do cenário a ser estudado, com informações acerca da estrutura de fornecimento de energia, bem como as principais fontes utilizadas na matriz e algumas considerações sobre como ocorre a comercialização no país. Em seguida, foi introduzido o conceito dos Recursos Energéticos Distribuídos, em paralelo com o atual panorama de cada uma das suas vertentes no Brasil - geração distribuída, armazenamento de energia, eficiência energética e gerenciamento da demanda -, para, posteriormente, ser brevemente apresentado seus principais desafios de implantação e suas conjunturas internacionais.

Na sequência, iniciando a segunda parte de revisão bibliográfica, foram discutidas algumas críticas relativas à Teoria do Consumidor oriunda da Economia Tradicional, para que pudesse ser indicada, a posteriori, a definição da Economia Comportamental. Então, destacou-se algumas das suas contribuições, bem como alguns de seus principais vieses e heurísticas, para evidenciar que esta segunda ciência melhor se modela à realidade de tomada de decisão dos indivíduos. Também discutiu-se questões relacionadas às incertezas no processo decisório, além de ser apresentado o que são os *nudges* e suas aplicações em políticas públicas. Por fim, o capítulo abordou a metodologia da estrutura TITE, que possui como finalidade direcionar os formuladores de programas em eficiência energética a utilizarem alguns princípios e técnicas baseadas na ciência em questão para que seus resultados sejam satisfatórios.

Desta maneira, após todo o contexto de discussão ser desenvolvido, o trabalho focou em cumprir seu principal objetivo: evidenciar que as contribuições da Economia Comportamental podem ser devidamente aplicadas em programas e contextos que buscam a eficiência energética pelo lado da demanda residencial. Então, primeiramente discutiu-se quatro estudos de caso no tema, aplicados, respectivamente, nos Estados Unidos, Reino Unido, Chile e União Europeia, e, na sequência, ponderou se os artifícios utilizados poderiam ser importados para o Brasil. Além disso, o trabalho também preocupou-se em adaptar a estrutura TITE para a realidade brasileira, na tentativa de deixá-la como sugestão aos formuladores de políticas em eficiência energética do país.

O primeiro estudo de caso apresentado, o da OPower nos EUA, forneceu resultados sólidos e quantitativos de aproximadamente 1,86 TWh acumulados em redução de consumo em energia elétrica entre os anos de 2008 e 2012, através da introdução, nas contas de luz, de

informações comparativas de gasto energético entre consumidores de estruturas residenciais semelhantes. Já o segundo caso, que apresentou a implantação de *smart meters* nos domicílios dos usuários da rede no Reino Unido, forneceu resultados qualitativos de qual medida possui melhores resultados para promover a eficiência energética dos consumidores, que se trata dos *smart meters* acoplados a *displays* com informações em tempo real de consumo. O terceiro, a respeito das alterações de formato e *design* das contas de luz no Chile, embora não tenha fornecido dados diretos a respeito de energia, conseguiu obter aumentos de 22% a 29% nos critérios de confiança, entendimento, clareza e transparência na relação entre a população e as tarifas. Finalmente, o último caso, sobre o teste de etiquetas aplicado na União Europeia, também apresentou um resultado qualitativo sobre qual rótulo promovia melhores decisões de consumo por equipamentos energeticamente eficientes, que apontou para a etiqueta que fornecia visualmente, através de um Quadro de Referência, a escala completa de eficiência de A+++ a D.

Os vieses de pressão social, enquadramento e *status quo* foram os principais utilizados nos estudos de caso, apresentando, portanto, grande relevância no contexto em estudo, além das evidências sobre como a disposição de informações e *feedbacks* de consumo podem influenciar o comportamento dos consumidores de energia.

Como todos os estudos de caso apresentados possuíram, de maneira ou de outra, resultados positivos no contexto de busca pela redução do consumo de energia elétrica, a principal conclusão do trabalho é que, de fato, as contribuições da Economia Comportamental podem ser utilizadas para se conseguir bons resultados em eficiência energética pelo lado da demanda residencial, seja por meio do entendimento de como os indivíduos respondem aos vieses e heurísticas, ou pela realização de testes que descubram como determinada população melhor se comporta frente a estímulos voltados à redução do consumo de energia - o que demonstra, portanto, o objetivo do trabalho.

Neste sentido, como a relevância da ciência em questão ficou evidente, esta dissertação ainda buscou sugerir ao Brasil uma aplicação da estrutura TITE adaptada à sua realidade, para que o país tente acompanhar, mesmo que de maneira mais sutil, os desdobramentos e benefícios da Economia Comportamental no setor de eletricidade. Neste ponto do trabalho, pôde-se perceber que, embora algumas sugestões sejam mais complexas por envolverem a decisão de algumas instituições do país, ou dependerem da mudança da conjuntura de cobrança da tarifa das concessionárias, é possível apostar em outras técnicas e estratégias que possuem implementações mais simples e podem gerar bons resultados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABADIE, Alberto; GAY, Sebastien. 2006. The impact of presumed consent legislation on cadaveric organ donation: a cross-country study. **Journal of Health Economics**. 25(4): 599-620.

ABAQUE, Associação Brasileira de Armazenamento e Qualidade de Energia. **Visão Geral de Tecnologia e Mercado para os Sistemas de Armazenamento de Energia Elétrica**. Belo Horizonte: Abaque, 2017. Disponível em: http://abaque.com.br/wp-content/uploads/2017/07/Estudo_Mercado_Armazenamento_Brasil.pdf. Acesso em: 31 ago. 2020.

ABRACEEL, Associação Brasileira de Comercializadores de Energia. **Contribuições para CP 033/2017 do MME: Reforma do Setor**. 2017. Disponível em: http://www.mme.gov.br/documents/36131/930948/participacao_0.24394016809135333.pdf/1e210f9a-d11a-7358-6cad-3e95d1e6e2c5. Acesso em: 15 ago. 2020.

ABRACEEL, Associação Brasileira de Comercializadores de Energia. **Mercado livre de energia fecha 2019 com um movimento de R$ 134 bi**. 2020. Disponível em: https://abraceel.com.br/. Acesso em: 20 nov. 2020.

ABSOLAR, Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica. **Energia Solar vai gerar mais de 120 mil empregos no Brasil em 2020**. 2020. Disponível em: http://www.absolar.org.br/deixeasolarcrescer/tag/rodrigo-sauaia/. Acesso em: 02 ago. 2020.

ABSOLAR, Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica. **Incentivo à energia solar**. 2020. Disponível em: http://www.absolar.org.br/. Acesso em: 20 nov. 2020.

AECOM. **Energy Demand Research Project**: Final Analysis, 2011. Saint Albans.

AFONSO, Júlio Carlos; BUSNARDO, Roberto Giovanini; BUSNARDO, Natália Giovanini. Baterias de lítio: novo desafio para a reciclagem. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 35, n. 205, p. 72-75, jul. 2004. Disponível em: http://www.geocities.ws/etermecanica/litio.pdf. Acesso em: 10 set. 2020.

AHMADI, Leila; YOUNG, Steven B.; FOWLER, Michael; FRASER, Roydon A.; ACHACHLOUEI, Mohammad Ahmadi. A cascaded life cycle: reuse of electric vehicle

lithium-ion battery packs in energy storage systems. **The International Journal Of Life Cycle Assessment**, [S.L.], v. 22, n. 1, p. 111-124, 7 set. 2015. Springer Science and Business Media LLC. http://dx.doi.org/10.1007/s11367-015-0959-7.

ANAND, Mohit; SIMON, Brett. **The Future of Solar-Plus-Storage in Germany**. 2016. Disponível em: https://www.greentechmedia.com/. Acesso em: 15 out. 2020.

ANDRADE, Eduardo Leopoldino. **Introdução à Pesquisa Operacional**: Métodos e Modelos para Análise de Decisão, 2ª ed., LTC, Rio de Janeiro, 2000.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. Superintendência de Regulação dos Serviços de Distribuição. Nota Técnica nº 00056/2017 – SDR/ANEEL. **Atualização das projeções de consumidores residenciais e comerciais com microgeração solar fotovoltaicos no horizonte 2017-2024**. 2017. Disponível em: http://www.aneel.gov.br/documents/656827/15234696/.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. 3. ed. Brasília: Titulares dos Direitos da Aneel, 2008. 236 p.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **Comparativo entre a Tarifa Branca e a Tarifa Convencional**. 2020. Disponível em: https://www2.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=781&idPerfil=2. Acesso em: 29 set. 2020.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **Consumidor Cativo**. 2020. Disponível em: https://www.aneel.gov.br. Acesso em: 10 ago. 2020.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **Geração Distribuída**: Micro e Minigeração Distribuídas. 2020. Disponível em: https://www.aneel.gov.br/geracao-distribuida. Acesso em: 30 jun. 2020.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **Grupo B**. 2021. Disponível em: https://www.aneel.gov.br. Acesso em: 03 mar. 2021.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **Pequenas Centrais Hidrelétricas permitirão acréscimo de 7.000 MW ao sistema**. 2017. Disponível em: https://www.aneel.gov.br. Acesso em: 06 jul. 2020.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **Produtor Independente de Energia Elétrica - PIE**. 2020. Disponível em: https://www.aneel.gov.br/. Acesso em: 15 ago. 2020.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **Saiba mais sobre a Tarifa Branca**. 2020. Disponível em: https://www.aneel.gov.br/. Acesso em: 29 set. 2020.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **Saiba mais sobre o setor elétrico brasileiro**. 2020. Disponível em: https://www.aneel.gov.br. Acesso em: 22 jun. 2020.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **Sessão presencial de audiência sobre tarifa binômia será realizada nesta quarta-feira (20/2)**. 2019. Disponível em: https://www.aneel.gov.br/. Acesso em: 07 out. 2020.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **Tarifa Binômia**: Modelo tarifário do grupo B. Brasília: Aneel, 2018.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **Tarifa Branca**. 2020. Disponível em: https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiYWRmZWJjMGYtZjhhNC00YmYxLTg0MzItMDUyYjJmYjVmNTI4IiwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYTctNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBlMSIsImMiOjR9. Acesso em: 01 out. 2020.

ARIELY, Dan. **Irrationally yours**: on missing socks, pickup lines, and other existential puzzles. New York: Dow Jones & Company, Inc., 2015.

ARIELY, Dan. **Previsivelmente Irracional**: como as situações do dia-a-dia influenciam as nossas decisões. Rio de Janeiro: Gmt Editores Ltda., 2008.

ARIELY, Dan. Research Heroes: Dan Ariely. **InDecision**. 2013. Disponível em http://indecisionblog.com/2013/08/17/research-heroes-dan-ariely/. Acesso em: 05 nov. 2020.

ARMEL, Carrie. **Applying Health Promotion Intervention Principles to Climate Change**, 2007. Behavior Energy and Climate Change Conference, Sacramento, Ca, November 7-9.

ARMEL, Carrie. **Personal communication**, 2012. Precourt Energy Efficiency Institute. Acesso em: 27 jan. 2021.

BAMBERG, Sebastian; HUNECKE, Marcel; BLÖBAUM, Anke. Social context, personal norms and the use of public transportation: two field studies. **Journal Of Environmental Psychology**, [S.L.], v. 27, n. 3, p. 190-203, set. 2007. Elsevier BV.

BARDELIN, Cesar Endrigo Alves. **Os efeitos do Racionamento de Energia Elétrica ocorrido no Brasil em 2001 e 2002 com ênfase no Consumo de Energia Elétrica**. 2004. 112 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia - Sistemas de Potência, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3143/tde-23062005-084739/publico/DissertRacionamento.pdf. Acesso em: 15 jul. 2020.

BAZERMAN, Max H. **Judgment in managerial decision making**. 3. ed. New York: Wiley, 1994.

BERMANN, Célio. Impasses e controvérsias da hidreletricidade. **Estudos Avançados,** São Paulo, v. 21, n. 59, p. 139-153, jan./abr. 2007.

BERMUDEZ, Tatiana; CONSONI, Flávia. **Scientific and technological trends of lithium-ion batteries for electric vehicle: insights from the application of bibliometric and patent analysis**. 2016. Disponível em: http://gerpisa.org/en/node/3365. Acesso em: 01 set. 2020.

BIANCHI, Ana Maria; ÁVILA, Flávia. Prefácio. In Avila, F. e Bianchi, A. (Orgs.)(2015). **Guia de Economia Comportamental e Experimental**. São Paulo, 2015. EconomiaComportamental.org. Disponível em www.economiacomportamental.org. Acesso em: 30 out. 2020.

BIT, Behavioural Insights Team. **Impacts of alternatives to In-Home Displays on customers' energy consumption**. Londres: Crown, 2019. Disponível em: https://www.bi.team/wp-content/uploads/2020/10/smart-meters-in-home-displays-impacts-1.pdf. Acesso em: 20 jan. 2021.

BIT, Behavioural Insights Team. **Testing smart meter displays to save energy**. 2017. Disponível em: https://www.bi.team/articles/testing-smart-meter-displays-for-energy-saving/. Acesso em: 21 jan. 2021.

BOCUZZI, Dennis; MONACO, Pedro; SANTOS, Jovanio; BONALDO, Filipe. **Geração Distribuída: Evolução Brasileira e Perspectivas**. Rio de Janeiro: Gesel Ufrj, 2020.

Disponível em: http://www.gesel.ie.ufrj.br/app/webroot/files/publications/30_bocuzzi_2020_04_20.pdf. Acesso em: 20 ago. 2020.

BONALDO J. P., F. N. Braga, J. A. Pomilio, "**Single-phase Multifunctional Grid Interface Converter without Grid Sincronization**", IEEE 4th International Conference on Clean Electrical Power Renewable Energy Resources Impact, Alghero, Italy, 11-13 June 2013, pp. 330-336.

BORTOLINI, Ana Maria; PAGLIARINI, Thaís da Silva. **Aumento do fator de carga de distribuidoras de energia elétrica por meio do controle direto da demanda**. 2018. 89 f. TCC (Doutorado) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2018.

BP. **BP Statistical Review of World Energy**. 2018. Disponível em: https://www.bp.com/. Acesso em: 14 out. 2020.

BUSARELLO, Raul Inácio. **Gamification**: princípios e estratégias. São Paulo: Pimenta Cultural, 2016.

CAMARGO, Henrique Cabral. Efetividade dos incentivos fiscais concedidos ao sistema de compensação de energia solar como forma de estímulo ao desenvolvimento sustentável. 2018. 108 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Direito, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Porto Alegre, 2018.

CASTRO, Nivalde de; BRANDÃO, Roberto; CATOLICO, Ana Carolina. **Usinas hidrelétricas reversíveis - um novo negócio?** Rio de Janeiro: Gesel Ufrj, 2020. Disponível em: http://www.gesel.ie.ufrj.br/app/webroot/files/publications/12_castro178.pdf. Acesso em: 16 set. 2020.

CASTRO, Nivalde de; GOUVÊA, Adriana Ribeiro; MOSZKOWICZ, Mauricio. **Desafios das distribuidoras de energia elétrica frente à difusão dos recursos energéticos distribuídos**. Rio de Janeiro: Gesel Ufrj, 2019. Disponível em: http://www.gesel.ie.ufrj.br/app/webroot/files/publications/34_castro206.pdf. Acesso em: 01 out. 2020.

CCEE, Câmara de Comercialização de Energia Elétrica. **Ambiente Livre e Ambiente Regulado**. 2020. Disponível em: https://www.ccee.org.br/. Acesso em: 12 ago. 2020.

CCEE, Câmara de Comercialização de Energia Elétrica. **Com quem se relaciona**. 2021. Disponível em: https://www.ccee.org.br/. Acesso em: 03 mar. 2021.

CCEE, Câmara de Comercialização de Energia Elétrica. **Conheça as modalidades de agentes**. 2020. Disponível em: https://www.ccee.org.br/. Acesso em: 05 out. 2020.

CCEE, Câmara de Comercialização de Energia Elétrica. **Fontes**. 2020. Disponível em: https://www.ccee.org.br/. Acesso em: 28 jun. 2020.

CCEE, Câmara de Comercialização de Energia Elétrica. **Mercado Livre tem redução de requisitos para consumidores livres e mercado regulado prepara leilão inédito**. 2019. Disponível em: https://www.ccee.org.br/relatoriodeadministracao/30-mercado-10.html. Acesso em: 14 ago. 2020.

CCEE, Câmara de Comercialização de Energia Elétrica. **Tipos de Leilões**. 2020. Disponível em: https://www.ccee.org.br/. Acesso em: 13 ago. 2020.

CCEE, Câmara de Comercialização de Energia Elétrica. **Veja se sua empresa se enquadra**. 2020. Disponível em: https://www.ccee.org.br/. Acesso em: 10 ago. 2020.

CORTEZ, Victor Hugo Neto. **Gerenciamento pelo lado da demanda em sistemas elétricos industriais utilizando algoritmos genéticos**. 2017. 92 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2017.

COSTA-CAMPI, Maria Teresa; TRUJILLO-BAUTE, Elisa. Retail price effects of feed-in tariff regulation. **Energy Economics**, [S.L.], v. 51, p. 157-165, set. 2015. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.eneco.2015.06.002.

CPFL ENERGIA. **Horário de Pico**. 2020. Disponível em: https://www.cpfl.com.br/. Acesso em: 25 set. 2020.

CUNHA, Murilo Vargas da. **Estratégias de Gerenciamento Pelo lado da Demanda aplicadas aos consumidores de BT considerando a tarifa branca e a Geração**

Distribuída. 2016. 99 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016.

DANNA, Daniel Cardoso. **Ensaios Comportamentais aplicáveis a consumidores de energia elétrica para aperfeiçoamento das bandeiras tarifárias**. 2019. 86 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Administração Pública, Instituto Brasiliense de Direito Público, Brasília, 2019.

DEIGN, Jason. **Developers See Large Opportunity in Germany's Commercial Storage Market, Both With and Without Solar**. 2016. Disponível em: https://www.greentechmedia.com/. Acesso em: 15 out. 2020.

DIAS, Reinaldo. **Gestão Ambiental**: responsabilidade social e sustentabilidade. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

DOLAN, Paul; HALLSWORTH, Michael; KING, Dominic; VLAEV, Ivo. **MINDSPACE: Influencing behaviour through public policy**. London: Cabinet Office, Institute of Government, 2010.

DOMÍNGUEZ, Adrián; NAVARRETE, Joseba Saenz de; MARCOS, Luis de; SANZ, Luis Fernández; PAGÉS, Carmen; HERRÁIZ, José Javier Martínez. Gamifying learning experiences: Practical implications and outcomes. **Journal Computers & Education**, Virginia, v. 63, p. 380–392, 2013.

ECONOMIA COMPORTAMENTAL. **Empurrõezinhos e nossos Processos Cerebrais**: Qual o papel do livre-arbítrio no mundo dos incentivos. 2015. Disponível em: http://www.economiacomportamental.org/. Acesso em: 05 nov. 2020.

ECONOMIA COMPORTAMENTAL. **Um exemplo de aplicação da Economia Comportamental no processo legislativo**. 2016. Disponível em: http://www.economiacomportamental.org/nacionais/um-exemplo-de-aplicacao-da-economia-comportamental-no-processo-legislativo/. Acesso em: 10 fev. 2021.

ECORYS, Tilburg University e GfK. **Study on the effects on consumer behaviour of online sustainability information displays**, 2014. Bruxelas. doi: 10.2759/52063.

EGGERS, William D. **Gamifying Sustainability**. 17 fev. 2015. LinkedIn: William D. Eggers. Disponível em: https://www.linkedin.com/pulse/gamifying-sustainability-william-d-eggers?trk=portfolio_article-card_title. Acesso em: 10 fev. 2021.

Eletrobras Procel. **Dicas da Eletrobras Procel para economizar energia elétrica em residências e condomínios**. Rio de Janeiro: Eletrobras Procel, 2020. Disponível em: http://www.procelinfo.com.br/. Acesso em: 16 set. 2020.

Eletrobras. **Transmissão de Energia**. 2020. Disponível em: https://eletrobras.com/pt/Paginas/Transmissao-de-Energia.aspx. Acesso em: 01 jul. 2020.

ENETEC Consultoria Júnior. **Como o selo PROCEL pode te ajudar a economizar energia**. 2020. Disponível em: https://enetec.unb.br/. Acesso em: 18 set. 2020.

ENGIE BRASIL. **Mercado Livre de Energia fomenta fontes renováveis**. 2020. Disponível em: https://www.alemdaenergia.com.br/. Acesso em: 20 nov. 2020.

ENGIE BRASIL. **Você sabe como funcionam os leilões de energia?**. 2020. Disponível em: https://www.alemdaenergia.com.br/. Acesso em: 14 ago. 2020.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética. **Atlas de Eficiência Energética**: Brasil | 2019. Rio de Janeiro: Epe, 2019.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética. **Balanço Energético Nacional 2020**: relatório síntese / ano base 2019. Rio de Janeiro: Epe e Mme, 2020. Disponível em: https://www.epe.gov.br. Acesso em: 29 ago. 2020.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética. **Balanço Energético Nacional 2018**: relatório síntese / ano base 2017. Rio de Janeiro: Epe e Mme, 2018. Disponível em: https://www.epe.gov.br. Acesso em: 29 ago. 2020.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética. **Balanço Energético Nacional 2019**: relatório síntese / ano base 2018. Rio de Janeiro: Epe e Mme, 2018. Disponível em: https://www.epe.gov.br. Acesso em: 29 ago. 2020.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética. **Eficiência Energética**. 2020. Disponível em: https://www.epe.gov.br/. Acesso em: 15 set. 2020.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Nacional de Energia 2050**: cenário sócio-econômico e demanda de energia. Rio de Janeiro: Epe, 2015.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética. **Recursos Energéticos Distribuídos**: Documento de Apoio ao PNE 2050. Rio de Janeiro: EPE, 2019. 33 p. Disponível em: https://www.epe.gov.br. Acesso em: 16 jun. 2020.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética. **Resenha Mensal: O consumo de energia elétrica no Brasil em outubro de 2020 apresentou avanço de 3,5% em relação ao mesmo mês de 2019.** 2020. Disponível em: https://www.epe.gov.br/. Acesso em: 03 mar. 2021.

FEHR, Ernst; FALK, Armin. 2002. Psychological foundations of incentives. **European Economic Review**. 46(4-5): 687-724.

FGV ENERGIA. **Recursos Energéticos Distribuídos**. Rio de Janeiro: Lavinia Hollanda, 2016. 106 p. Disponível em: https://fgvenergia.fgv.br/sites/fgvenergia.fgv.br/files/fgvenergia-recursos-energeticos-book-web.pdf. Acesso em: 15 jun. 2020.

FIGUEIREDO, Marcus Vinícius Pansera. **Para além do Homo Economicus**: As contribuições da Economia Comportamental e Institucional para a compreensão do comportamento econômico humano. 2013. 48 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências Econômicas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

FRANKLIN ENERGY. **Residential Energy Use Behavior Change Pilot**. Saint Paul: Franklin Energy, 2009. Disponível em: https://www.cards.commerce.state.mn.us/CARDS/security/search.do?method=showPoup&documentId=%7BF6C9D825-D9CC-4F4F-9F6D-805EB3C7AF1F%7D&documentTitle=34448&documentType=6. Acesso em: 10 fev. 2021.

FREITAS, Marcos Airton de Sousa. **Análise de risco e incerteza na tomada de decisão na gestão hidroambiental**. Brasília: Agência Nacional das Águas, 2015.

GAKER, David; ZHENG, Yanding; WALKER, Joan. Experimental Economics in Transportation. **Transportation Research Record**: Journal of the Transportation Research Board, [S.L.], v. 2156, n. 1, p. 47-55, jan. 2010. SAGE Publications.

GELLER, E. Scott; ERICKSON, Jeff B.; BUTTRAM, Brenda A.. Attempts to promote residential water conservation with educational, behavioral and engineering strategies. **Population And Environment**, [S.L.], v. 6, n. 2, p. 96-112, jun. 1983. Springer Science and Business Media LLC.

GESEL, Grupo de Estudos do Setor Elétrico. **Dificuldades do smart grid no Brasil residem na definição de políticas**, 2012. Disponível em: http://www.nuca.ie.ufrj.br/. Acesso em: 16 mar. 2021.

GOBIERNO DE CHILE. **La co-creación de las nuevas cuentas de electricidad**. Chile: Laboratorio de Gobierno, 2017. Disponível em: https://www.lab.gob.cl/uploads/filer_public/be/1a/be1a1464-d681-4276-b491-0d9b047e91f1/proyecto_cuentas_claras.pdf. Acesso em: 17 fev. 2021.

GOUVÊA, Adriana Ribeiro. **Uma visão estratégica do setor de distribuição de energia elétrica frente aos desafios da expansão de recursos energéticos distribuídos no Brasil**. 2019. 97 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Planejamento Estratégico, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

GREENER. **Tarifa Binômia: Ponto de Atenção para o setor de Geração Distribuída**. 2019. Disponível em: https://www.greener.com.br/. Acesso em: 05 out. 2020.

GTM Research Report. **The German Energy Storage Market 2016-2021: The Next Energy Transition**. 2016.

GUIMARÃES, Pedro Henrique V.; MURILLO, Andrés; ANDREONI, Martin; MATTOS, Diogo M. F.; FERRAZ, Lyno Henrique G.; PINTO, Fabio Antonio V.; COSTA, Luís Henrique M. K.; DUARTE, Otto Carlos M. B.. **Comunicação em Redes Elétricas Inteligentes: Eficiência, Confiabilidade, Segurança e Escalabilidade**. Rio de Janeiro: Gta/pee-Coppe/del-Poli, 2013.

HALONEN, Elina; CALDWELL Leigh. Como a Economia Comportamental pode fazer as pessoas felizes. In Avila, F. e Bianchi, A. (Orgs.)(2015). **Guia de Economia Comportamental e Experimental**. São Paulo, 2015. EconomiaComportamental.org. Disponível em www.economiacomportamental.org. Acesso em: 30 out. 2020.

HUBBARD, R. Glenn; O'BRIEN, Anthony Patrick. **Introdução à economia**. 2. ed. Porto Alegre: Pearson Education Inc., 2010.

HUOTARI, Kai; HAMARI, Juho. **Defining Gamification: A service marketing perspective**. In: MindTrek, 16, 2012, Tampere. ACM, 2012. Disponível em http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2393137. Acesso em: 02 nov. 2020.

IDEAS 42. **Using social norms to foster energy conservation**. 2019. Disponível em: https://www.ideas42.org/social-norms-and-energy-conservation/. Acesso em: 11 fev. 2021.

IEA, INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, **Distributed Generation in Liberalised Electricity Markets**. OECD/IEA. Paris, France, 2002.

IEA, International Energy Agency. **Global EV Outlook 2017**: Two million and counting. Two million and counting. IEA, Paris, 2017.

IEA, International Energy Agency. **Global share of total energy supply by source**. 2018. Disponível em: https://www.iea.org/reports/key-world-energy-statistics-2020. Acesso em: 16 nov. 2020.

INMETRO, Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. **Selos de Eficiência Energética**. Inmetro, 2021. Disponível em: http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbeselo.asp. Acesso em 16 mar. 2020

IRENA, International Renewable Energy Agency. **Accelerating the Energy Transition through Innovation**. Abu Dhabi: Irena, 2017. Disponível em: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2017/Jun/IRENA_Energy_Transition_Innovation_2017.pdf. Acesso em: 06 set. 2020.

IRENA, International Renewable Energy Agency. **Renewable Energy Integration in Power Grids**. Abu Dhabi: Iea-Etsap And Irena 2015, 2015.

IRS, Internal Revenue Service. **Energy Incentives for Individuals: Residential Property Updated Questions and Answers**. 2020. Disponível em: https://www.irs.gov/. Acesso em: 16 out. 2020.

JOSKOW, Paul L. Creating a smarter U.S. electricity grid. **Journal of Economic Perspectives**. New York, v. 26, p. 29-48, 2012.

KAHNEMAN, Daniel. **Rápido e Devagar**: duas formas de pensar. Rio de Janeiro: Editora Objetiva Ltda., 2011.

KAHNEMAN, Daniel; KNETSCH, Jack; THALER, Richard. 1991. Anomalies: The endowment effect, loss aversion, and status quo bias. **The Journal of Economic Perspectives**. 5(1): 193-206.

KAHNEMAN, Daniel; THALER, Richard H.. 2006. Anomalies: Utility maximization and experienced utility. **Journal of Economic Perspectives**. 20(1): 221-234.

KAHNEMAN, Daniel; TVERSKY, Amos. 1979. Prospect theory: An analysis of decision under risk. **Econometrica: Journal of the Econometric Society.** 47(2): 263-291.

KAHNEMAN, Daniel; TVERSKY, Amos. Subjective probability: a judgment of representativeness. **Cognitive Psychology**, [S.L.], v. 3, n. 3, p. 430-454, jul. 1972. Elsevier BV.

KELLEY, Tom; LITTMAN, Jonathan. 2001. **The art of innovation: Lessons in creativity from IDEO, America's leading design firm**. New York, N.Y.: Doubleday.

LADEIRA, Wagner Junior; MAEHLER, Alisson Eduardo e NASCIMENTO, Luís Felipe Machado. **Logística reversa de defensivos agrícolas: fatores que influenciam na consciência ambiental de agricultores gaúchos e mineiros**. Rev. Econ. Sociol. Rural [online]. 2012, vol.50, n.1, pp 157-174

LASKEY, Alex. **Como a ciência comportamental pode diminuir sua conta de luz**. TED Ideas worth spreading. 2013. Disponível em: https://www.ted.com/talks/alex_laskey_how_behavioral_science_can_lower_your_energy_bill?language=pt-br#t-2647. Acesso em: 10 fev. 2021.

LIMBERGER, Marcos Alexandre. **Estudo da tarifa branca para a classe residencial pela medição de consumo de energia e de pesquisa de posses e hábitos**. 2014. 162 f. Dissertação (Doutorado) - Curso de Metrologia, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/27474/27474.PDF. Acesso em: 26 set. 2020.

MIGUEL, P. A. C. (organizador). **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

MILAGAIA, Mariana Rodrigues. **Melhoria da eficiência energética através de mecanismos de feedback: caso do consumo de energia elétrica nas habitações**. 2015. 139 f. Dissertação (Doutorado) - Curso de Ciências, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2015.

MME, Ministério de Minas e Energia. **Balanço Energético Nacional 2003**. Brasília: MME, 2003.

MME, Ministério de Minas e Energia. **Plano Nacional de Eficiência Energética**: premissas e diretrizes básicas. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2011.

MME, Ministério de Minas e Energia. **Procel - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica**. 2020. Disponível em: http://www.mme.gov.br/. Acesso em: 18 set. 2020.

MME, Ministério de Minas e Energia. **Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica**, 2015.

MME, Ministério de Minas e Energia. **Resenha Energética Brasileira**: oferta e demanda de energia, instalações energéticas, energia no mundo. Brasília: Mme, 2020. 32 p. Disponível em: http://www.mme.gov.br. Acesso em: 29 jun. 2020.

MME, Ministério de Minas e Energia. **Tarifa de Energia Elétrica**. 2020. Disponível em: http://www.mme.gov.br. Acesso em: 12 ago. 2020.

MME. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2027**. Brasília, Rio de Janeiro: Ministério de Minas e Energia e Empresa de Pesquisa Energética, 2017. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Documents/PDE%202027_aprovado_OFICIAL.pdf. Acesso em: 04 ago. 2020.

MOREIRA JÚNIOR, Orlando; SOUZA, Celso Correia de. Aproveitamento fotovoltaico, análise comparativa entre Brasil e Alemanha. **Scielo.** Campo Grande. 06 jul. 2020. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1518-70122020000200379&script=sci_arttext&tlng=pt. Acesso em: 29 jul. 2020.

NARUTO, Denise Tieko. **Vantagens e desvantagens da geração distribuída e estudo de caso de um sistema solar fotovoltaico conectado à rede elétrica**. 2017. 97 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

NOVELEC. **¿Cómo funciona una Smart Grid?** 2017. Disponível em: https://blog.gruponovelec.com/. Acesso em: 03 out. 2020.

NYISO. **Distributed Energy Resources Roadmap for New York's Wholesale Electricity Markets**: A Report by the New York Independent System Operator. Janeiro, 2017.

ODYSSE-MURE. **A Decision-Support tool for energy efficiency policy evaluation**. 2014. Disponível em: https://www.odyssee-mure.eu/. Acesso em: 16 out. 2020.

OECD. **Behavioural Insights and Public Policy**: Lessons from Around the World, 2017. OECD Publishing, Paris. Disponível em: https://read.oecd-ilibrary.org/governance/behavioural-insights-and-public-policy_9789264270480-en#page120. Acesso em: 18 fev. 2021. https://dx.doi.org/10.1787/9789264270480-en

OECD. **Behavioural Insights for Environmentally Relevant Policies**: Review of Experiences from OECD Countries and Beyond, 2016. OECD, Paris. Disponível em: http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=ENV/EPOC/WPIEEP(2016)15/FINAL&docLanguage=En. Acesso em: 19 fev. 2021.

OECD. Behavioural insights. **Lessons from around the world,** 2017. Disponível em: http://www.oecd.org/gov/regulatory-policy/behavioural-insights-and-public-policy--9789264270480-en.htm. Acesso em 20 jan. 2021.

OLIVEIRA, Claudeirton de Carvalho. **Análise do Potencial Eólico na Região Nordeste do Brasil e sua Evolução na Participação da Matriz Elétrica Nacional**. 2018. 12 f. TCC (Graduação) - Curso de Bacharelado em Ciência e Tecnologia, Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, 2018. Disponível em: https://repositorio.ufersa.edu.br/bitstream/prefix/4264/2/ClaudeirtonCO_ART.pdf. Acesso em: 20 jul. 2020.

OLIVEIRA, Lívio Luiz Soares de; CORTES, Renan Xavier; NETO, Giácomo Balbinotto. A economia da religião e seus fundamentos: teste de um modelo de escolha religiosa. **Estudos Econômicos (São Paulo)**, [S.L.], v. 41, n. 4, p. 811-840, dez. 2011.

ONS, Operador Nacional do Sistema Elétrico. **Sobre o Sistema Interligado Nacional**. 2020. Disponível em: http://www.ons.org.br. Acesso em: 26 jun. 2020.

ONTARIO ENERGY BOARD. **Ontario Wholesale Electricity Market Price Forecast**. Toronto: 2016 Navigant Consulting Ltd., 2016.

ORACLE. **Consumers saved the world 25 TWh with Oracle Utility Opower Energy Efficiency programs**. 2021. Disponível em: https://www.oracle.com/br/a/ocom/docs/industries/utilities/utilities-opower-25twh-info.pdf. Acesso em: 11 fev. 2021.

ORACLE. **Welcome to the future of Home Energy Reports, today**. 2021. Disponível em: https://www.oracle.com/br/a/ocom/docs/industries/utilities/utilities-opower-home-energy-reports.pdf. Acesso em: 11 fev. 2021.

PAREDES, João Frederico Buriche. **Gamification: Teoria, Prática e Potenciais aplicações**. 2014. 36 f. TCC (Doutorado) - Curso de Economia e Administração, Insper Instituto de Ensino e Pesquisa, São Paulo, 2014.

PINDYCK, Robert; RUBINFELD, Daniel. **Microeconomia**. 8. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil Ltda., 2013.

PIRES, José Claudio Linhares. **Desafios da Reestruturação do Setor Elétrico Brasileiro**. Rio de Janeiro: Bndes, 2000. Disponível em: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/14249/3/TD%20-%2076%20Desafios%20da%20reestrutura%c3%a7%c3%a3o%20do%20setor%20el%c3%a9trico%20brasileiro_P_BD.pdf. Acesso em: 12 ago. 2020.

PORQUE. **O consumo de energia elétrica na pandemia**. 2020. Disponível em: https://porque.com.br/o-consumo-de-energia-eletrica-na-pandemia-grafico-da-semana. Acesso em: 03 mar. 2021.

POSER, Hans; ALTMAN, Jeffrey; EGG, Felix Ab; GRANATA, Andreas; BOARD, Ross. **Development And Integration Of Renewable Energy:** Lessons learned from Germany. Adliswil: FAA Financial Advisory AG (Finadvice), 2014. Disponível em: https://docs.wind-watch.org/germany-lessons-learned-0714.pdf. Acesso em: 15 out. 2020.

PROCEL INFO. **Lei de Eficiência Energética**. Rio de Janeiro: Procel Info, 2014. Disponível em: http://www.procelinfo.com.br/resultadosprocel2014/lei.pdf. Acesso em: 20 set. 2020.

PSE&G. **Solar Loan Program**. 2016. Disponível em: https://nj.pseg.com/-/media/pseg/global/gathercontentdocuments/7-4-7howtoapply/solarloan_commercial_brochure.ashx. Acesso em: 22 jul. 2020.

RANGEL, Juliana. **Selo Procel Edificações: Certificado de Eficiência Energética em Edificações**. 2015. Disponível em: https://sustentarqui.com.br/selo-procel-edificacoes/. Acesso em: 22 set. 2020.

READ, Daniel. A Ciência Comportamental e a tomada de decisão pelo consumidor: algumas questões para os reguladores. In Avila, F. e Bianchi, A. (Orgs.)(2015). **Guia de Economia Comportamental e Experimental**. São Paulo, 2015. EconomiaComportamental.org. Disponível em www.economiacomportamental.org. Acesso em: 30 out. 2020.

Reis, L. B. dos. **Geração de energia elétrica**: tecnologia, inserção ambiental, planejamento, operação e análise de viabilidade. 3 ed. São Paulo: Manole Ltda., 2003.

RIBEIRO, Henrique Frazão. **Análise do Comportamento de Usinas Termelétricas no Sistema Interligado Nacional**. 2019. 77 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

ROTHSTEIN, Robert. 1980. Television feedback used to modify gasoline consumption. **Behavior Therapy**. 11(5): 683-688

SAGE. **Ambiente de Contratação Regulada x Ambiente de Contratação Livre**. 2017. Disponível em: http://www.e-sage.com.br/ambiente-de-contratacao-regulada-x-ambiente-de-contratacao-livre/. Acesso em: 12 ago. 2020.

SAMSON, Alain. A Economia Comportamental. In Avila, F. e Bianchi, A. (Orgs.)(2015). **Guia de Economia Comportamental e Experimental**. São Paulo, 2015.

EconomiaComportamental.org. Disponível em www.economiacomportamental.org. Acesso em: 30 out. 2020.

SAMUELS, Warren J. **The Foundings of Institutional Economics: The Leisure Class and Sovereignity**. London: Routledge, 1999.

SCHIO, Gustavo Rossini. **Tarifa Branca no Brasil: Estudo de caso para o consumo residencial na região sudeste**. 2018. 133 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Economia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2018.

SEARS, Francis; ZEMANSKY, Mark Waldo. **Física III**: eletromagnetismo. 12. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2009.

SEMPRINE, Claudio. **Desafios e Oportunidades para Destravar o Investimento da Cadeia Produtiva da Construção nos Segmentos de Pré-moldados, Aço e Energia elétrica**: Setor elétrico brasileiro e oportunidades. São José da Barra: Furnas Centrais Elétricas, 2017.

SENADO FEDERAL. **Projeto de Lei do Senado n° 365, de 2016**. Brasília: Secretaria-Geral da Mesa, 2019. Disponível em: https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/127072/pdf. Acesso em: 22 fev. 2021.

SILVA, Bruno Gonçalves da. **Evolução do Setor Elétrico Brasileiro no Contexto Econômico Nacional: Uma Análise Histórica e Econométrica de Longo Prazo**. 2011. 162 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/86/86131/tde-12032012-091848/publico/BrunoVersaoRevisada.pdf. Acesso em: 10 ago. 2020.

SILVA, João Lucas de Souza; CAVALCANTE, Michelle Melo; MACHADO, Rodrigo; SILVA, Murilo Ribeiro da; DELGADO, Danielle Bandeira de Mello; CARVALHO, Monica. Análise do crescimento da Geração Distribuída: Estudo de caso do Brasil com ênfase no estado de Minas Gerais. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, Salvador, v. 10, n. 1, p. 169-183, abr. 2018. Disponível em: https://revistas.apps.uepg.br/index.php/ret/article/view/11984/209209209951. Acesso em: 26 ago. 2020.

SIMON, Herbert A. **Theories of decision-making in Economics and Behavioral Science**. The American Economic Review, v. 49, n. 3, p. 253-283, 1959.

SIMON, Herbert A. Theories of Decision-Making in Economics and Behavioral Science. **The American Economic Review**, vol. 49, no. 3, p. 253–283, 1959. Disponível em www.jstor.org/stable/1809901. Acesso em: 30 out. 2020.

SIMON, Herbert A. **What Is an Explanation of Behavior?**. Psychological Science 3, p. 150-61, 1992.

SOARES, Cledir Mendes. **Comportamento do Consumidor: Crítica ao postulado da racionalidade econômica e abordagem dos conceitos veblerianos sobre consumo.** 2011. 49 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciências Econômicas, Universidade Estadual do Norte do Paraná, Cornélio Procópio, 2011.

SOLARGIS. **Solar resource maps of Brazil**. 2020. Disponível em: https://solargis.com/maps-and-gis-data/download/brazil. Acesso em: 28 jul. 2020.

SOLARVOLT ENERGIA. **Net Metering e Feed in: o que são e como funcionam**. 2020. Disponível em: https://www.solarvoltenergia.com.br/. Acesso em: 15 out. 2020.

SPECTOR, Julian. **An Energy Storage Mandate Could Be Coming Soon to Massachusetts**. 2016. Disponível em: https://www.greentechmedia.com/. Acesso em: 15 out. 2020.

STANFORD. **Its & Watts Community Seminar: Carrie Armel, Overview of Stanford's ARPA-e Energy Behavior and Sensor Initiative**. 2016. Disponível em: https://energy.stanford.edu/events/bits-watts-community-seminar-carrie-armel-overview-stanfords-arpa-e-energy-behavior-and. Acesso em: 21 jan. 2021.

STOCKINGER, Tobias; KOELLE, Marion; LINDEMANN, Patrick; KRANZ, Matthias; DIEWALD, Stefan; MOLLER, Andreas; ROALTER, Luis. **Towards leveraging behavioral economics in mobile application design**. Munique, 2014.

STOICOV, Carla. **Economia Comportamental nas Políticas Públicas**. São Paulo: Fundação Getúlio Vargas, 2014.

STOLF, Eduardo José. **Fatores influenciadores para adoção de energia solar fotovoltaica no Brasil**. 2018. 101 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Administração, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2018.

STRBAC, Goran. **Demand side management: Benefits and challenges**. Energy Policy, v. 36, n. 12, p. 4419–4426, dez. 2008.

SULLIVAN, Dylan; ARMEL, Carrie; TODD, Annika. **When "Not Losing" is Better Than "Winning:" Using Behavioral Science to Drive Customer Investment in Energy Efficiency**. Palo Alto: Stanford University, 2012. Disponível em: http://web.stanford.edu/group/peec/cgi-bin/docs/behavior/research/When%20Not%20Losing%20is%20Better%20than%20Winning-ACEEE%20Summer%20Study.pdf. Acesso em: 21 jan. 2021.

SUNSTEIN, Cass R.. Nudging: um guia bem breve. In Avila, F. e Bianchi, A. (Orgs.)(2015). **Guia de Economia Comportamental e Experimental**. São Paulo, 2015. EconomiaComportamental.org. Disponível em www.economiacomportamental.org. Acesso em: 06 nov. 2020.

TABAK, Benjamin Miranda; AMARAL, Pedro Henrique Rincon. VIESES COGNITIVOS E DESENHO DE POLÍTICAS PÚBLICAS. **Revista Brasileira de Políticas Públicas**, [S.L.], v. 8, n. 2, p. 473-491, 26 set. 2018. Centro de Ensino Unificado de Brasilia.

TAN, Zhao.; YANG, Peng; NEHORAI, Arye. **An Optimal and Distributed Demand Response Strategy With Electric Vehicles in the Smart Grid**. IEEE Transactions on Smart Grid, v. 5, p. 861-869, 2014.

THALER, Richard H.; SUNSTEIN, Cass R.. **Nudge: O empurrão para a escolha certa**: aprimore suas decisões sobre saúde, riqueza e felicidade. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda., 2008.

THALER, Richard, 1981. Some Empirical Evidence on Dynamic Inconsistency. **Economic Letters.** 8: 201-207.

TONETTO, Leandro Miletto; KALIL, Lisiane Lindenmeyer; MELO, Wilson Vieira; SCHNEIDER, Daniela di Giorgio; STEIN, Lilian Milnitsky. O papel das heurísticas no

julgamento e na tomada de decisão sob incerteza. **Estudos de Psicologia (Campinas)**, [S.L.], v. 23, n. 2, p. 181-189, jun. 2006. FapUNIFESP (SciELO).

U.S. Department of Energy. **Investment Tax Credit Requirements for Privately Owned Solar Photovoltaic Systems on Federal Sites**. Washington: U.S. Department Of Energy, 2019. Disponível em: https://www.energy.gov/sites/prod/files/2019/08/f65/investment-tax-credit.pdf. Acesso em: 14 out. 2020.

UFU, Universidade Federal de Uberlândia. **Seis doenças graves causadas por contaminação por pilhas e baterias**. 2018. Disponível em: http://www.sustentavel.ufu.br/. Acesso em: 11 nov. 2020.

UNION OF CONCERNED SCIENTISTS. **Cleaner Cars from Cradle to Grave: How Electric Cars Beat Gasoline Cars on Lifetime Global Warming Emissions**. Cleaner Cars from Cradle to Grave, p. 1-54, 2015. Disponível em: https://www.ucsusa.org/sites/default/files/attach/2015/11/Cleaner-Cars-from-Cradle-to-Grave-full-report.pdf. Acesso em: 07 set. 2020.

VARIAN, Hal R.. **Microeconomia**: uma abordagem moderna. 7. ed. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda., 2015.

XV SEMINÁRIO NACIONAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, 2002, Belo Horizonte. **Rede Secundária de Superfície Popular.** Belo Horizonte: Mantovany Joselito Ferreira Sá, 2002.

ANEXO A – TERMO DE AUTENTICIDADE

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
FACULDADE DE ENGENHARIA

Termo de Declaração de Autenticidade de Autoria

Declaro, sob as penas da lei e para os devidos fins, junto à Universidade Federal de Juiz de Fora, que meu Trabalho de Conclusão de Curso do Curso de Graduação em Engenharia de Produção é original, de minha única e exclusiva autoria. E não se trata de cópia integral ou parcial de textos e trabalhos de autoria de outrem, seja em formato de papel, eletrônico, digital, áudio-visual ou qualquer outro meio.
Declaro ainda ter total conhecimento e compreensão do que é considerado plágio, não apenas a cópia integral do trabalho, mas também de parte dele, inclusive de artigos e/ou parágrafos, sem citação do autor ou de sua fonte.
Declaro, por fim, ter total conhecimento e compreensão das punições decorrentes da prática de plágio, através das sanções civis previstas na lei do direito autoral[1] e criminais previstas no Código Penal[2], além das cominações administrativas e acadêmicas que poderão resultar em reprovação no Trabalho de Conclusão de Curso.

Juiz de Fora, 18 de março de 2021.

Amanda Soares Borges — NOME LEGÍVEL DO ALUNO (A)

201449078 — Matrícula

Amanda Soares Borges — ASSINATURA

117.253.726-73 — CPF

[1] LEI N° 9.610, DE 19 DE FEVEREIRO DE 1998. Altera, atualiza e consolida a legislação sobre direitos autorais e dá outras providências.
[2] Art. 184. Violar direitos de autor e os que lhe são conexos: Pena - detenção, de 3 (três) meses a 1 (um) ano, ou multa.