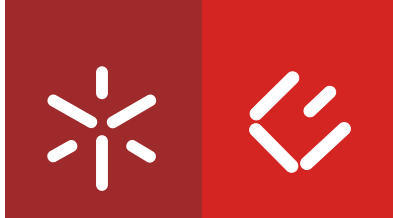


Universidade do Minho
Escola de Economia e Gestão

Maira Damião Tanaka

Pobreza energética no Brasil, situação atual, perspectivas futuras e o impacto das novas renováveis



Universidade do Minho
Escola de Economia e Gestão

Maira Damião Tanaka

Pobreza energética no Brasil, situação atual, perspectivas futuras e o impacto das novas renováveis

Dissertação de Mestrado
Mestrado em Economia Social

Trabalho efetuado sob a orientação da
Professora Doutora Rita Sousa

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho acadêmico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos. Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada. Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

Licença concedida aos utilizadores deste trabalho



**Atribuição
CC BY**

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

AGRADECIMENTOS

Tão ou mais difícil quanto escrever uma dissertação é escrever os agradecimentos e correr o risco de não fazer jus a alguém ou alguma instituição.

Chegar ao final de uma Dissertação de Mestrado não é um trabalho único e solitário, mas envolve tantas pessoas e situações que ao final fazem essa caminhada valer a pena...

Sendo assim, gostaria de agradecer à Universidade do Minho, em especial à Escola de Economia e Gestão e a todos os seus profissionais que me apresentaram ao mundo da Economia Social.

Ao SEI, Stockholm Environment Institute, pela disponibilização gratuita das recorrentes licenças, sem as quais não seria possível o desenvolvimento dessa dissertação.

A minha Professora Dra. Rita Sousa, por ter sido incansável e me aceitado como orientanda, mesmo após meus sumiços...

Aos novos amigos que a pandemia e o confinamento nos trouxeram; e aos recentes laços, “Presentes” dessa nova Terra que se firmaram neste período. Foram um suporte importante nesse momento difícil e longe de casa.

Aos meus amigos desde antes, agradeço o incentivo de sempre e a compreensão pela ausência sentida.

Agradeço e dedico essa Dissertação aos meus Pais, Irmãos, Familiares e a Milota. Meus companheiros nessa caminhada terrena, quiçá de onde mais....

Com um carinho muito especial para a minha Mãe com seu riso solto, que tanto se empolgava e vibrava comigo e com meu Pai, companheiro de vida e de profissão. Ambos puro exemplo e inspiração em nossas vidas.....

Foram Eles que, com seu amor, carinho e cuidado desde sempre, me possibilitaram ser quem eu sou hoje.

Estão e estarão sempre perto de mim, onde quer que estejam.

E é claro, e acima de tudo, ao “Lá de Cima”. Que é Quem sempre olha por nós, nos carrega nas tempestades e nos dá as oportunidades para seguirmos nessa viagem.

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho acadêmico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

Pobreza energética no Brasil, situação atual, perspectivas futuras e o impacto das novas renováveis

RESUMO

Os conceitos de pobreza vêm mudando ao longo do tempo, influenciados por mudanças e evoluções sociais, tecnológicas, econômicas e culturais. Neste contexto, o conceito de pobreza energética vem despontando no cenário econômico e social, principalmente a partir desse novo milênio, e assim como é difícil de se definir o conceito de pobreza de uma forma mais global, o mesmo se passa com o conceito de pobreza energética, que apresenta várias versões, formulações e métricas para a sua definição e medição. Muito se tem discutido sobre os meios de se definir e quantificar a pobreza energética, seja numa escala de amostragem local, seja numa escala mundial, dificuldade essa, que passa principalmente pela grande disparidade geográfica, econômica e social, à qual a humanidade está exposta.

Neste trabalho, procura-se avaliar o atual estágio de pobreza energética no Brasil, tendo em conta tratar-se de um país de economia emergente, que, internamente, apresenta uma grande diversidade geográfica e cultural, que imprime características específicas de geração e utilização da energia, associando a tudo isso o atendimento das necessidades básicas dessa população tão heterogênea.

Para tanto, pretende-se fazer uma análise do sistema energético brasileiro pelo método de modelagem de cenários, utilizando-se do programa LEAP (Low Emission Analysis Platform). Por esse método, a partir de dados históricos geram-se três cenários: cenário de referência, no qual se mantém a tendência histórica observada até a data em questão; e dois cenários alternativos, onde pretende-se identificar e propor ações que possam ajudar a melhorar o nível de pobreza energética até o ano de 2050, seja no âmbito da geração, seja no âmbito da eficiência.

Apesar de no Brasil a definição de Pobreza Energética ser um conceito relativamente novo, algumas ações principalmente no âmbito governamental, tais como o “Projeto Luz Para Todos” e as tarifas sociais já vinham sendo implementadas, com o intuito de melhor atender as necessidades mais imediatas e as demandas de energia da população mais carente. Com essas ações, busca-se promover o desenvolvimento econômico e social dessas comunidades possibilitando uma melhoria na qualidade de vida desses cidadãos.

Através de uma visão integrada no que concerne à pobreza e a energia, tentar avaliar os benefícios de se investir na erradicação da pobreza energética como uma forma prioritária de também ajudar a erradicar a pobreza clássica/integrada/básica, esta mais arraigada na sociedade.

Palavras-chave: desenvolvimento econômico e social; LEAP; modelagem de cenários; pobreza energética; sistema energético brasileiro.

Energy poverty in Brazil, current situation, future perspectives and the impact of new renewables

ABSTRACT

The concepts of poverty have been changing over time, influenced by social, technological, economic, and cultural changes and evolutions. In this context, the concept of energy poverty has been emerging in the economic and social scenario, especially since this new millennium. Just as it is difficult to define the concept of poverty in a more global way, the same is true for the concept of energy poverty, which presents several versions, formulations and metrics for its definition and measurement. Much has been discussed about how to define and quantify energy poverty, whether on a local sampling scale or on a global scale. This difficulty is mainly due to the great geographical, economic and social disparity to which humanity is exposed.

In this work we seek to evaluate the current stage of energy poverty in Brazil, taking into account that Brazil is a country with an emerging economy, and that internally it presents a great geographic and cultural diversity, which imprints specific characteristics of energy generation and use, associated with all of this, the fulfillment of the basic needs of this heterogeneous population.

To this end, we intend to analyze the Brazilian energy system, through the scenario modeling method, using the LEAP (Long-range Energy Alternatives Planning) program. Using this method, historical data is validated and a base scenario is arrived at, from which two scenarios are generated: the reference scenario, in which the historical trend observed until the date in question is maintained; and the mitigation scenario, in which the intention is to identify and propose actions that can help improve the level of energy poverty by the year 2030, whether in the scope of generation or in the scope of efficiency.

Although in Brazil, the definition of Energy Poverty is a relatively new concept, some actions, especially in the governmental sphere, such as the "Light for All Project" and the social tariffs have already been implemented with the intention of better meeting the most immediate needs and the energy demands of the needy population. With these actions, it is sought to promote the economic and social development of these communities, enabling an improvement in the quality of life of these citizens.

Through an integrated vision concerning poverty and energy, we try to evaluate the benefits of investing in the eradication of energy poverty as a priority way to also help eradicate classic/integrated/basic poverty. The latter is more entrenched in society.

Keywords: Brazilian energy system; economic and social development; energy poverty; LEAP; scenario modeling.

ÍNDICE

<i>Licença concedida aos utilizadores deste trabalho</i>	ii
AGRADECIMENTOS	iii
DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE.....	iv
RESUMO	v
ABSTRACT	vi
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA SOBRE A POBREZA ENERGÉTICA	4
2.1. Conceitualizando a Pobreza.....	4
2.2. Conceitos e Contexto da Pobreza Energética.....	5
2.3. Definição de Linha de Pobreza Energética.....	9
2.4. O Papel Social da Energia.....	10
2.4.1.No mundo.....	12
2.4.2. No Brasil.....	14
2.5. O Contexto das Novas Energias Renováveis	16
3. CARACTERIZAÇÃO SOCIOECONÔMICA E ENERGÉTICA DO BRASIL	17
3.1. Dados Histórico e Projeções da População.....	17
3.2. PIB Histórico e Projeções Económicas	20
3.3. Agregados Familiares, Hábitos de Consumo e Custos Associados	23
3.4. Histórico e Projeções da Demanda Energética no Brasil	25
3.5. Matriz Energética Brasileira	27
3.5.1. Energias Não Renováveis.....	28
3.5.2. Matriz Elétrica e a Participação das Renováveis.....	30
3.5.3. O Sistema Elétrico Brasileiro.....	31
3.6. Consumo Energético e Desenvolvimento Económico	33
3.7. Caracterização da Pobreza Energética no Brasil	36
3.7.1. A Pobreza Energética pela Ótica do Consumo: Disponibilidade de Serviços.....	36
3.7.2. A Pobreza Energética pela Ótica do Acesso: o Meio Rural.....	37
3.7.3. A Pobreza Energética no Meio Urbano	39
3.8. Perspectivas das Novas Renováveis no Brasil.....	41

3.8.1 Viabilidade Técnica.....	41
3.8.2. Custo da Energia Elétrica no Brasil	44
4. DADOS E METODOLOGIA	46
4.1. Dados	46
4.2. Metodologia	49
4.3. CARACTERIZAÇÃO DOS CENÁRIOS	50
4.4. Premissas para Definição da Pobreza Energética e o Problema da Desigualdade no Brasil	51
5. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	53
5.1. Cenário Referência	53
5.2. Cenário Alternativo 1	54
5.3. Cenário Alternativo 2	56
6. CONCLUSÕES.....	63
7. REFERÊNCIAS.....	68

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL	<i>Agência Nacional de Energia Elétrica</i>
BNDDES	<i>Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social</i>
CCEE	<i>Câmara de Comercialização de Energia Elétrica</i>
CCP	<i>Centros Comunitários de Produção</i>
CPEE	<i>Centro de Pesquisa de Energia Elétrica</i>
EPE	<i>Empresa de Pesquisa Energética</i>
GLP	<i>Gás Liquefeito de Petróleo</i>
IBGE	<i>Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística</i>
IBT	<i>Increasing Block Tariff</i>
IDH	<i>Índice de Desenvolvimento Humano</i>
IDHM	<i>Índice de Desenvolvimento Humano Municipal</i>
IPEA	<i>Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada</i>
IRENA	<i>International Renewable Energy Agency</i>
LEAP	<i>Low Emissions Analysis Platform</i>
LPT	<i>Luz para Todos</i>
MME	<i>Ministério de Minas e Energia</i>
OECD	<i>Organisation for Economic Co-operation and Development</i>
OIE	<i>Oferta Interna de Energia</i>
OIEE	<i>Oferta Interna de Energia Elétrica</i>
ONS	<i>Operador Nacional do Sistema Elétrico</i>
ONU	<i>Organização das Nações Unidas</i>
PCH	<i>Pequenas Centrais Hidroelétricas</i>
PNADc	<i>Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua</i>
PNT	<i>Perdas Não Técnicas</i>
POF	<i>Pesquisas de Orçamentos Familiares</i>
SIN	<i>Sistema Interligado Nacional</i>
TOE	<i>Tonne of Oil Equivalent</i>
TSEE	<i>Tarifa Social de Energia Elétrica</i>
UNDP	<i>United Nations Development Programme</i>
UNSD	<i>United Nations Statistics Division</i>

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Escada clássica da energia.	5
Figura 2. Transição energética em relação à renda.	6
Figura 3. Domicílios, por material predominante, segundo as grandes regiões do Brasil.....	8
Figura 4. Gráfico de correlação entre consumo de energia e IDH.....	11
Figura 5. Gráfico das substituições das energias mais tradicionais (esquerda) e aumento da participação da energia solar (direita).....	13
Figura 6. Gráfico do aporte financeiro entre o período de 2000 a 2017 para suportar os projetos de energia limpa e renovável nos países em desenvolvimento.....	14
Figura 7. Percentual de Domicílios rurais permanentes com energia elétrica.	15
Figura 8. Estatísticas da evolução total da situação domiciliar da população brasileira segundo os censos realizados.	18
Figura 9. Estatísticas da evolução total da situação domiciliar por região da população brasileira segundo os censos realizados, por principais regiões.	19
Figura 10. Estatísticas da evolução da população brasileira segundo os censos realizado e projeção até 2050.....	20
Figura 11. Perspetivas DEPEC 2018 – O crescimento da economia brasileira 2018-2023.	22
Figura 12. Taxa de Crescimento do PIB Brasil (%), Série Histórica e Projeção.	23
Figura 13. Oferta Interna de Energia no Brasil 2016.....	27
Figura 14. Oferta Interna de Energia.	28
Figura 15. Produção e consumo de Petróleo.....	29
Figura 16. Composição setorial do consumo de Petróleo.....	29
Figura 17. Consumo total de derivados de Petróleo e Gás Natural.	30
Figura 18. Oferta Interna de Energia Elétrica 2016.....	30
Figura 19. Sistema Integrado de Transmissão Horizonte 2017.....	32
Figura 20. Distribuição geográfica dos Sistemas Isolados 2018.....	32
Figura 21. Consumo Final de Energia do Setor / PIB	35
Figura 22. Disponibilidade solar no Brasil.	42
Figura 23. Energia Eólica – Perspetivas Futuras.....	43
Figura 24. Potencial Eólico brasileiro.....	43
Figura 25. Composição dos custos anuais por fonte (R\$/MWh).....	44
Figura 26. Diagrama de Matriz Energética. Ano base - 2010	48

Figura 27. IDHM x Consumo Energético.....	52
Figura 28. Demanda energética do Setor Residencial (cenário de Referência).....	53
Figura 29. Demanda energética do Setor Residencial (cenário Alternativo 1).....	55
Figura 30. Demanda energética do Setor Residencial (cenário Alternativo 2).....	56
Figura 31. Demanda por setor, cenário Referência (azul) e Alternativo 2 (verde), em 2010–2050 (10 em 10 anos). A cor laranja o ano de 2020.	59
Figura 32. Diagrama da projeção da Matriz Energética Brasileira em 2050. Cenário Alternativo 2.....	61
Figura 33. Consumo Energético per Capita.	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Fatores que determinam as escolhas energéticas das famílias.	6
Tabela 2. Projeções da taxa média do crescimento do PIB (%).	21
Tabela 3. Número de Famílias	24
Tabela 4. Tamanho médio das famílias.	24
Tabela 5. Despesas mensais associadas a serviços totais e gastos de energia e eletrodomésticos.	25
Tabela 6. Oferta interna de Energia / PIB / População – Consumo residencial.	34
Tabela 7. Oferta Interna de Energéticos / PIB / População.	35
Tabela 8. Oferta de serviços públicos por padrão de vida familiar.	36
Tabela 9. Consumo diário de lenha (kg/pessoa/dia) utilizado na cocção no Brasil, segundo vários autores.	39
Tabela 10. Domicílios e Moradores, por posse de bens, percentual de moradores em domicílios (%). ..	40
Tabela 11. Proporção de domicílios com bens duráveis, por aglomerados subnormais e outras áreas - ano de 2010.	40
Tabela 12. Estrutura do consumo de energia final no setor residencial, segundo usos finais – 2014..	41
Tabela 13. Matriz Energética Brasileira em 2010.	47
Tabela 14. Comparação da participação percentual de cada fonte energética no ano base de 2010, com os cenários modelados para o ano de 2050.	58
Tabela 15. Demanda energética Setor Residencial. Comparação da evolução dos Cenário Referência, Alternativo 1 e 2, para o período 2000 – 2050.	59
Tabela 16. Projeção da Matriz Energética Brasileira em 2050. Cenário Alternativo 2.	60

Pobreza energética no Brasil, situação atual, perspectivas futuras e o impacto das novas renováveis

1. INTRODUÇÃO

A importância da energia para o desenvolvimento econômico e social da humanidade como um todo, dispensa qualquer comentário. Somente a partir do domínio da energia é que se tem verificado os grandes saltos da humanidade. Foi através da conquista do fogo pelos hominídeos das cavernas, durante o período paleolítico, que permitiu que os frágeis seres “homo” se diferenciassem dos demais e se pusessem a cozer seus alimentos e, principalmente, defender-se de predadores potencialmente muito mais fortes; e assim evoluíram através dos tempos até chegar ao desenvolvimento das máquinas a vapor na idade média, que permitiu o desenvolvimento das indústrias e o grande salto tecnológico que experimentamos desde então.

A grande questão atualmente é como prover toda a energia necessária ao desenvolvimento humano que cada vez mais deve ser focado no bem-estar e na qualidade de vida de todos os cidadãos, e pautados sobre os pilares da preservação ecológica. Na contramão do bem-estar e da qualidade de vida proporcionados pelo acesso à energia estão, muitas vezes, as “origens das energias”, pois as mesmas para serem produzidas, de forma geral, umas mais e outras menos, sempre estão associadas a grandes impactos ambientais e sociais.

Neste trabalho, vamos tentar entender como se comporta o arcabouço energético disponível no Brasil. Um país tão grande, de muitas riquezas naturais passíveis de serem transformadas em energia, mas que também apresenta suas próprias particularidades e dificuldades operacionais. A forma integrada como é vista e formatada a Matriz Energética Brasileira, que resume os usos e as fontes de energia do país, é tão rica e complexa quanto o próprio território. E é essa riqueza e complexidade o que nos motiva a tentar singelamente visualizar e modelar as possibilidades de variáveis futuras, de forma a promover um melhor aproveitamento das variantes energéticas disponíveis e a melhor forma de as adequar e adaptar às realidades da população em geral. Adequações essas que buscam proporcionar melhorias socioeconômicas, seja a nível macroeconômico, seja a nível da aldeia no interior do cerrado.

Nos últimos anos vem se percebendo um comprometimento mais globalizado com relação a questões humanitárias, econômicas e que promovam o bem estar social e preservação ambiental. Através dessa visão holística, as Nações Unidas por intermédio da “Agenda 2030 para o

Desenvolvimento Sustentável”¹ reconhece a importância de promover o acesso à energia limpa à toda a população, sendo, portanto, considerado um recurso essencial pra o bem estar e desenvolvimento humano.

Os governos de forma geral e alguns setores da sociedade de forma independente, vem há algum tempo promovendo medidas com o intuito de permitir o acesso à energia aos seus cidadãos. Com o Brasil não tem sido diferente. O reconhecimento da necessidade de um auxílio governamental, que auxiliasse e permitisse a eletrificação em regiões críticas do Brasil, vem mostrando resultados nos últimos anos. Todavia, apesar dos esforços desprendidos, sob um olhar mais criterioso, é possível se observar que ainda há muito o que fazer para que se possa prover toda a população de uma energia de qualidade, acessível, segura e limpa, segundo as novas tendências de padrão e normas internacionais.

Dessa forma, as principais questões colocadas e que buscamos compreender/abranger nessa dissertação são:

1 – Sobre o ponto de vista residencial, existe pobreza energética no Brasil? E se existir, seria possível medir qual é esse nível de pobreza?

2 – A atual matriz energética será eficiente para suprir as necessidades residenciais nos próximos 30 anos?

3 – Existem alternativas viáveis que possam auxiliar na diminuição da pobreza energética no Brasil?

O sistema energético brasileiro foi concebido para que, de forma integrada e interligada, provesse energia para todo o País. Neste contexto, todas as regiões ajudam a suportar as demandas necessárias em todo o País, não somente na sua região, ou seja, as redes foram concebidas para que o excedente de energia de uma região, seja ela de qual origem for, possa ser utilizada noutra região que necessita naquele momento.

Essa visão integrada e muito bem concebida enquanto País continental foi muito importante para a manutenção da integridade e identidade nacional e bastante eficaz para o desenvolvimento integrado até o momento. No entanto, este modelo também traz consigo alguns ônus que os atuais avanços tecnológicos nas áreas de tecnologias energéticas podem ajudar a otimizar.

Sendo assim, gostaríamos de realizar uma nova análise segundo essa visão de País único e continental, adicionando ainda uma visão sobre a ótica das novas fontes de energia limpa e renovável, disponibilizadas em sua grande maioria por países mais desenvolvidos, principalmente do continente

¹ V. <https://unric.org/pt/objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel/>

européu e acelerar nosso processo de absorção dessas tecnologias, através da observação das experiências já experimentadas por esses países.

Neste trabalho temos como principal objetivo entender e avaliar a atual matriz energética do Brasil como um todo, com enfoque no setor doméstico, em seguida, com base no que se entende que deve encaminhar o desenvolvimento econômico e social do País para os próximos anos, estimar fontes de energia mais viáveis e eficientes, bem como medidas de eficiência que possam ser adotadas e que promovam as melhorias necessárias ao setor energético residencial.

Com o intuito de entender e analisar adequadamente o tema proposto, essa dissertação foi estruturada em 6 capítulos. Neste primeiro capítulo é apresentada a introdução ao tema, as questões de investigação e os objetivos do trabalho. No segundo e terceiro capítulos realiza-se a revisão da literatura, nos quais busca-se embasar os fundamentos teóricos sobre a pobreza energética e seus conceitos, e em seguida fazer uma caracterização das condições socioeconômicas e energéticas do Brasil sobre a ótica da pobreza energética. O quarto capítulo é dedicado à descrição da metodologia utilizada neste estudo, e a definição dos cenários propostos. O quinto capítulo é dedicado à apresentação dos resultados e discussões. Por fim, no último capítulo são apresentadas algumas das principais conclusões, serão mostradas as limitações encontradas no estudo, e em seguida serão apresentadas as sugestões para futuras pesquisas.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA SOBRE A POBREZA ENERGÉTICA

Antes mesmo de tentar entender o conceito de pobreza energética temos que entender o conceito de pobreza e sua evolução, pois a pobreza energética se insere dentro de um contexto de pobreza mais ampla, sendo mais um dos fatores que definem e perpetuam a pobreza como um todo. Entender que assim como o alimento é essencial e vital para a manutenção mínima dos seres humanos, investir e promover o acesso a fontes de energia, embora à primeira vista possa parecer um desperdício, num curto espaço de tempo, pode se mostrar uma forma mais eficaz e permanente de erradicação da pobreza, inclusive no que se refere às necessidades mais básicas de qualquer ser vivo: a alimentação. Neste capítulo, através de uma revisão bibliográfica, faremos uma breve contextualização sobre os conceitos de pobreza, pobreza energética e as tentativas de mensurá-la.

2.1. Conceitualizando a Pobreza

O conceito e a definição de pobreza é algo que já vem sendo questionado e alterado ao longo do tempo e das dispersões geográficas, podendo ser percebidas e sentidas de várias formas inclusive influenciadas pelos aspectos e condições culturais. Sendo assim, a abordagem clássica, que é definida apenas pelo valor monetário, vem ganhando novas abordagens nos últimos anos (décadas), e autores como Freitas (2010), sem deixar a perspectiva monetária, começam a agregar valores sociais ao conceito de pobreza, como sendo também a privação de capacidades básicas.

Segundo a ONU, “a pobreza envolve mais do que a falta de recursos e de rendimento que garantam meios de subsistência sustentáveis. A pobreza manifesta-se através da fome e da má nutrição, do acesso limitado à educação e a outros serviços básicos, à discriminação e à exclusão social, bem como à falta de participação na tomada de decisão”².

Pereira, Freitas & Silva (2010) menciona que a pobreza não se limita a uma questão apenas de renda, mas a pobreza é múltipla e se estende a outras esferas. A pobreza deve ser entendida e tratada como um fenômeno multidimensional, podendo ser subdividida nas áreas: fraqueza física, isolamento, renda, energética, vulnerabilidade e impotência.

Com uma visão de “fenômeno multicausal”, Lucio (2007) inclui os fenômenos de colonização, a má distribuição dos rendimentos, as questões geográficas e as privações de direitos como algumas das causas da pobreza, e considera que “uma das questões perturbadoras sobre a pobreza reside na sua persistência ao longo do tempo”. Dessa forma o autor cita (Sachs, 2005) que distingue e aponta três tipos de pobreza: a) pobreza extrema; b) pobreza moderada e c) pobreza relativa.

² V. <https://unric.org/pt/eliminar-a-pobreza/>

2.2. Conceitos e Contexto da Pobreza Energética

Embora a pobreza energética seja um problema antigo, somente recentemente vem sendo considerada como uma nova categoria de problema (Gomes, 2018), que pode apresentar diferentes facetas, e recentemente vem chamando atenção da comunidade, principalmente nos âmbitos científico e social, conquanto ainda não tenha uma definição oficial, ou mesmo não tenha sua existência reconhecida pelas autoridades governamentais (Bednar & Reames, 2020).

Inicialmente o conceito de pobreza energética era associado apenas à ausência de acesso regular e seguro aos serviços de eletricidade e, como consequência, fazendo-se a utilização de combustíveis sólidos (Pereira, 2010). Kowsari & Zerruffinfi (2011) mencionam Leach (1992) ao classificar e associar a evolução do tipo combustível com o aumento da renda, tendo a eletricidade e o GLP como os melhores e mais eficientes, portanto, os mais utilizados à medida que se verifica o aumento da renda (Figura 1).

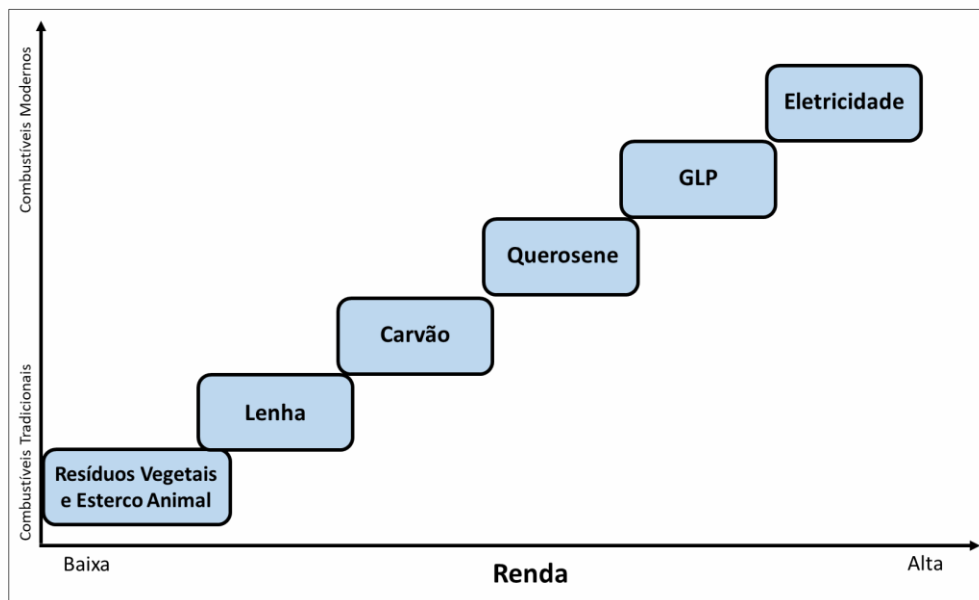


Figura 1. Escada clássica da energia.

Fonte: Elaboração própria traduzido de Kowsari & Zerriff, 2011.

Os mesmos autores, no gráfico 2, associam a transição energética (fonte/função) em relação à renda, no qual observa-se que nas famílias de mais baixa renda a demanda energética se restringe principalmente à cocção, aquecimento e iluminação, sobretudo com a utilização de biomassa, baterias e velas. Com o aumento da renda existe uma maior demanda do uso de energia para outros fins e a possibilidade de escolhas de fontes mais modernas de energia (Figura 2).

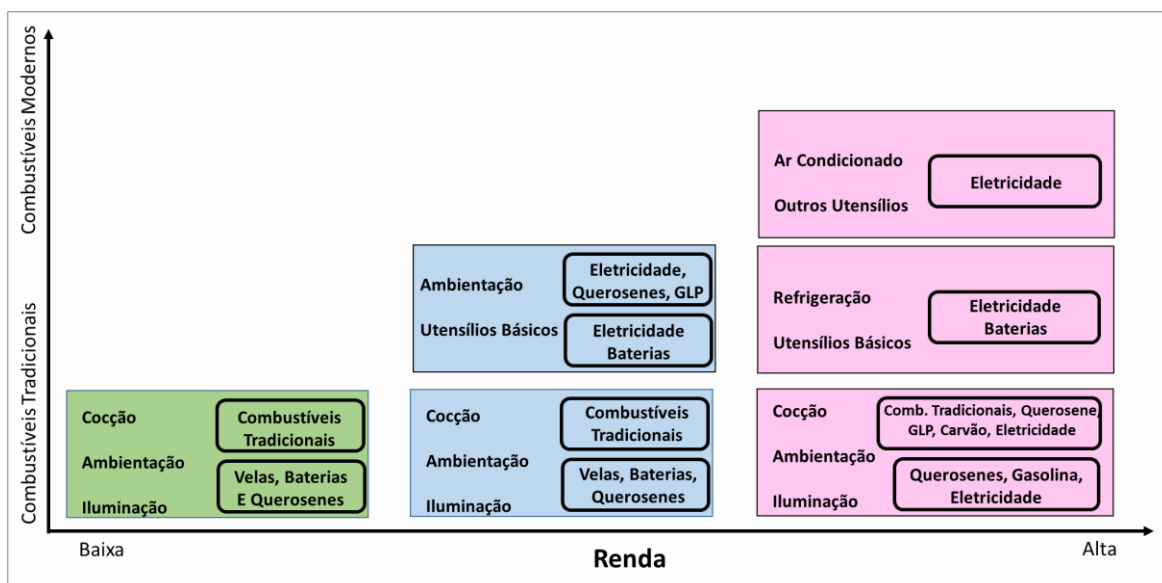


Figura 2. Transição energética em relação à renda.

Fonte: Traduzido de Kowsari & Zerriff, 2011.

São inúmeros os fatores que determinam as escolhas energéticas das famílias, sendo fruto de uma complexa interação entre fatores econômicos, sociais, culturais e ambientais. Na tabela 1 (adaptada) de Kowsari & Zerruffinfi (2011) são apresentados alguns desses fatores de forma isolada, todavia, no mundo real, estes encontram-se intimamente interrelacionados.

Tabela 1. Fatores que determinam as escolhas energéticas das famílias.

Sumário dos fatores que determinam as escolhas energéticas das famílias	
Categorias	Fatores
Fatores endógenos (Características das Famílias)	
Características econômicas	Renda, despesas e "posse de terras"
Características não econômicas	Tamanho das famílias, gênero, idade, composição da família, educação, trabalho, informação
Características comportamentais e culturais	Preferências (gostos alimentares), praticas, estilo de vida, status social, etnias
Fatores exógenos (Condições Externas)	
Ambiente físico	Localização geográfica e condições do clima
Políticas	Políticas energéticas, subsídios, mercado e comercialização
Fatores de suprimento de Energia	Acessibilidade, disponibilidade, confiabilidade no suprimento de energia
Características dos dispositivos energéticos	Eficiência da conversão, custos e métodos de pagamento, complexidade das operações.

Fonte: Traduzido de Kowsari & Zerriff, 2011.

A ONU, em 2000 (UNDP, 2000), através de um extenso relatório acerca da necessidade e acesso à energia elétrica delibera sobre a pobreza energética sobre dois principais aspectos: o aspecto técnico da energia, associado à impossibilidade de escolha dos serviços de energia (em termos de confiabilidade, qualidade, segurança e proteção ambiental); o aspecto social-econômico, associado a incapacidade das famílias de prover economicamente e de forma adequada às suas necessidades energéticas.

Sobre esse segundo aspecto, o Reino Unido e a República da Irlanda foram os pioneiros já na década de 90 a reconhecer e se voltar para as questões relacionadas à pobreza energética em debates públicos, políticas e pesquisas (Boardman, 1991), chamando a atenção para a dificuldade dos agregados familiares de manterem o orçamento com relação aos gastos energéticos e associando a eficiência energética como um dos fatores que poderiam mitigar estes gastos. Na evolução dos estudos foi considerado que um agregado familiar está exposto à pobreza energética, quando apresenta mais de 10% da renda familiar comprometida com as taxas de energia (Bouvarovski, 2014), (Bouvarovski & Petrova, 2015).

Vale ainda ressaltar que, assim como os conceitos de pobreza e as necessidades energéticas variam, os conceitos de pobreza energética diferem ao se considerar países ricos, países em desenvolvimento e os países mais pobres. Sendo assim, podemos considerar que a pobreza energética nos países mais ricos caracteriza-se principalmente pelas dificuldades de acessos ao fornecimento de energia de qualidade, dificuldade de manter as residências em temperaturas agradáveis e saudáveis (aquecimento e arrefecimento) e o peso dos gastos com energia no orçamento doméstico, tendo este um impacto direto na capacidade das famílias de manterem suas contas em dia. Esses efeitos, muitas vezes, têm suas origens associadas às infraestruturas disponíveis, fatores climáticos, questões de mercado, grau de liberdade de mercados, macroeconomia e fatores políticos, dentre outros.

Mesmo em se tratando de países ricos que fazem parte da UE, ainda assim faz-se distinção quando se trata de pobreza energética. Matos (2017), identificou que mesmo na UE existem regiões com características próprias de pobreza energética, tendo sugerido em seu trabalho a divisão dos Estados membros em 4 categorias: Europa Norte e Oeste, são os de menor pobreza energética, estando muitas vezes associadas a grupos específicos; Europa Central e Leste, são os que apresentam as maiores taxas de pobreza energética, associadas ao legado dos antigos Estados de regime socialistas; Europa Leste, países com situações mais precárias apresentando ineficiências no setor energético e nas habitações; e Europa Sul, que apresenta uma característica distinta dos demais países, caracterizada por apresentar verões quentes e a dificuldade das famílias de manterem suas casas arrefecidas.

Portugal, na última década, segundo o Eurostat, tem estado entre os quatro países da UE em que mais famílias (24,4% em 2019) têm declarado viver em casas com infiltrações, umidade ou apodrecimento nas janelas ou pavimentos. Todavia, ações e incentivos do governo português, em conformidade e apoiadas pela UE, vem promovendo ações que visam num futuro próximo minimizar tais efeitos. Como exemplo podemos citar as recentes iniciativas associadas ao “Programa de Apoio a

Edifícios mais Sustentáveis” (PAE+S), promovido pelo Fundo Ambiental, cujo principal objetivo é o financiamento de obras de reabilitação que promovam a melhoria da eficiência energética nas residências.

Na outra extremidade estão os países mais pobres, principalmente os da África subsaariana, onde quase dois terços da população ainda estão privados do acesso à energia elétrica, e os que os tem ainda assim enfrentam altas taxas e grandes instabilidades no fornecimento. O continente como um todo ainda se encontra na fase de ampliação de seu parque energético (Ouedraogo, 2017).

Entre as duas extremidades encontram-se os países em desenvolvimento, como é o caso da Índia e do Brasil. Países esses de grande dimensão geográfica, com uma população considerável, que já dispõem de redes elétricas que atingem grande parte da população, mas que, todavia, ainda demandam de um grande esforço para que a energia chegue à toda a população e de forma satisfatória. Para além disso, são países em que a pobreza e a desigualdade social estão bastante presentes no cotidiano de grande parte da população, levando a hábitos de consumos que vão de encontro com as políticas de eficiência energética utilizadas nos países desenvolvidos. Um exemplo disso são os materiais empregados na construção das residências, como mostra a recente pesquisa do IBGE (PNADc, 2019) sobre os materiais de construção predominante nos domicílios das grandes regiões brasileiras. Chama-se atenção que quase 50% da população apresenta como cobertura (telhado) telhas sem laje de concreto, e outros 15% somente laje de concreto, figura 3. Considera-se que ambos os casos são possíveis candidatos a melhorias para efeitos da eficiência energética residencial.

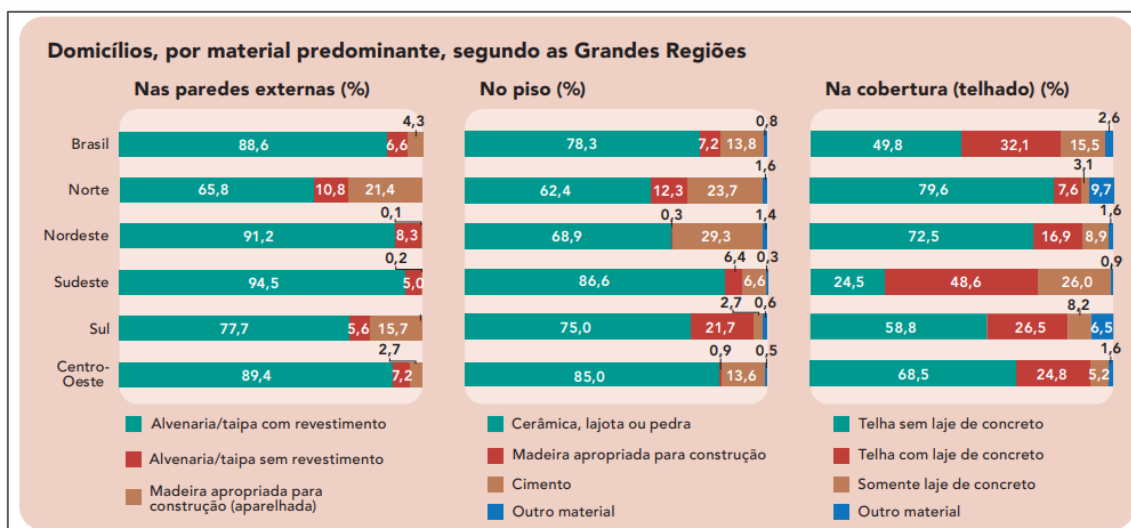


Figura 3. Domicílios, por material predominante, segundo as grandes regiões do Brasil.

Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Trabalho e Rendimento, Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio Contínuo 2019.

Basicamente, Pobreza Energética é quando o cidadão não tem suas necessidades básicas de energia, seja quanto ao acesso, seja quanto à qualidade, originados a partir de eventos socioeconômicos, geográficos, culturais e/ou quaisquer outros motivos.

Todas as formas de pobreza têm de ser analisadas e equacionadas, muitas vezes através de mecanismos próprios, adaptados a cada caso e necessidades, sendo a pobreza energética uma delas. No entanto, sua importância consiste no fato de que a universalização do acesso à energia elétrica no mundo é considerado de fundamental importância para a erradicação da pobreza e redução da desigualdade social (Pereira, 2010). Estudos recentes indicam que a escassez energética pode provocar impactos bastante abrangentes nos mais diversos níveis e relacionados aos mais diversos fatores; saúde (Carrere *et al.*, 2020), qualidade de vida, geração de riquezas, relações étnico-sociais (Wang *et al.*, 2021), acesso à educação e a serviços governamentais, dentre outros.

Outro fator relevante sobre a pobreza energética decorre do fato de, em muitos países, não ter um reconhecimento formal do que seja pobreza energética e as respectivas métricas associadas ainda que se trate de países ricos como EUA (Bednar & Reames, 2020), ou mesmo na UE (Bouzarovski, Petrova & Kitching, 2013), (Pachauri & Spreng, 2011). Importante destacar que a métrica utilizada para quantificar a pobreza energética ainda não tem um senso comum, se é que seria possível se chegar a um. Todavia, esforços têm sido despendidos por diversos autores com o intuito de entender, qualificar e mensurar a pobreza energética e seus impactos na sociedade (Nussbaumer, Bazilian & Modi, 2012; Gonzalez–Egunio, 2015; Sareen *et al.*, 2020).

2.3. Definição de Linha de Pobreza Energética

Se definir conceitualmente o que é pobreza e pobreza energética é algo bastante difícil, associar um valor à pobreza energética se torna algo ainda mais complicado, dada a toda complexidade que envolve a determinação das necessidades individuais, tendo em vista a diversidade socioeconômica, cultural, geográfica, dentre outros, além das particularidades locais que podem ser observadas.

Assim como a linha de pobreza é o nível de renda que define a população pobre de um país, sendo normalmente determinada com base num nível de consumo de bens essenciais e o quanto esse conjunto representa em termos monetários, da mesma forma também podemos pensar sobre a linha de pobreza energética, como sendo o nível mínimo de energia necessária para atender as necessidades energéticas básicas de uma família, no que se refere à cocção, iluminação e aquecimento.

O conceito de linha de pobreza energética teve como premissa inicial a filosofia da taxa de linha de vida (*lifeline rates*) da década de 80, em que a eletricidade é uma necessidade na sociedade moderna e toda família deve ser capaz de comprar eletricidade suficiente para atender às suas necessidades mínimas, sem estresse orçamentário indevido (Petersen, 1982). Dessa forma, na comunidade científica, após a primeira fase de identificação da existência da pobreza energética e sua definição, segue-se uma segunda fase, em que vários autores se dedicam a tentativas de mensurar a pobreza energética em valores reais, consagrando-se ao propósito de criar métricas através de abordagens e/ou fórmulas matemáticas com o objetivo de equacionar melhor o problema da pobreza energética no mundo (*ibidem*).

Goldemberg (1985) faz uma estimativa das necessidades energéticas básicas, e já aquela época, aponta para uma distinção entre os limites mínimos nos países desenvolvidos de 6,3 Kilowatt, para os em desenvolvimento com 1,0 Kilowatt. Num estudo específico para a América Latina, Goldemberg *et al.* (1985) indica 500 Watts os valores da necessidade energética per capita direta, e 1.000 Watts o somatório dos valores das necessidades per capita direta e indireta. Numa análise realizada para a Índia Pachauri *et al.* (2004), acharam o valor de 500 Watts para as necessidades diretas e indiretas.

He & Reiner (2014) ao tentar analisar e entender os efeitos do IBT, sigla do inglês para *increasing block tariff*, ou tarifa em bloco crescente implementada na China a partir de julho de 2012, como parte de um processo de liberação de preços da eletricidade para o setor residencial, identificou que “*existe um limite de consumo de eletricidade em relação à renda que pode ser considerado uma medida de pobreza de eletricidade, e o limite difere entre as áreas rurais e urbanas*” (He & Reiner, 2014, s.p.). O autor chama atenção para o fato do primeiro e o segundo bloco do ITB terem sido definidos com base na “linha da vida” semelhante ao que foi definido por Petersem (1982), e “demanda básica”, respectivamente, surgindo, dessa forma o conceito das famílias “mais pobres” e as “urbanas de baixa renda”, cujos limites mensais foram cotados à 45 kWh e 80kWh, respectivamente.

Para determinar o atual nível médio de consumo energético das famílias chinesas, distinguindo-as entre rurais e urbanas, o autor coletou amostras de inquéritos em três regiões da China, chegando a valores médios mensais de 42,4kWh, sendo o consumo em áreas ruais de 19,1kWh, representando menos da metade dos 52,1kWh percebidos nas áreas urbanas.

2.4. O Papel Social da Energia

Sem energia, seja ela de qual origem for, não há desenvolvimento. Sendo assim, uma das formas de potencializar e promover o desenvolvimento econômico e social é fazendo chegar a energia,

principalmente a elétrica, aos consumidores finais. Para tanto, algumas ações a nível mundial, governamental e entidades independentes vem sendo realizadas de forma a tentar ampliar essa distribuição, e dessa forma, mitigar os efeitos que a falta de energia traz na vida dos cidadãos.

O reconhecimento da importância do acesso à energia vem ganhando notoriedade como forma de promover equidade e proporcionar o desenvolvimento social, de tal forma que a ONU na Assembleia de 2015, lança o documento “Transformando o Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável”³ em que lista dezessete “Objetivos de Desenvolvimento Sustentável” (ODS), sendo o sétimo objetivo intitulado “Energia Acessível e Limpa”, é definido por “*Assegurar o acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia para todos*”.

Alguns autores desenvolveram trabalhos associando o consumo energético ao IDH. Na figura 4, Goldemberg (1995) procura estabelecer uma correlação de causa e efeito entre energia consumida per capita e o IDH. O autor chama atenção que, quando se chega a um consumo per capita de três toneladas de óleo equivalente por ano, o IDH do país não aumenta mais, indicando que para se ter um IDH elevado não é preciso ter um consumo energético superior as três toneladas de óleo equivalente, o que remete ao aumento da eficiência energética. Ainda segundo o autor, gráficos desse tipo indicam que existe em grande desperdício de energia no mundo.

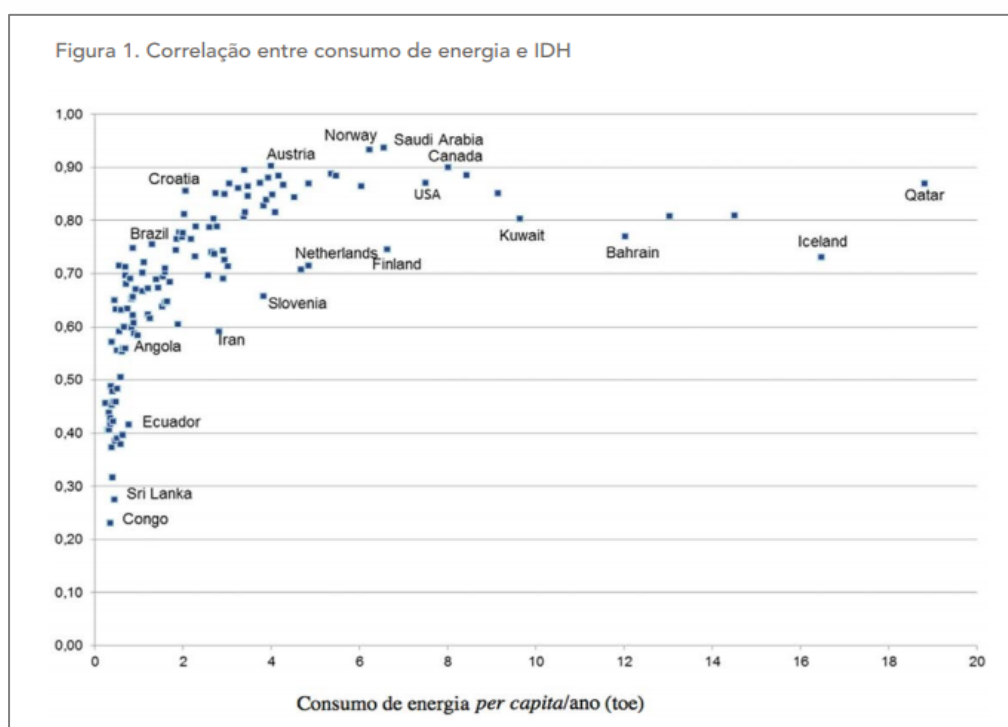


Figura 4. Gráfico de correlação entre consumo de energia e IDH.

Fonte: Goldemberg *apud* Marcovitch, 2018, p. 23.

³ V. <http://www.agenda2030.org.br/sobre/>

Se olharmos por outra ótica verificam-se as grandes desigualdades a nível mundial: países pobres com falta de energia e países mais ricos com desperdício de energia.

2.4.1. No mundo

O Banco Mundial é uma instituição financeira que através de cooperação entre distintas organizações, financia, à título de empréstimo, projetos ao redor do mundo. Os projetos selecionados distribuem-se em diversas áreas de interesse ao desenvolvimento humano em geral, que promovam a melhoria na distribuição de renda, qualidade de vida e a erradicação da extrema pobreza. Como não podia deixar de ser, o acesso a energia para toda ou ao menos quase toda a população é um deles.

Atualmente, dentro de suas diretrizes, contam com um projeto denominado *Sustainable Development Goals (SDG7)*, que tem como objetivos: “garantir o acesso universal à energia, dobrar o progresso na eficiência energética, aumentar substancialmente a parcela de energia renovável e aumentar a cooperação internacional para facilitar o acesso a energia limpa e renovável até 2030”⁴.

Em seu relatório publicado em 2019 (*The World, Bank, 2019*), que tem como premissa avaliar os resultados globais e por países, obtidos em relação a três principais variáveis: a) acesso a eletricidade e a “cozinha limpa” ou “fogão limpo” em algumas traduções, que se refere a “queima de biomassa (carvão, lenha, estrume, ...) dentro dos lares, o que pode causar sérios danos aos usuários; b) energia renovável; e c) eficiência energética, indica que 11% da população, ou seja, em torno de 840 milhões de pessoas ainda encontram-se sem acesso a energia elétrica no mundo, embora esse número já tenha diminuído em comparação com 1.2 bilhões de pessoas em 2010.

Segundo o mesmo relatório, se a política de distribuição se mantiver no mesmo ritmo, no ano de 2030 o percentual da população global sem acesso a energia elétrica deverá cair para cerca de 8% (em torno de 650 milhões de pessoas), sendo que desses, 90% estarão na África Subsaariana. Atualmente, essa região conta com apenas 44% da população com acesso a energia elétrica em comparação com 89% a nível global. O caso mais dramático ocorre em Chade, onde apenas 11% da população tem acesso à eletricidade. Em seguida vem República Democrática do Congo (19%), Libéria (21%), Serra Leoa (23%) e Madagáscar com (24%).

No entanto, para que esse objetivo seja atingido é crucial que haja um “comprometimento político mais forte, planejamento energético de longo prazo, aumento do financiamento privado e políticas adequadas e incentivos fiscais” (*The World, Bank 2019*, s.p.), uma vez que os desafios agora se concentram nas redes urbanas frágeis e sobrecarregadas, pessoas deslocadas e locais de difícil acesso.

⁴ V. <https://unric.org/pt/objetivo-7-energias-renovaveis-e-acessiveis/>

Dentro dos objetivos de aumentar a eficiência e a oferta de energia limpa, podemos observar na figura 5, onde são mostradas as substituições das energias mais tradicionais (lado esquerdo), nomeadamente as de biomassa (linha azul), que além de mais poluentes, podem pôr em risco a saúde e a integridade dos usuários, pelas mais novas e modernas energias renováveis (linha verde). Na mesma

figura 5, sob o lado direito, podemos observar o contínuo aumento da participação da energia solar.

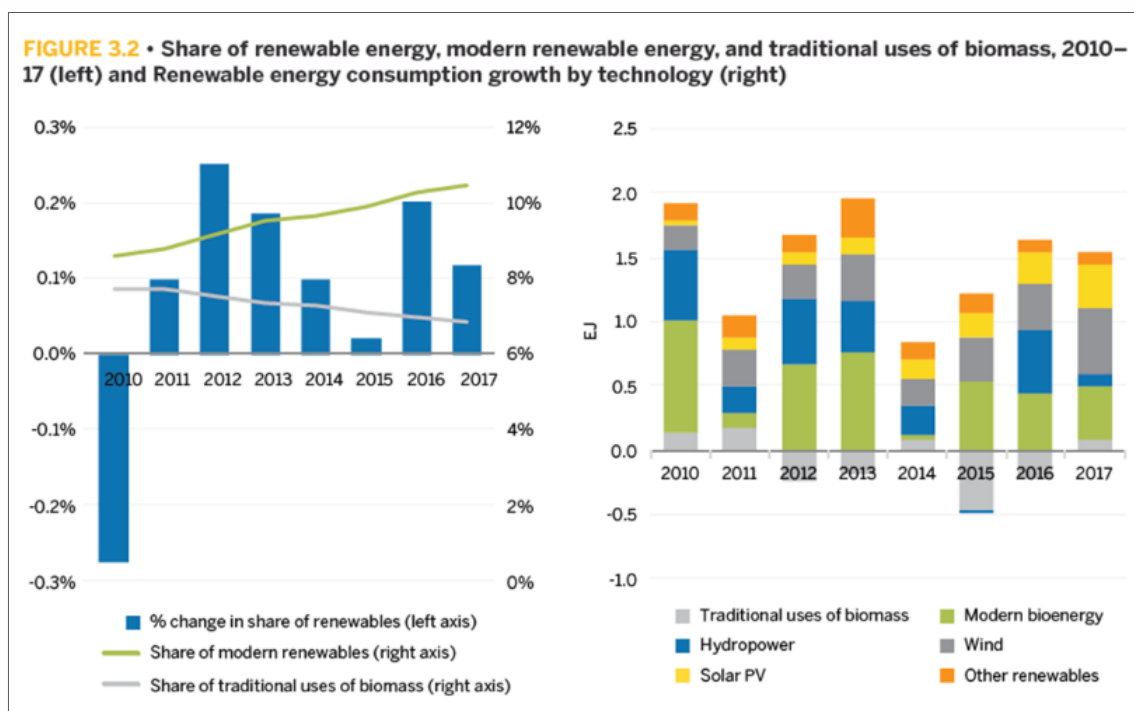


Figura 5. Gráfico das substituições das energias mais tradicionais (esquerda) e aumento da participação da energia solar (direita).

Fonte: IEA e UNSD.

Na figura seguinte podemos verificar o aporte financeiro entre o período de 2000 a 2017, para suportar os projetos de energia limpa e renovável nos países em desenvolvimento.

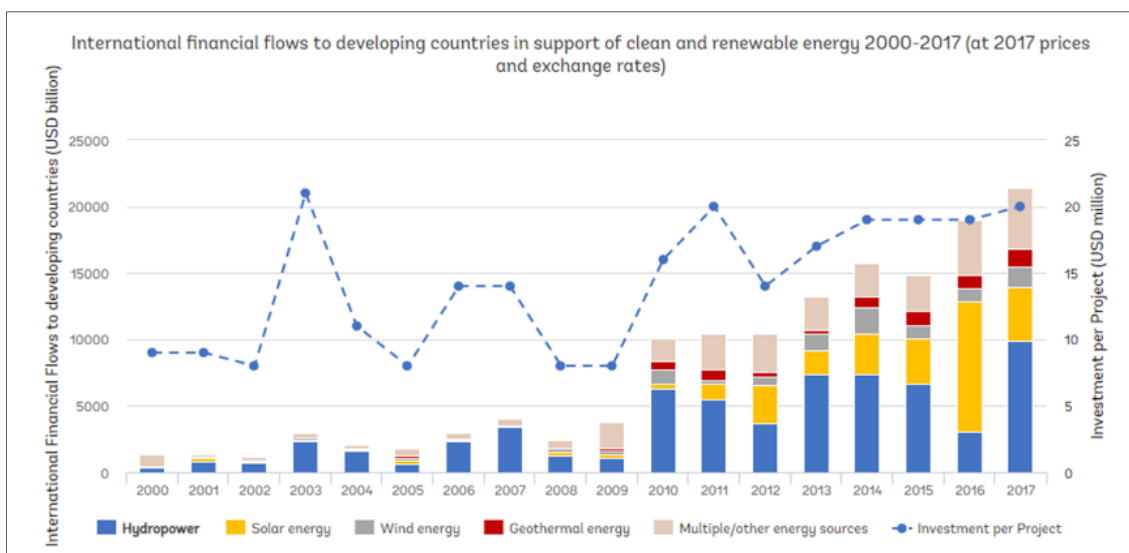


Figura 6. Gráfico do aporte financeiro entre o período de 2000 a 2017 para suportar os projetos de energia limpa e renovável nos países em desenvolvimento.

Fonte: IRENA e OECD.

Também neste gráfico, observa-se o contínuo incremento dos projetos que envolvem a energia solar principalmente a partir de 2010, com um destaque maior para o ano de 2016.

2.4.2. No Brasil

No que se refere ao Brasil, o relatório da ONU indica que, no ano de 2017, 100% da população brasileira já teria acesso à eletricidade e 96% acesso à cozinha limpa, 45,3% seria a “participação da energia renovável no consumo total de energia final”, e que ainda conta com uma eficiência energética (intensidade energética nacional) de 4.1MJ/US\$ PPP2011. Todavia, ao confrontarmos tais dados com os disponibilizados pelo governo do Brasil, perceberemos que existe algumas diferenças gritantes entre os mesmos.

Os dados levantados no censo brasileiro de 2000, do IBGE, indicavam que ainda existiam mais de 2 milhões de domicílios rurais sem acesso à eletricidade, o que representava em torno de 10 milhões de brasileiros, dos quais, 90% dessas famílias possuíam renda inferior a três salários mínimos, vivendo em localidades de baixo IDH (Eletrobras, 2013)⁵. Além de estarem em locais de menor densidade populacional, as características geográficas, a distância dos grandes centros geradores e distribuidores, bem como diversas particularidades locais, demandariam um grande esforço de instalação e manutenção por parte das Operadoras (Concessionárias e Permissionárias de distribuição e Cooperativas de eletrificação rural), o que levaria a um elevado custo das tarifas dos consumidores.

⁵ V. <https://eletrobras.com/pt/SiteAssets/Paginas/Luz-para-Todos/Luz%20para%20Todos%20-%20Relat%C3%B3rio%20S%C3%ADntese%2010%20anos.pdf>

Com o objetivo de mitigar tais efeitos e promover o desenvolvimento econômico-social dessas áreas, o Governo Brasileiro lançou, em novembro de 2003, o Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso da Energia Elétrica – Luz para Todos (LPT). O LPT se utiliza de políticas de financiamento próprio para promover a expansão; conta com projetos de cooperação internacional para troca tecnológicas com foco em atendimento à áreas remotas e uso de fontes renováveis de energia; estimula o uso produtivo da energia elétrica através do incentivo à criação dos CCPs (Centros Comunitários de Produção); e promove ensaios técnicos de sistemas fotovoltaicos domiciliares junto ao CPEE (Centro de Pesquisas de Energia Elétrica).

Com o término previsto para 2008, o programa, no entanto, vem tendo seu prazo constantemente prorrogado devido a constante identificação de novas famílias que não constavam na contabilização inicial. Devido as novas realidades encontradas, e indo de encontro ao relatório da ONU de 2017, mencionado anteriormente, o programa sofreu algumas alterações em seus objetivos iniciais, e no início de 2020 teve seu prazo prorrogado até 2022 através do Programa Mais Luz para a Amazônia (MLA), que irá atender a população residente na Amazônia Legal (Eletrobas, 2013).

“No fim de 2013, o LPT completou 10 anos e atingiu a marca de 15 milhões de pessoas beneficiadas. Nesse ano, o então secretário-geral da ONU, Ban Ki-moon, elogiou as conquistas do programa e afirmou que a iniciativa brasileira é um exemplo a ser seguido pelas demais nações” (MME, 2020, s.p.)⁶. Atualmente esse número passa dos 16,8 milhões de pessoas.

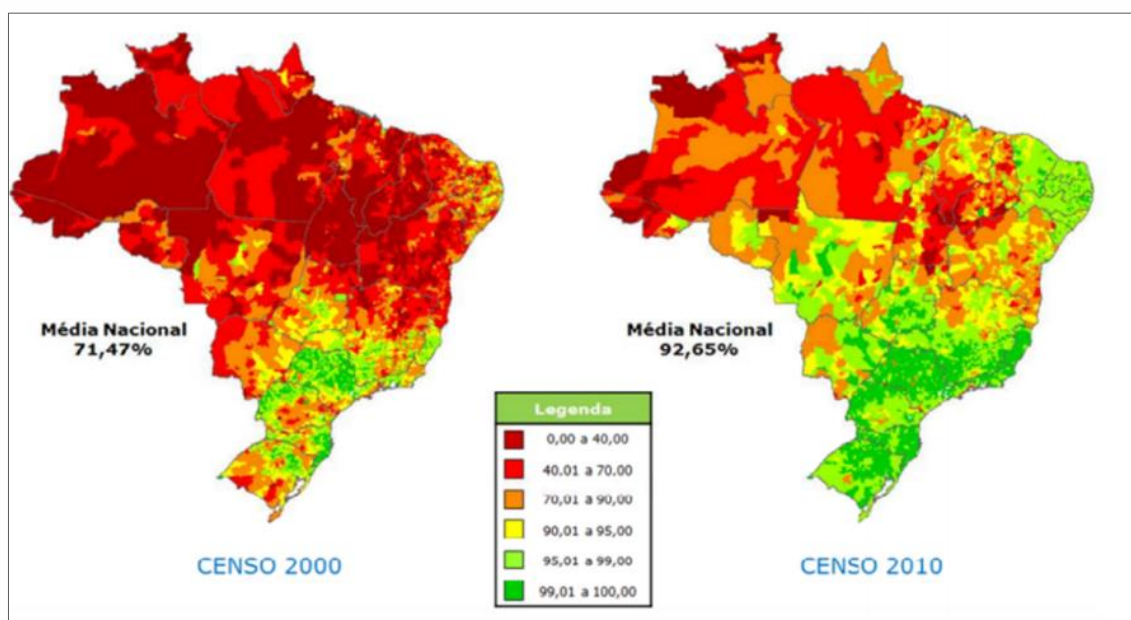


Figura 7. Percentual de Domicílios rurais permanentes com energia elétrica.

Fonte: IBGE, Sistema SIDRA.

⁶ V. <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/luz-para-todos-2020-mais-de-r-1-1-bilhao-e-aprovado-para-continuidade-das-obras-em-11-estad-1>

Na figura 7 podemos observar as diferenças percentuais dos domicílios atendidos pelo programa entre os censos de 2000 e 2010.

2.5. O Contexto das Novas Energias Renováveis

Diferentemente das não renováveis, são consideradas energias renováveis e “limpas” as energias provenientes do sol, ventos, e apesar do impacto ambiental causado pelas barragens, as de origem hídrica. Quando se refere a fontes de energia “novas” renováveis pensa-se logo na hegemonia tecnológica dos países de 1º Mundo, que vem investindo pesadamente no desenvolvimento da mesma, sejam por questões ambientais, sejam por questões estratégicas.

Se analisarmos o cenário atual, o mundo passa por uma reconfiguração para o que antes chamávamos de geopolítica do petróleo, e atualmente podemos chamar de “geopolítica da energia”. Neste novo cenário, podemos observar um mercado com características de produção e consumos energético em franca alteração, dinamizado pela entrada no mercado das novas energias renováveis, cujos países mais ricos detêm a maior parte da tecnologia, tirando dessa forma, num futuro próximo, a hegemonia dos países produtores de petróleo e levando a um rearranjo dos interesses e relações comerciais entre os Estados produtores de energia não renováveis e os que detêm a tecnologia das novas energia renováveis e mais “limpas”.

As principais barreiras tecnológicas sobre as novas fontes renováveis foram inicialmente associadas ao alto custo de geração, sazonalidade e dependência ambiental para a produção e dificuldade de armazenamento, levando a um grande impacto ambiental relacionado ao descarte das baterias. Todavia, imensos esforços estão sendo feitos no sentido de melhorar a qualidade dos sistemas de armazenamento. Com essa visão, as baterias tem se tornado cada vez mais eficientes, ecologicamente mais amigáveis e financeiramente mais viáveis.

Dessa forma, à medida que se observam os avanços tecnológicos em relação à geração solar e eólica, as baterias se tornam cada vez mais eficientes e sustentáveis e os procedimentos de reciclagem das mesmas comecem a fazer parte efetiva de processo, fechando toda uma cadeia, formando um ciclo de utilização de economia circular, podem tornar o petróleo obsoleto e coisa do passado para o uso doméstico e efeitos de locomoção.

3. CARACTERIZAÇÃO SOCIOECONÔMICA E ENERGÉTICA DO BRASIL

Para a caracterização socioeconômica e energética do Brasil foram realizadas pesquisas nos principais órgãos governamentais brasileiros, a saber: IBGE, BNDES, MME e EPE.

Os dados e informações mais relevantes levantadas estão associadas à população e suas características, informações sobre os dados econômicos históricos, sua contextualização nos diversos períodos recentes e as projeções realizadas por alguns órgãos regularizadores, a fim de balizar o planejamento do desenvolvimento financeiro e estrutural brasileiro. Por fim, numa segunda etapa, buscou-se informações que permitissem caracterizar a situação da demanda energética das famílias no Brasil atual e que nos desse o suporte necessário para prosseguir com as modelagens.

3.1. Dados Histórico e Projeções da População

Os dados de população, sejam históricos, sejam os projetados, foram obtidos no site do IBGE, órgão oficial responsável pelo censo e estatísticas no Brasil.

O primeiro censo realizado no Brasil foi em 1808 para fins militares, o que levanta suspeitas sobre a fidedignidade de seu resultado. Em 1872 foi conduzido pela então Diretoria-geral de Estatística, o Censo Geral do Império, sendo esse considerado o primeiro efetuado no País (Fonte: IBGE). Tinha como objetivo inicial de ter uma periodicidade decenal, no entanto, apresentou falhas nos anos de 1910 e 1930, e o de 1990 foi postergado para o ano de 1991.

A partir de 1940, após uma reestruturação dos serviços estatísticos do País, foi realizado o V Recenseamento Geral do Brasil, incluindo-se o populacional. Desde então, o mesmo vem sendo realizados sem interrupções, mantendo seus objetivos e características originais, apenas sofrendo alterações que permitam o aprimoramento em variados aspectos técnicos, tecnológicos e operacionais da pesquisa, que lhe conferiram um salto de qualidade e adequabilidade à identificação das características atuais da população do Brasil, fornecendo informações críticas relevantes para a tomada de decisão e planejamento a longo prazo.

Devido ao tamanho do território e dada as distintas características geográficas e culturais de cada região, um importante dado que começou a ser coletado a partir de 1960 foi a condição domiciliar da população. Essa informação vai ao encontro das grandes transformações que começariam a ocorrer no Brasil nas décadas de 60, 70, 80.

Ao analisarmos o gráfico (Figura 8), observamos o início da mudança do perfil populacional do Brasil, em que, a partir de meados da década de 60, começa a haver um êxodo rural em direção às

capitais. É de se imaginar que, com esse aumento da aglomeração populacional, com a formação dos centros urbanos, comecem a ocorrer mudanças de hábitos de consumo e nas prioridades consideradas por essa “nova realidade e condição social”.

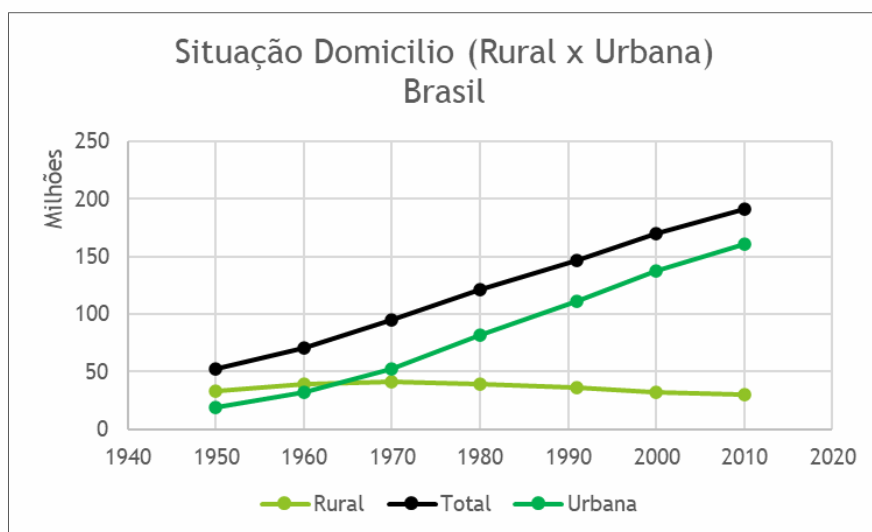


Figura 8. Estatísticas da evolução total da situação domiciliar da população brasileira segundo os censos realizados.

Elaboração própria. Fonte: IBGE.

Se analisarmos as situações de domicílio por regiões, poderemos verificar que os fluxos iniciaram e foram mais expressivos na região sudeste, seguido pela região Sul e Centro-Oeste na década de 70. As regiões Nordeste e Norte só foram experimentar essa mudança na década de 80 (Figura 9).

Outro fator que chama a atenção é o desequilíbrio volumétrico da distribuição da população entre as regiões. As regiões Sudeste e Sul concentram a maior parte da população brasileira, e assim como na região Centro-oeste, em torno de 1/8 da população dessas regiões vive nos grandes centros urbanos, embora neste último as características econômicas e culturais sejam bastante distintas das duas primeiras regiões. Já nas regiões Nordeste e Norte, pra além da grande diminuição em número da população, observa-se uma diminuição da relação entre moradores da zona rural e dos centros urbanos que cai pra algo em torno de 1/4 da população total.

Análises dessa natureza são importantes, pois permitem traçar o perfil das atividades econômicas e da origem do PIB e, dessa forma, definir as necessidades de demanda energéticas para que cada Região consiga promover suas aptidões da melhor maneira possível.

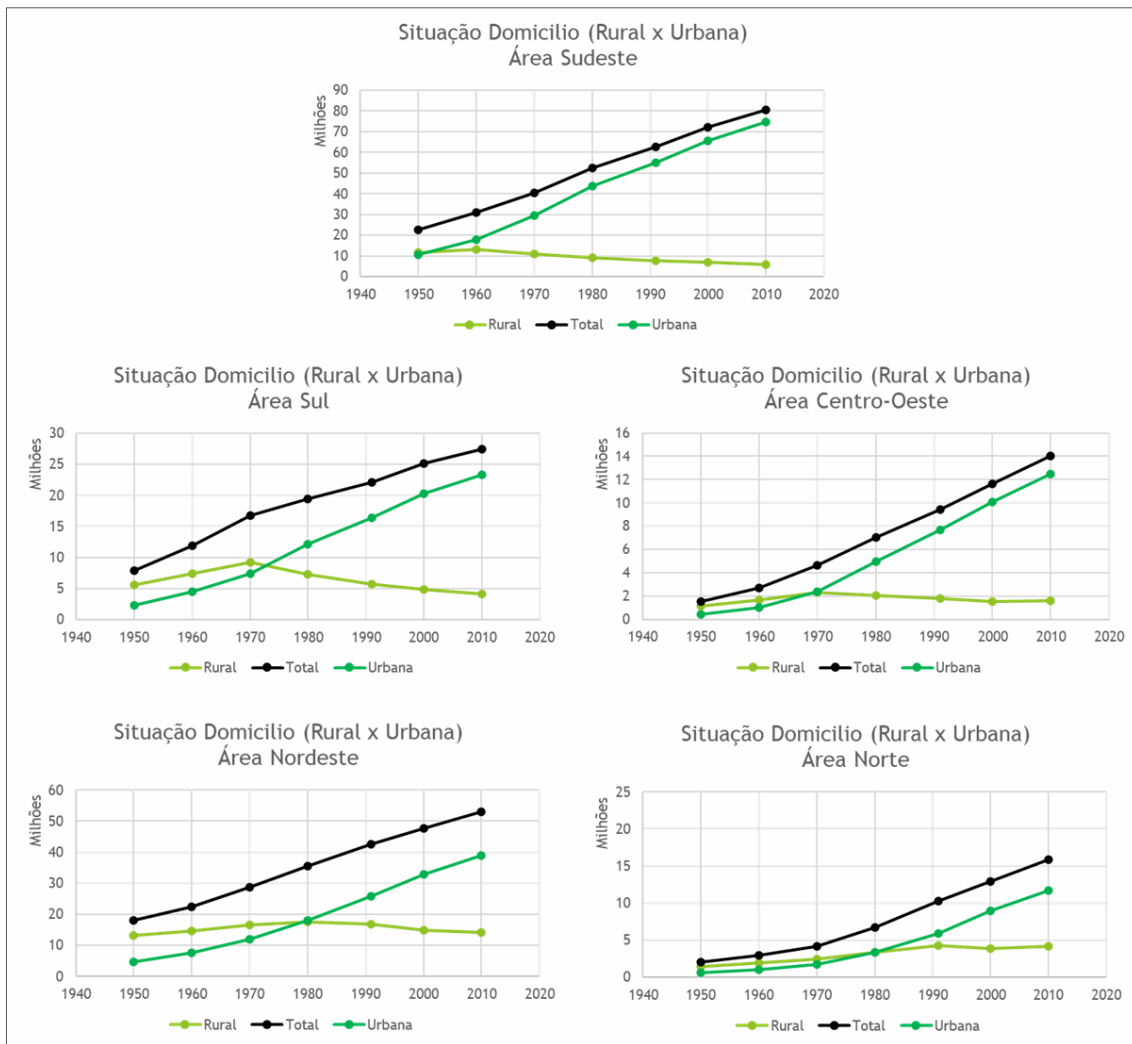


Figura 9. Estatísticas da evolução total da situação domiciliar por região da população brasileira segundo os censos realizados, por principais regiões.

Elaboração própria. Fonte: IBGE

Outro importante fator a se ter em conta nas projeções econômicas e, conseqüentemente, na demanda futura de energia, é a projeção da evolução demográfica, conquanto não seja uma projeção fácil de se realizar, a ponto de ser constantemente necessárias revisões pelo próprio órgão responsável pela mesma.

Em 2013, o IBGE em sua publicação “Projeção da População do Brasil por Sexo e Idade para o Período 2000/2060 e Projeção da População das Unidades da Federação por Sexo e Idade para o Período 2000/2030”, indicava que a população brasileira continuaria subindo até 2042, quando então atingiria seu máximo com 228,4 milhões de pessoas. A partir do ano seguinte, ela começaria a diminuir gradualmente até chegar em torno de 218,2 milhões em 2060 (IBGE, 2013).

Em 2018, o IBGE reavalia a projeção e indica que o número de habitantes deverá chegar a 233,2 milhões de habitantes e só deverá parar de crescer em 2047, quando então voltará a cair, ou

seja, cinco anos após o previsto na primeira projeção e com um saldo de 4,8 milhões de habitantes a mais. Segundo essa nova revisão, o Brasil atingirá em 2034 um total de 228,4 milhões de habitantes, o que corresponderia ao pico do estudo anterior.

A razão de dependência, indicador referente ao número de indivíduos com menos de 15 e com mais de 64 anos a cada grupo de 100 pessoas em idade de trabalhar, o que impacta diretamente na economia, pois indica justamente a capacidade produtiva da população, que passa de 44% em 2018 para 51,5% em 2039, quando a proporção de jovens (25,7%) e idosos (25,8%) se equivalerá. Essa proporção total deverá aumentar para 67,2% em 2060 (IBGE, 2018).

Na figura 10 pode-se observar o histórico da evolução da população brasileira desde 1990 até 2020, e em azul as projeções obtidas na modelagem de cenários que será descrita mais adiante.

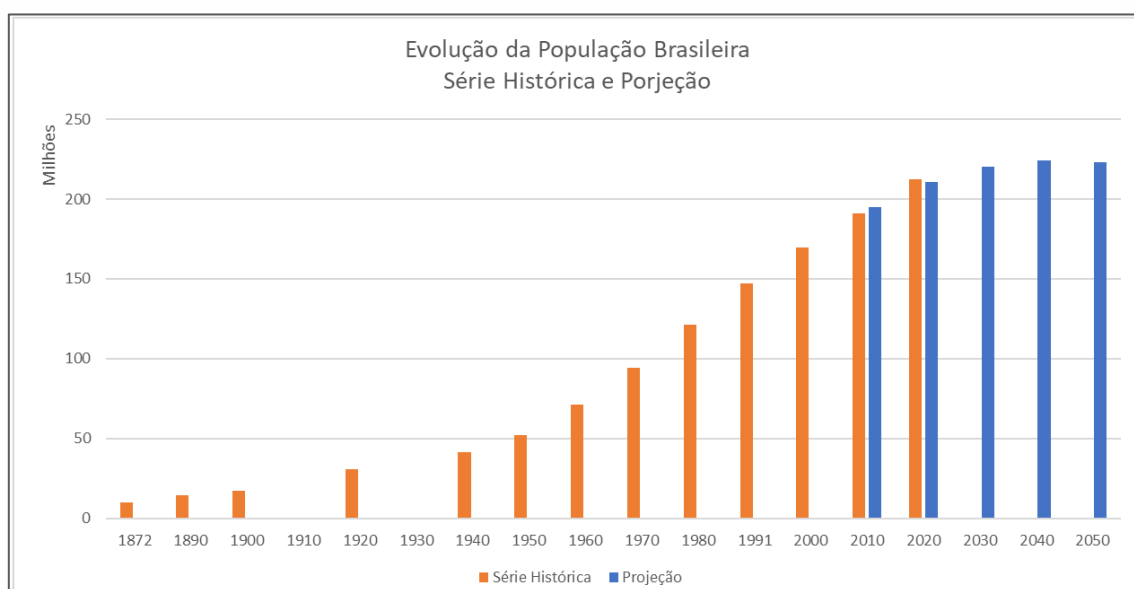


Figura 10. Estatísticas da evolução da população brasileira segundo os censos realizado e projeção até 2050.

Elaboração própria. Fonte: IBGE e LEAP

Salvo alguns desvios normais, os valores de população obtidos nesses cenários estão de acordo com os projetados pelos órgãos governamentais mostrados anteriormente nesta seção.

3.2. PIB Histórico e Projeções Económicas

Publicações sobre projeções do PIB é algo difícil de se obter. No caso do Brasil, principalmente devido a grande instabilidade generalizada, aumentando a imprevisibilidade dos principais fatores levados em consideração para compor os diversos cenários, torna ainda mais difícil as projeções de longo prazo. Para prazos superiores a três anos essa dificuldade aumenta substancialmente.

Dessa forma, foram encontradas 2 bibliografias que fazem alusão à construção de cenários econômicos de longo prazo para o Brasil, produzidas por dois órgãos governamentais com duas visões

e objetivos distintos: EPE (2018) “Cenários Econômicos para PNE 2050”⁷, de mais longo prazo e com visão de infraestrutura para o apoio ao planejamento energético; Horta & Giambiagi (2018)⁸ com o “O Crescimento da Economia Brasileira 2018-2023”, que teve como objetivo a contextualização do momento atual, a fim de auxiliar as tomadas de decisão de mais curto prazo. Foi com base nesses dois estudos que validamos as projeções econômicas que utilizamos nas projeções e suas análises.

Nos estudos de cenários propostos pelo EPE (2018b) o foco era como o cenário econômico futuro impactaria na demanda de consumo energético e, dessa forma, quais seriam as estratégias que deveriam ser adotadas para suprir essa demanda de energia a longo prazo. Para isso, foram consideradas duas trajetórias de crescimento, uma mais modesta (Cenário 1), e outra com uma expansão maior do PIB (Cenário 2).

Vale aqui ressaltar que não apenas nesses estudos, mas em outros relacionados foram identificadas como principais gargalos para o aumento da PTF brasileira e, conseqüentemente, o caminho do desenvolvimento a seguir, os investimentos em infraestrutura, mão-de-obra qualificada, sistema tributário, ambiente de negócios e tecnologia.

Sendo assim, para o Cenário-1 o PIB apresentará uma projeção de crescimento médio de 1,6% a.a. entre 2016-2050 (Tabela 2), considerando a trajetória de crescimento populacional o PIB per capita apresentará um crescimento médio de 1,3% a.a, atingindo 24,5 mil dólares PPP de 2015, em 2050. Já no Cenário 2 as medidas mencionadas no parágrafo anterior são mais efetivas levando a importantes ganhos de produtividade que possibilitam um aumento do PIB com taxas da ordem de 2,8%, 3,5% e 3,0% nas respectivas décadas de 20, 30 e 40, com um crescimento médio de 3,0% a.a. entre 2016-2050 (Tabela 2).

Tabela 2. Projeções da taxa média do crescimento do PIB (%).

	2016 - 2030	2030 - 2040	2040 - 2050	2016 - 2050
Cenário-1	1,3	2,0	1,5	1,6
Cenário-2	2,8	3,5	3,0	3,0

Elaboração própria. Fonte: Adaptado de EPE, 2018b.

No relatório do BNDES a metodologia utilizada foi a de fazer projeções de crescimento da economia de forma a fechar o hiato gerado devido a intensa queda observada do PIB no biênio 2015-2016, onde, devido ao desgaste dos cenários políticos e econômicos produziu uma recessão culminando numa retração econômica de -3,5% em cada ano (Horta & Giambiagi, 2018)

⁷ V. <https://www.epe.gov.br/sites/pt/publicacoes/dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao227/topico201/Cen%C3%A1rios%20Econ%C3%B4micos.pdf>
⁸ Livro editado pelo Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social, BNDES.

Vários outros fatores além do político ajudam a explicar tamanha queda da economia neste biênio, dentre eles os principais foram: a piora da economia global; esgotamento do ciclo de crescimento que vinha desde o início nos anos 2000; deterioração das contas públicas com piora nos superavit primário e aumento da dívida pública; alteração na política monetária elevando a taxa de juros; fatores institucionais, como o avanço da Operação Lava-Jato que afetou empresas nacionais, principalmente da construção civil, óleo e gás.

Dessa forma, a partir de diversas hipóteses de melhorias em vários setores (estrutura tributária, ambiente de negócios, investimento em infraestrutura e capital humano, ...) constroem-se então dois cenários, nos quais são determinados os PIBs médios anuais necessários para fechar o *gap* formado no período anterior.

No cenário A temos uma estimativa em que o PIB possa crescer gradativamente a partir de 2018 com taxas de 2,5%, passando nos anos seguintes à 2,7%, 2,9%, 3,0%, 3,2% até atingir o valor de 3,4% em 2023, fechando assim o *gap*. No segundo cenário a trajetória do PIB foi definida pelo *Boletim Focus* (pesquisa semanal feita pelo Banco Central junto aos principais agentes financeiros do País), até 2022 sendo repetido o mesmo valor para o ano de 2023. Para esse cenário o crescimento inicial é ligeiramente maior, com um posterior arrefecimento da economia, onde as variações percentuais do PIB seriam de 2,8%, 3,0%, 2,5%, 2,5% e 2,6% a partir do ano 2018 até 2023. Nesse cenário o hiato não seria completamente eliminado em 2023.

As trajetórias dos PIB's em ambos os cenários podem ser observadas na figura 11.

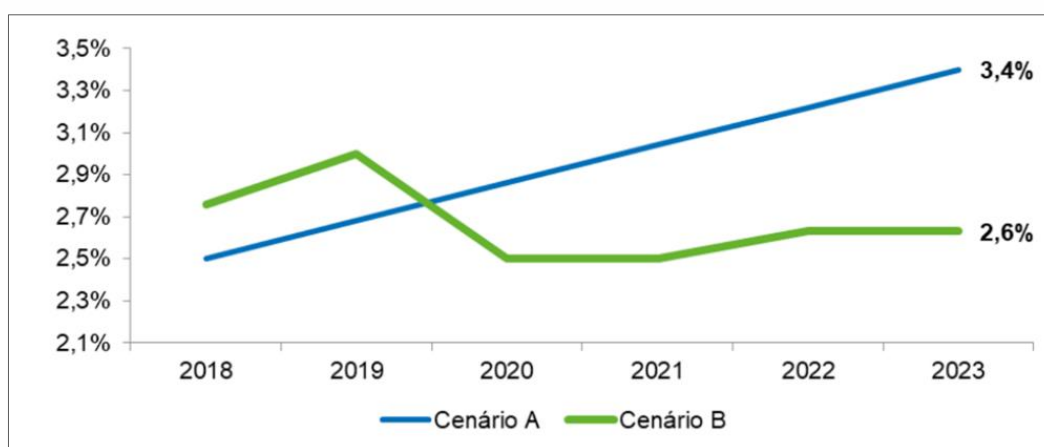


Figura 11. Perspectivas DEPEC 2018 – O crescimento da economia brasileira 2018-2023.

Fonte: Horta & Giambiagi, 2018.

Para os cenários as taxas de crescimento médio anual entre 2018 e 2023 seriam de 2,95% para o cenário A e 2,67% para o cenário B, todavia, as realizações do biênio 2018-2019 mostraram-se bastante distintas das esperadas nos dois cenários modelados, ambos com a taxas de 1,1% a.a.

Por sua vez, 2020 foi um ano bastante atípico e afetou fortemente várias áreas da conjuntura global, que dificilmente teriam sido consideradas nas previsões acima ou em quaisquer outras, e cujas consequências não podem passar despercebidas também e/ou principalmente ao setor econômico. Apesar das perspectivas de redução inicial de -8,4% dada pelo Banco Mundial para a região, o Brasil, segundo o IBGE, fechou o ano de 2020 com um saldo de -4,1%, que, apesar de negativo, foi menos pior do que as projeções iniciais. No estudo do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2020), que havia apontado um PIB Brasil de -6% para 2020, portanto, mais próximo do realizado, projeta uma taxa de crescimento do PIB brasileiro para 2021 em torno de 3,6%.

Na Figura 12 pode-se observar o histórico da taxa de variação do PIB Brasil em amarelo, com o valor do ano de 2020 em amarelo mais claro, e em azul as projeções obtidas na modelagem de cenários que será descrita mais adiante.

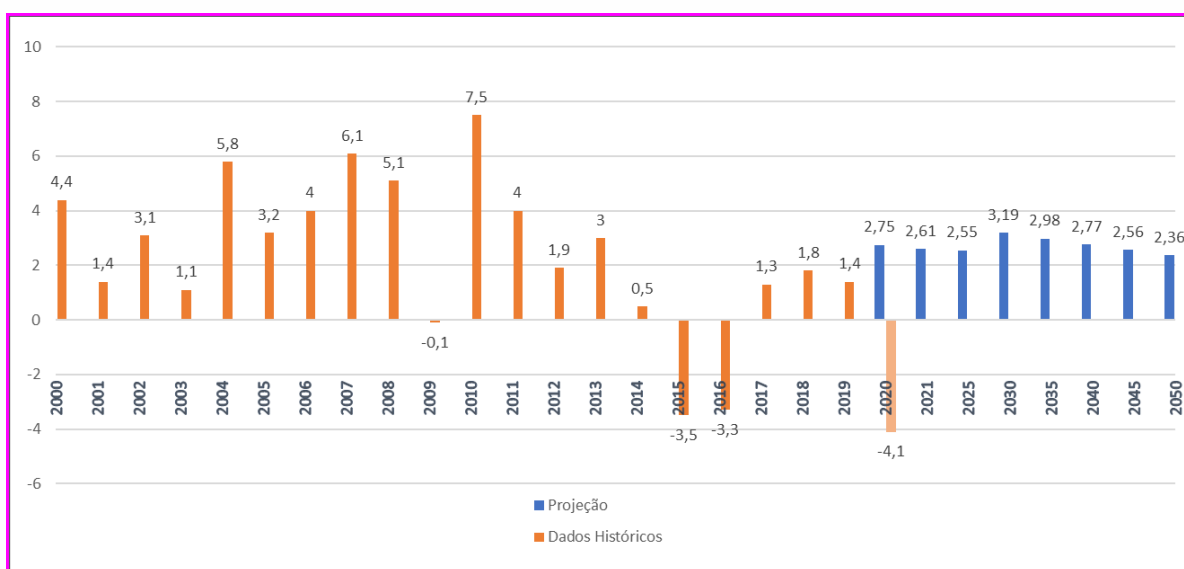


Figura 12. Taxa de Crescimento do PIB Brasil (%), Série Histórica e Projeção.

Elaboração própria. Fonte: IBGE e LEAP.

Vale ressaltar que no gráfico, no ano de 2020, encontram-se sobrepostos os valores de fechamento do ano e o projetado nesse estudo, estando este último dentro dos valores obtidos pelos modelos propostos nos estudos do EPE 2018 e do BNDES 2018, bem como a projeção até o ano de 2050.

3.3. Agregados Familiares, Hábitos de Consumo e Custos Associados

O desenvolvimento das famílias brasileiras e seus gastos associados podem ser analisados através dos dados disponibilizados nas “Pesquisas de Orçamento Familiares – POF”, realizadas nos anos de referência 2002-2003, 2008-2009 e 2017-2018.

Nas tabelas seguintes podem ser observadas a evolução no número de agregados familiares totais e separadamente por rural e urbano (Tabela 3), bem como o número médio de componentes da família (Tabela 4). Nesta última chama-se a atenção para o tamanho médio dos agregados subnormais, que embora em ambiente urbano, apresentam valores mais compatíveis com os das famílias rurais, normalmente historicamente maiores.

Tabela 3. Número de Famílias

Ano	2002		2008		2018	
Total	48.543.638		57.816.604		69.017.704	
Urbano	41.133.202	85%	48.808.989	84%	59.512.143	86%
Rural	7.401.436	15%	9.007.615	16%	9.505.562	14%

Elaboração própria. Fonte: Adaptado de Orçamento Familiares – POF

Tabela 4. Tamanho médio das famílias.

Ano	2002	2008	2010	2018
Total	3,62	3,30		3,00
Urbano	3,55	3,24		2,97
Urbano Subnormal			3,54	
Rural	4,05	3,60		3,21

Elaboração própria. Fonte: Adaptado de Orçamento Familiares – POF.

Na tabela seguinte, de despesas (Tabela 5), mostra como a evolução das despesas, neste caso relacionadas à taxação de serviços, tem impactado as famílias. Chama-se a atenção que enquanto a média das taxas de serviços tem se mantido razoavelmente constantes, sendo fortemente influenciadas pela tendência dos custos dos domicílios domésticos urbanos, os mesmos custos associados ao meio rural vem sofrendo significativo aumento. Se observarmos no detalhe, verificamos que parte desses gastos estão associados ao consumo energético, principalmente a eletricidade. Uma tendência similar é observada ao se analisar os gastos com eletrodomésticos, onde os gastos das unidades rurais são significativamente maiores do que das unidades urbanas, isso pode ser entendido como uma resposta à demanda reprimida, devido ao efeito do aumento do número de residências contempladas com o acesso à energia elétrica, como resultado dos recentes programas de eletrificação do meio rural. Importante destacar que nesse período contou com uma forte ação do programa LPT.

Tabela 5. Despesas mensais associadas a serviços totais e gastos de energia e eletrodomésticos.

	2002			2008			2018		
	Totais	Rural	Urbano	Totais	Rural	Urbano	Totais	Rural	Urbano
Tx. Serviços	7,5	4,5	7,8	7	5,2	7,2	7,4	6,4	7,5
Energia Elétrica				2,3	2,1	2,3	2,5	2,7	2,5
Gás Doméstico				0,8	1,2	0,7	0,8	1,4	0,8
Eletrodomésticos	1,9	2,1	1,8	2,1	2,5	2	1,3	1,8	1,3
Energia + Gás				3,1	3,3	3	3,3	4,1	3,3

Elaboração própria. Fonte: Adaptado de Orçamento Familiares – POF.

Como uma forma de tentar minimizar o impacto do custo da energia elétrica no orçamento das famílias, em 2010, o Governo Federal criou a Tarifa Social de Energia Elétrica (TSEE) na qual incide descontos de forma cumulativa sobre a tarifa dos enquadrados na Subclasse Residencial Baixa Renda, cujos consumos mensais são de até 30 kWh/mês, 31-100 kWh/mês, 101-220 kWh/mês, com descontos de 65%, 40% e 10% respectivamente, não sendo aplicados descontos para consumos superiores a 220 kWh/mês.

Além das faixas de consumo, as unidades consumidoras têm que atender algumas condições, tais como: estar inseridas no Cadastro Único para Programas Sociais do Governo Federal – *CadÚnico*; ter moradores que recebam benefícios continuados; a unidade consumidora ter renda de até 3 salários mínimos e ter entre os moradores algum membro que necessite de uso contínuo de aparelhos, equipamentos ou instrumentos continuamente ligados a rede elétrica.

3.4. Histórico e Projeções da Demanda Energética no Brasil

Energia e alternativas para a matriz energética brasileira são assuntos recorrentes e que vem tomando cada vez mais espaço nos fóruns técnicos. Isso se dá devido a expectativa de desenvolvimento experimentado pelo País nas últimas décadas e os impactos que a geração e fornecimento de energia teriam neste contexto.

A vulnerabilidade do sistema de energia já vinha sendo percebida e assinalada pelos acadêmicos e técnicos da área desde o início da década de 90. No entanto, o *blackout* ocorrido em março de 1999 e que teria provocado um grande impacto tanto no cidadão comum quanto na indústria, e o racionamento que viriam nos anos seguintes, tornaram públicas e fomentaram as necessidades de discussões sobre o tema no âmbito nacional. Autores como Tolmasquin (2000), Rosa (2000), Rosa (2000b), apontavam para o recente crescimento econômico ocorrido na década de 90, levando a um natural aumento do consumo de energia chegando a 49% entre os anos de 1990 e 2000, todavia, durante esse mesmo período, a capacidade instalada de geração havia sido expandida em apenas 35%.

As variações climáticas e a falta de chuvas haviam sido apontadas como o principal fator que levou ao colapso na geração da principal fonte energética de então, a hidroelétrica. Destaca-se que àquela altura, o Brasil iniciava seu salto na produção e autossuficiência do petróleo. Na década seguinte, inicia-se uma corrida para a diversificação da geração de energia elétrica produzida no País, com aumento da contribuição principalmente das energias termoelétricas, seguido pela nuclear e mais atualmente, eólica e solar (EPE Brasil, 2017).

Concomitantemente à diversificação da produção da energia elétrica, diversas medidas e reformas gerenciais e estratégicas foram tomadas por parte do Governo para garantir a melhora da qualidade do sistema elétrico. A abertura do mercado de petróleo, antes dominado por uma única empresa estatal (Petrobras), para a concorrência internacional, através de leilões de áreas destinadas a exploração e exploração, deu um novo flego ao mercado, tanto na área de energia quanto de serviços, dada ao grande volume de capital estrangeiro injetado e as crescentes necessidades operacionais advindas das atividades, na sua grande maioria *offshore*. Vários trabalhos e publicações desse período chamam a atenção dessas transformações, Srour (2005), e das perspectivas futuras da matriz energética do Brasil (Tolmasquin, Guerreiro & Gorini, 2007).

Apesar dos esforços, no início da década de 2010, ocorreriam novas quebras frequentes de energia, fomentando mais uma vez as discussões sobre o setor. Dessa vez, conquanto tivesse havido um investimento em geração de energia, o problema agora estaria em sua distribuição (Rosa, 2011).

Na década seguinte seguem as publicações associadas aos sistemas não convencionais (Melo, Jannuzzi & Bajay, 2016; Rego & Ribeiro, 2018). Concomitantemente, nesse mesmo período, surgem novas linhas de publicações mais voltadas para a avaliação da matriz energética (Pottmaier *et al.*, 2013; Ferreira, 2012), as principais alternativas e usos da energia e seus impactos em setores específicos, notadamente na área da agricultura (Lamas & Giacaglia, 2013), e das indústrias (Lima, Ribeiro & Perez, 2018; Silva, Mathias & Bajay, 2018). Outro tema que vem despontando nos últimos tempos refere-se à energia com relação às variações climáticas, emissão de poluentes e meio-ambiente (Ferreira *et al.*, 2017; Lin, Ankrah & Manu, 2017).

Neste cenário, poucos estudos têm sido realizados sobre as implicações da atual matriz energética brasileira e suas possíveis alterações no cotidiano dos cidadãos, ou seja, no uso residencial, principalmente no que se refere à fontes alternativas como forma de suporte aos sistemas isolados existentes nos pontos mais remotos e que, de forma geral, apresentam uma infraestrutura em energia mais precária em relação ao restante do Brasil, seja nos grandes centros urbanos, onde apesar do maior presença das redes de distribuição, as realidades econômicas e sociais, muitas vezes fazem com

que famílias fiquem à margem do processo de acesso à mesma. Neste ambiente, propõe-se uma análise mais integrada do crescimento econômico, desenvolvimento social e as perspectivas de uma matriz energética mais diversificada voltada para o setor residencial.

3.5. Matriz Energética Brasileira

Ao observarmos a matriz energética brasileira, percebemos que a energia mais utilizada são as de origem fóssil e não renovável: o petróleo, o gás natural e o carvão mineral. O primeiro, maioritariamente encaminhado para os transportes, e secundariamente, junto com o gás natural e o carvão, para o uso industrial. Destacam-se ainda duas fontes de energia renováveis, a biomassa e a hídrica, respectivamente, para utilização na indústria e para a produção de eletricidade para uso doméstico.

Já quando nos referimos à energia elétrica os dados referentes ao ano de 2016, publicados pelo MME no relatório intitulado “Resenha Energética Brasileira 2017”, indicam uma oferta interna de energia total de 288,3 Mtep, dos quais, 43,5%, ou seja 125,3 Mtep são oriundos de energia renováveis, principalmente provenientes do etanol e bagaço (40,1%), hidro (28,9%) e a lenha e carvão vegetal (18,4%). Os outros 12,6 distribuem-se nas demais energias (eólica, solar, biodiesel (Figura 1).

Na mesma figura, podemos também observar a contribuição das energias não-renováveis e a grande contribuição dos combustíveis fósseis, designadamente óleo (64,6%) e gás (21,8%). Seguidas pelo carvão (9,8%), nuclear (2,6%) e gás industrial (1,2%).

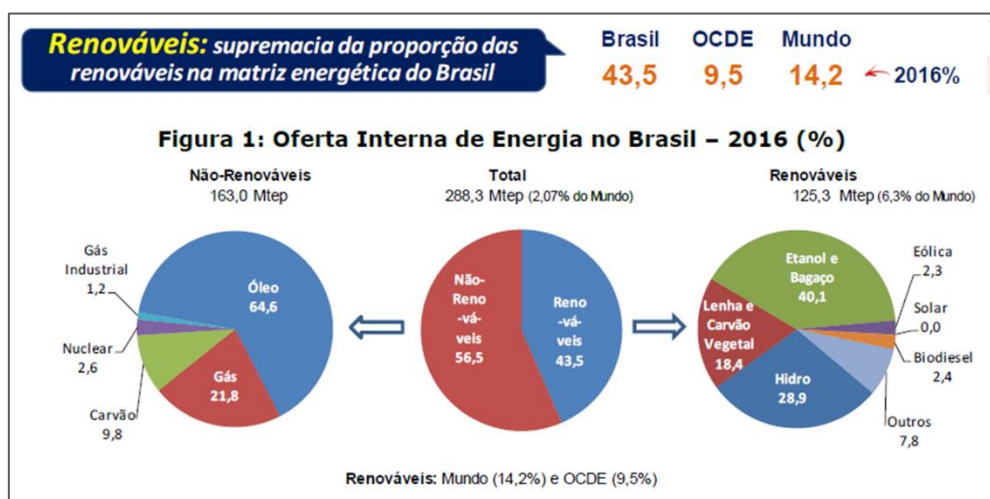


Figura 13. Oferta Interna de Energia no Brasil 2016.

Fonte: MME, 2017.

Ainda de acordo com os documentos do MME (2017) verificamos que durante os anos de 2015 e 2016 houveram variações na origem das energias ofertadas, no sentido em que houve um incremento de 2.2% nas energias renováveis em relação ao ano anterior. Quanto às energias

renováveis hidráulica e outras, nas quais se incluem a solar e a eólica, estas têm uma representatividade de 2% no total, valor mais notado que a energia renovável proveniente da cana-de-açúcar (0.6%), o que pode vir a representar a substituição de energias renováveis por outras mais limpas.

3.5.1. Energias Não Renováveis

Dentre as energias não renováveis e, conseqüentemente, mais poluentes utilizadas no Brasil, destacam-se a originada do petróleo e derivados com uma participação de 36,5% do total da demanda de energia interna (Figura 14) e a do gás natural, com uma participação de 12,3 % no cenário da oferta interna.

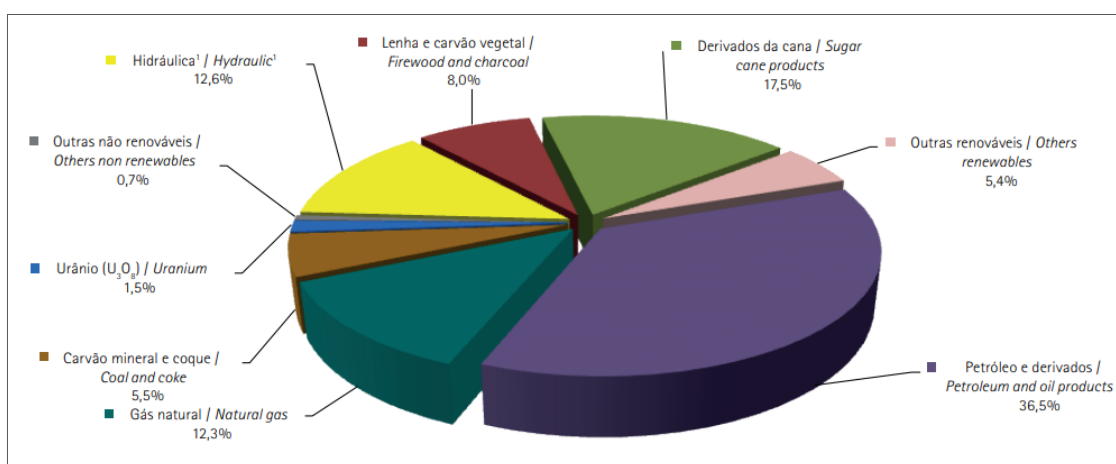


Figura 14. Oferta Interna de Energia.

Fonte: MME, 2017.

A produção nacional de petróleo cresceu 3% em 2016, atingindo a média de 2,52 milhões de barris diários, dos quais, 94,0% são de origem marítima (EPE Brasil, 2017). Basicamente, o aumento da produção deveu-se à entrada dos campos do pré-sal das bacias *offshore* de Campos e Espírito Santo.

Apesar no aumento da extração de petróleo, observou-se uma diminuição na produção de derivados nas refinarias, que teve uma redução de 6,8% em relação ao ano anterior. No total, o óleo diesel contribuiu com 40,1% e a gasolina 21,2% da produção.

Os impactos do arrefecimento da atividade econômica brasileira no referido ano podem ser percebidos pela diminuição do consumo de diesel, principal combustível utilizado durante os processos de transporte de produção. No mesmo ano, o aumento do consumo de gasolina foi justificado pelo preço mais competitivo em relação ao etanol hidratado. As relações finais entre a produção e o

consumo de petróleo podem ser observados na figura 15. Nela verificamos que apesar do aumento da produção, os

efeitos da crise começaram a ser sentidos a partir de 2013, através de uma diminuição considerável e contínua do consumo.

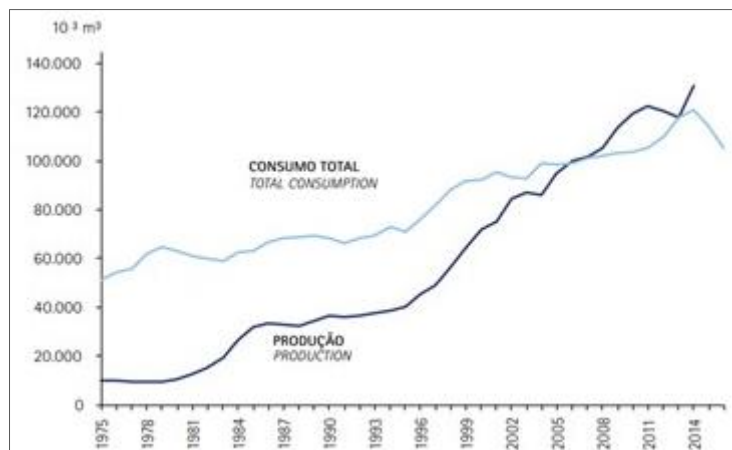


Figura 15. Produção e consumo de Petróleo.

Fonte: EPE Brasil, 2017.

Na figura 16, da distribuição setorial do consumo do petróleo, fica clara a importância do petróleo para o setor de transportes, também se chama atenção para a diminuição da sua utilização no setor industrial, quem vem ocorrendo desde meados da década de 80.

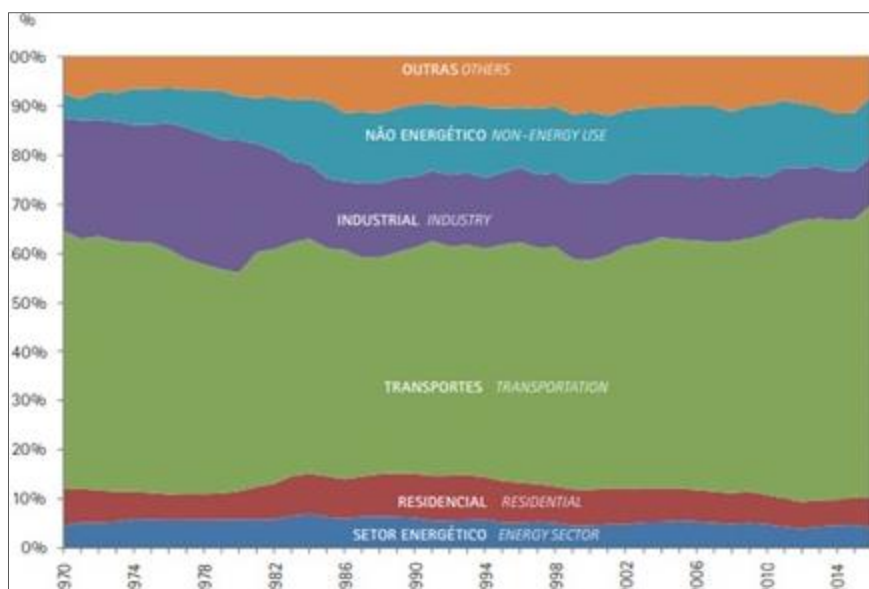


Figura 16. Composição setorial do consumo de Petróleo.

Fonte: EPE Brasil, 2017.

No ano de 2016 a produção diária ficou em torno de 103,8 milhões de m³/dia, com um volume de importação da ordem de 32,1 milhões de m³/dia, o que representa aproximadamente somente 2,6% do total de energia consumida no país.

Na figura 17, do gráfico do consumo total de derivados de petróleo e gás natural, fica nítida a queda na utilização principalmente com os transportes.

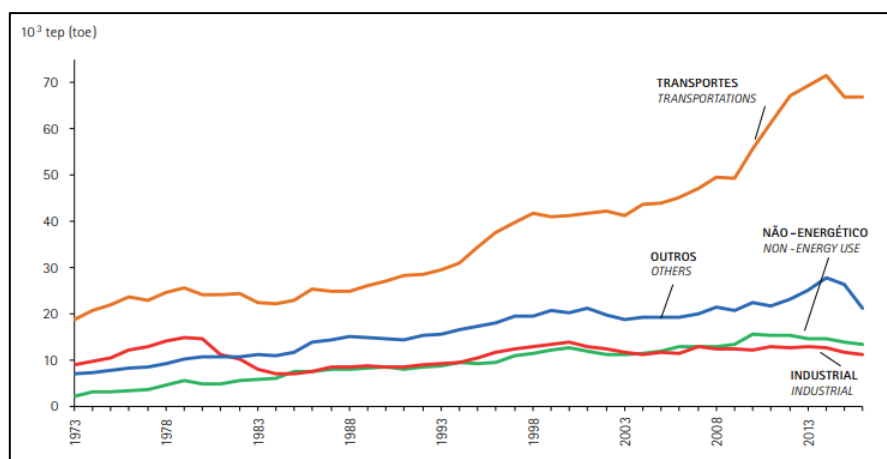


Figura 17. Consumo total de derivados de Petróleo e Gás Natural.

Fonte: EPE Brasil, 2017.

No mesmo período, numa escala muito menor, observa-se uma inflexão similar na produção industrial.

3.5.2. Matriz Elétrica e a Participação das Renováveis

Quando se fala em matriz elétrica, o Brasil tem uma expressiva hegemonia das fontes renováveis. No ano de 2016, do total de 619,7 TWh ofertados ao mercado interno, 81,7%, ou seja, 506,3 TWh foram de origem renovável, das quais bem mais da metade, 83,3%, vem da energia hídrica (Figura 18).

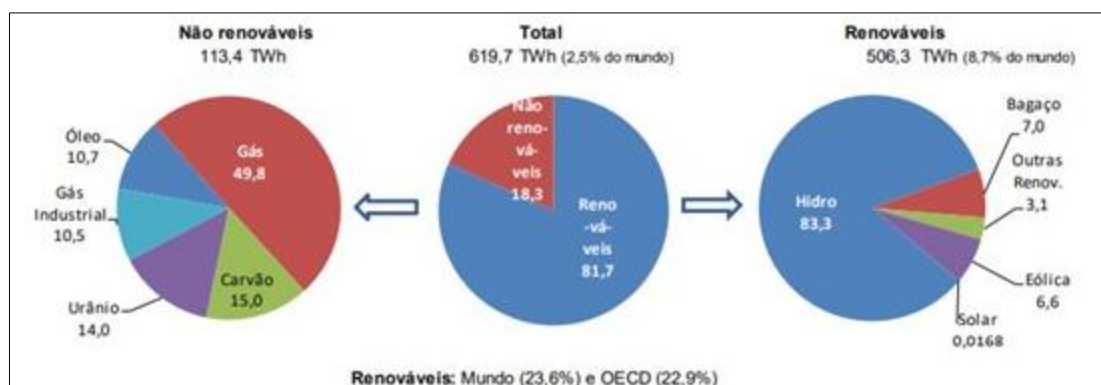


Figura 18. Oferta Interna de Energia Elétrica 2016.

Fonte: MME, 2017.

Na mesma figura podemos observar que em relação às energias não renováveis, pouco menos da metade, 49,8% é suprida pelo gás natural. No entanto, a outra metade é distribuída de forma mais homogênea entre as energias proveniente do óleo (10,7%), gás industrial (10,5%), urânio (14,0%) e carvão (15,0%).

Se compararmos os valores totais das ofertas internas de energia elétrica entre os anos de 2015 e 2016, verificamos que houve um aumento considerável da contribuição total das energias renováveis de origem hidráulica (3,1%) e solar (1,9%) na matriz elétrica. Em contrapartida, houve uma diminuição considerável das contribuições totais do óleo (-2,2%) e do gás natural (-3,8%). Apenas em relação à variação intrínseca de cada energia chama-nos a atenção o aumento de 54,95% da energia eólica e de 44,7% da energia solar, em detrimento da diminuição de -52,8% do óleo e -28,9% do gás natural.

Embora esses valores, para mais ou para menos, não sejam tão representativas em termos totais na matriz elétrica, podem estar mostrando uma forte tendência de redirecionamento da matriz elétrica brasileira.

3.5.3. O Sistema Elétrico Brasileiro

A estruturação do sistema elétrico brasileiro é constituída por dois principais sistemas: o Sistema Interligado Nacional (SIN) (Figura 19), responsável por grande parte da geração e distribuição, e pelos Sistemas Isolados. O primeiro caracteriza-se por um complexo sistema de produção e transmissão hidro-termo-eólico (este último, mais recente) de grande porte, com predominância de usinas hidroelétricas e com múltiplos proprietários. “O Sistema Interligado Nacional é constituído por quatro subsistemas: Sul, Sudeste/Centro-Oeste, Nordeste e a maior parte da região Norte. A interconexão dos sistemas elétricos, por meio da malha de transmissão, propicia a transferência de energia entre subsistemas, permite a obtenção de ganhos sinérgicos e explora a diversidade entre os regimes hidrológicos das bacias. A integração dos recursos de geração e transmissão permite o atendimento ao mercado com segurança e economicidade” (ONS, 2018).

Os sistemas isolados abastecem somente cerca de 3% da população, no entanto, essa população encontra-se distribuídas em 40% do território brasileiro, notadamente na região Norte, normalmente coberto por densa vegetação e/ou áreas de grande extensão e baixa densidade demográfica, além da ilha de Fernando de Noronha, como pode ser observado na figura 20.

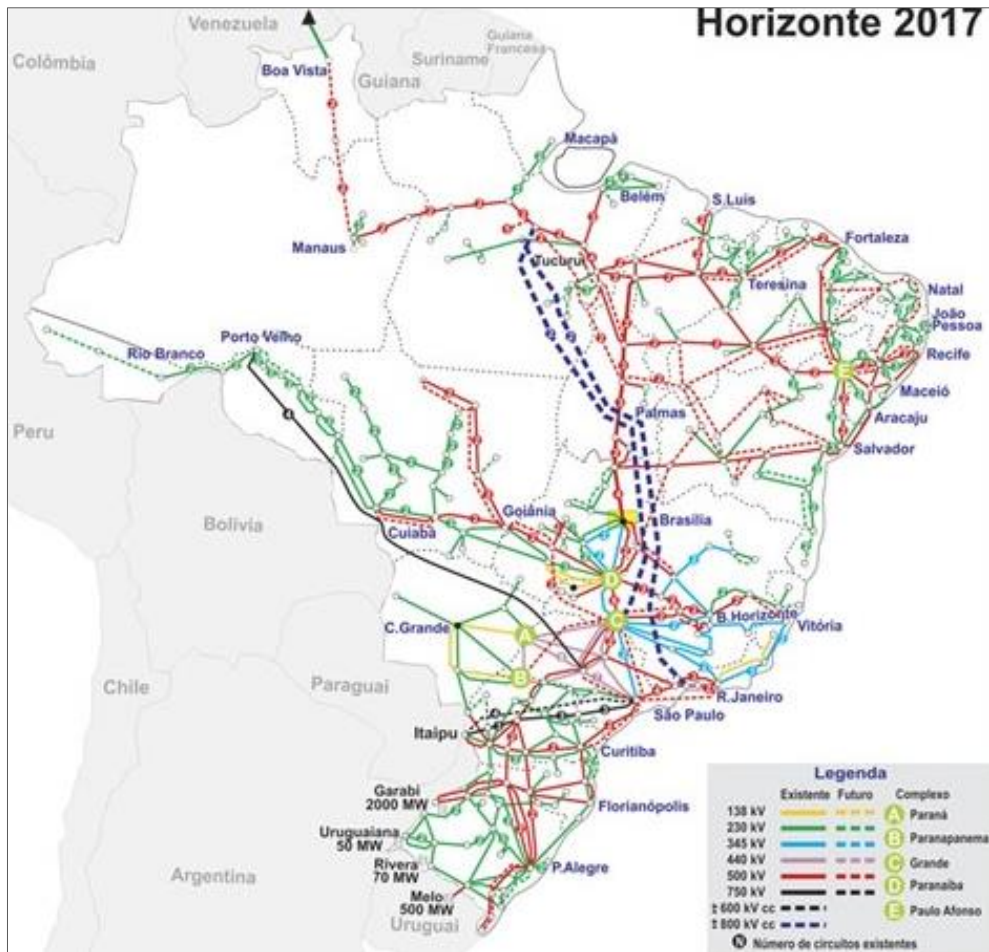


Figura 19. Sistema Integrado de Transmissão Horizonte 2017.

Fonte: ONS, 2018.

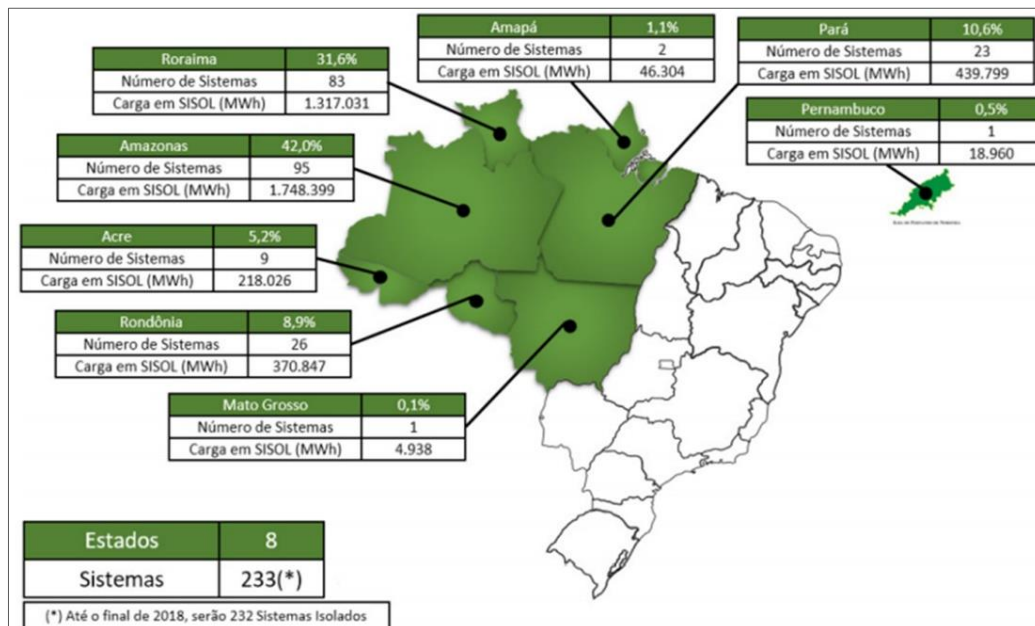


Figura 20. Distribuição geográfica dos Sistemas Isolados 2018.

Fonte: ONS, 2017.

Por definição “... *Sistemas Isolados são os sistemas elétricos de serviço público de distribuição de energia elétrica que, em sua configuração normal, não estejam eletricamente conectados ao Sistema Interligado Nacional - SIN, por razões técnicas ou econômicas*” (ONS, 2017)⁹.

Grande parte das 233 unidades destes sistemas constituem-se de várias unidades de usinas térmicas de pequeno porte, que utilizam óleo diesel como combustível e que tem na logística do abastecimento uma de suas principais dificuldades, e que devem contar ainda com uma capacidade de carga disponível para eventuais falhas do próprio sistema.

O sistema conta com uma participação do gás natural (1,9%), biomassa (1,4%) e geração hidráulica (0,9%), e os 95,7% restantes correspondem à participação do óleo combustível e principalmente do óleo diesel.

Chama-se atenção que, embora a grande maioria dos sistemas isolados sejam de pequeno porte, em torno de 4kW, alguns poucos podem ter uma carga bem mais elevada como é o caso do encontrado em Boa Vista, capital do Estado de Roraima, que pode atingir capacidade máxima de 233.000 kW podendo ainda ser necessária a importação de energia da Venezuela.

Vale aqui ressaltar os grandes transtornos causados pelos apagões de energia na cidade de Boa Vista, devido a dependência da rede de transmissão de energia proveniente da Venezuela no ano de 2020.

3.6. Consumo Energético e Desenvolvimento Económico

Como mencionado anteriormente, existe uma grande relação entre o desenvolvimento econômico e o consumo energético.

A tabela 6, a seguir, mostra a evolução da oferta interna de energia em relação ao PIB e à população, bem como o consumo residencial. Através dela, verificamos que tanto a oferta final de energia quanto a oferta interna de energia sobre o PIB e sobre a população vem experimentando o mesmo padrão de desenvolvimento, apresentando um ápice em 2014 e voltando a cair em seguida, enquanto a população residente apresenta um crescimento constante, como já foi mostrado na seção anterior. Ainda na tabela, em cinza, encontram-se assinalados os valores que estavam abaixo das máximas registradas em 2014.

Ao considerarmos as tabelas de consumo do setor residencial (Tabela 6), observamos o padrão constante de crescimento do consumo, condizente com o crescimento da população residente. No entanto, se formos analisar a natureza da utilização da energia residencial, seja para a cocção ou

⁹ V. <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-586/EPEFactSheetSistemasIsolados.pdf>

para a eletricidade, podemos observar que na verdade está havendo uma alteração nas relações de consumo. A diminuição percentual da energia utilizada para a cocção condiz com a satisfação das necessidades básicas, atreladas ao crescimento populacional e ao crescimento econômico percebido pelas famílias no período que vai de 2007 à 2012, ainda que não tenha sido um crescimento real, mas que permitia uma utilização mais nobre e diversificada para a energia identificada pelo aumento da OIEE/Pop. A partir desse período, observa-se uma estagnação na redução do percentual associado à cocção, que se mantém razoavelmente constante nos anos seguintes, enquanto se observa uma queda na relação OIEE/Pop que somente em 2019 consegue superar a máxima atingida em 2014.

Esses dois movimentos foram interpretados como consequências da crise que afetou o País na última década. O início da estagnação do percentual de cocção, (2013-2014) conquanto ainda se mantenha o OIEE/Pop, indica uma antecipação da crise. Numa fase posterior, a crise instalada a partir de 2014 se torna bem mais perceptível na maioria dos lares do País, ficando bastante visível através da estagnação do percentual de cocção ao mesmo tempo em que se observa uma diminuição efetiva do OIEE/Pop. Isso se explica pela preocupação das famílias em buscar um ajuste e equilíbrio financeiro através da economia e poupança em setores considerados mais supérfluos, como gastos com aquecimento d' água e ar condicionado levando assim à uma redução das utilizações mais nobres da energia, mantendo, contudo, o padrão das necessidades básicas como demonstrado pela manutenção do mesmo nível de energia para a cocção.

Tabela 6. Oferta interna de Energia / PIB / População – Consumo residencial.

	Unidade	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
OIE / OIEE														
OIE - Oferta Interna de Energia	TOE	238	251,9	243,1	268,8	272,2	283,3	296,3	305,5	299,9	288,4	293,7	289,9	294
OIEE - Oferta Interna de Energia Elétrica	GWh	483.981	505.331	505.824	505.447	567.644	592.753	611.169	624.317	615.650	619.693	625.682	636.375	651.285
OIE/PIB	TOE / 10 (3) US\$	0,096	0,096	0,093	0,096	0,093	0,095	0,097	0,099	0,101	0,101	0,101	0,098	0,099
OIE/Pop.	TOE/Percepta	1,249	1,308	1,250	1,368	1,373	1,415	1,468	1,501	1,468	1,400	1,414	1,385	1,394
OIEE/Pop.	KWh/hab	2.541	2.625	2.600	2.802	2.862	2.962	3.027	3.066	3.013	3.009	3.013	3.040	3.087
Setor Residencial														
Consumo Final de Energia	TOE	22.271	22.738	23.129	23.562	23.267	23.761	23.726	24.808	24.926	24.849	25.415	26.444	26.655
Consumo Final de Energia para Cocção	TOE	14.456	14.518	14.474	14.342	13.638	13.644	12.985	13.430	13.658	13.418	13.853	14.592	14.394
% de Energia p Cocção		65%	64%	63%	61%	59%	57%	55%	54%	55%	54%	55%	55%	54%

Elaboração própria. Adaptado de Fonte: EPE Brasil, 2017 e 2020.

Já a Tabela 7 mostra a oferta interna de energéticos pelo PIB, o que deixa uma indicação da participação e relevância de cada fonte energética para o desenvolvimento econômico do País. Nesta tabela chama-se a atenção para o contínuo crescimento da importância dos produtos derivados da cana-de-açúcar, a estabilidade do carvão mineral, as alternâncias entre o petróleo e seus derivados e a

energia hidráulica e elétrica, as duas principais fontes energéticas nacionais, e por fim a consequente diminuição da participação da lenha e carvão vegetal.

Tabela 7. Oferta Interna de Energéticos / PIB / População.

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Petroleo e Derivados / PIB	0,036	0,034	0,034	0,036	0,036	0,037	0,038	0,039	0,038	0,037	0,037	0,034	0,034
Hidráulia e Eletricidade / PIB	0,014	0,014	0,014	0,013	0,014	0,013	0,012	0,011	0,011	0,013	0,012	0,012	0,012
Carvão Mineral e Derivados / PIB	0,006	0,005	0,006	0,005	0,005	0,005	0,005	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,005
Lenha e Carvão Vegetal / PIB	0,012	0,011	0,011	0,009	0,009	0,009	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,009	0,009
Produtos de Cana de Açúcar / PIB	0,015	0,014	0,015	0,017	0,015	0,015	0,016	0,016	0,017	0,018	0,017	0,017	0,018

Fonte: EPE Brasil, 2017.

Outra análise bastante comum é a do consumo energético por setor. Na figura 21 é disponibilizado o consumo final de energia por setor sobre o PIB do respectivo setor, no qual podemos observar as variações nos anos 2010, 2015 e 2019. Através dele verificamos que dos quatro maiores consumidores, três pertencem aos setores da indústria, sendo a indústria de papel e celulose o maior consumidor, seguido pelos transportes, este sendo o único dos quatro que não pertencem ao setor industrial, e, por fim, os setores metalúrgicos e não metalúrgicos. Também tem uma certa expressividade os setores químicos e de alimentos e bebidas.

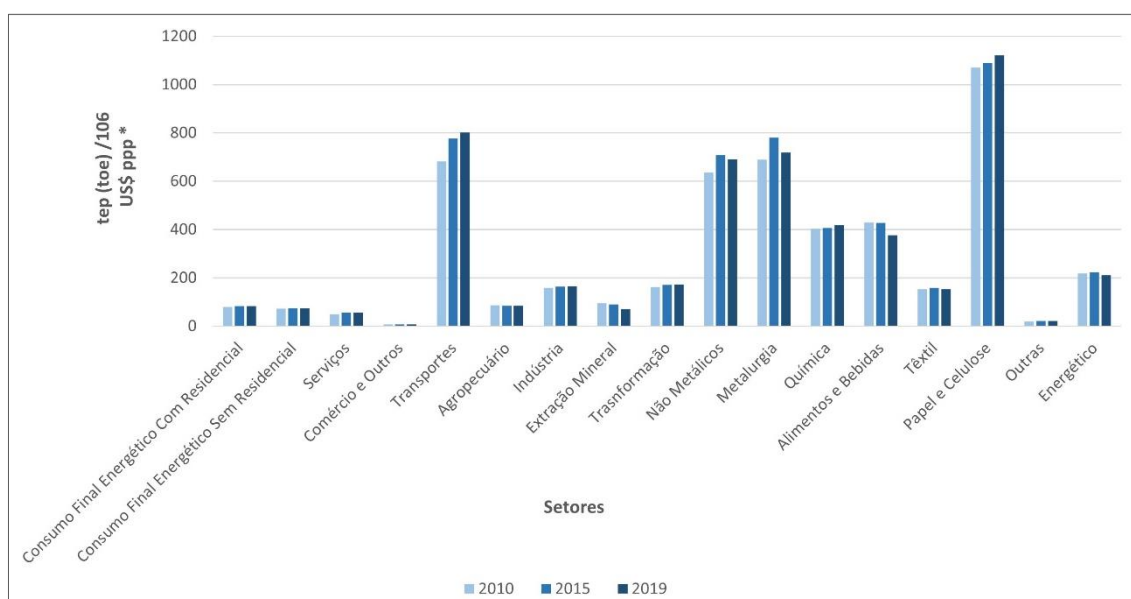


Figura 21. Consumo Final de Energia do Setor / PIB

Elaboração própria. Fonte: EPE Brasil, 2017 e 2020.

3.7. Caracterização da Pobreza Energética no Brasil

A complexidade estrutural, econômica e social do Brasil, mostrada nos itens anteriores, reflete-se também na complexidade de se determinar a pobreza energética no Brasil.

Todavia, do ponto de partida, sob a ótica da estruturação do sistema elétrico, identificamos dois tipos de pobreza energética bem distintas existente no Brasil: uma associada ao ambiente rural, caracterizada principalmente pela dificuldade estrutural do acesso à energia elétrica; e outra associada ao ambiente urbano, de natureza mais complexa, que também pode apresentar dificuldades estruturais, mas além disso, e principalmente, associado à dificuldade das famílias de manter suas contas de energia em dia.

Um terceiro setor identificado como também impactado pelo acesso à energia, que gostaríamos de mencionar, mas que, entretanto, não trataremos aqui, é o associado ao setor das indústrias, principalmente as de pequeno e médio porte e as de estrutura familiar.

3.7.1. A Pobreza Energética pela Ótica do Consumo: Disponibilidade de Serviços

Chama-se atenção ao fato de que, apesar do sistema ser concebido para que se ajuste às necessidades de todo o território, ainda assim, na última POF (2019) ficou constatado que dentre todos os domicílios cuja origem da energia elétrica é proveniente da rede geral, 64,0% das pessoas acreditam que o fornecimento é em tempo integral e a avaliam como boa, no entanto, 26,4% a consideram satisfatória, e 7,3% a consideram ruim (Tabela 8). Ainda na tabela, podemos verificar que existe um percentual de 1,7% dessa população que se encontra com o fornecimento intermitente.

Tabela 8. Oferta de serviços públicos por padrão de vida familiar.

Ofertas de Serviços Públicos	Proporção de pessoas das famílias residentes, por avaliação do padrão de vida familiar, em relação a moradia (%)		
	Bom	Satisfatório	Ruim
Frequência de fornecimento de energia elétrica proveniente de rede geral	64,0	26,4	7,3
Diariamente em tempo integral	0,6	0,3	0,1
Diária, por horas	0,4	0,2	0,1
Outra frequência			
Frequência de disponibilidade de água proveniente de rede geral	47,1	18,5	4,6
Diariamente	4,2	1,9	0,6
De 4 a 6 dias na semana	4,1	1,9	0,8
Menos de 4 dias			
Forma de escoamento de esgoto	41,3	15,8	3,9
Rede geral, rede pluvias ou fossa ligada à rede	23,6	10,9	3,5
Outras formas			
Principal destino dado ao lixo	54,8	22,0	5,8
Coletado diariamente por serviços de limpeza	4,3	1,9	0,6
Coletado com caçamba de serviço de limpeza	6,2	3,2	1,2
Outras formas			

Adaptado de Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Trabalho e Rendimento, Pesquisa de Orçamentos Familiares 2017-2018.

Se consideramos a premissa do fornecimento de “qualidade, seguro e de confiança”, por essa tabela teríamos um total de 9% da população ligada à rede geral em situação de pobreza energética, sem contar os domicílios sem qualquer acesso à energia elétrica.

3.7.2. A Pobreza Energética pela Ótica do Acesso: o Meio Rural

A pobreza energética no meio rural já vem sendo percebida e estudada há mais tempo. Ribeiro & Santos (1994) já apontava para possíveis distorções no aporte de eletricidade no meio rural, indicando uma proporção de apenas 1 para cada 4 propriedades rurais com acesso à eletricidade, sendo essa uma realidade presente mas comumente negado pelas instâncias governamentais, pelas concessionárias e pela engenharia de distribuição “voltada para a excelência e avessa as simplificações tecnológicas necessárias”.

A própria estruturação do sistema elétrico brasileiro, como foi concebida, mostra-se extremamente eficiente e abrangente para a grande maioria da população do território nacional, todavia, mostrou-se inconsistente e inadequada para atender as necessidades dos pequenos consumidores rurais que tem um poder aquisitivo menor e que vivem em locais mais afastados.

Para tentar solucionar essa situação, como mencionado na seção 2.4.2, o Governo Federal, em associação com outras instâncias públicas e em alguns casos privadas, vem desenvolvendo uma série de projetos que permitiram levar a eletrificação ao meio rural e muitos são os benefícios decorrentes desse acesso.

Ribeiro & Santos (1994) mostra os efeitos sobre uma perspectiva local na região sul do Brasil, e Cruz (2004) fala sob um ponto de vista mais amplo, que numa atualização sobre a ótica de Ribeiro & Santos (1994) mostra em sua publicação uma série de benefícios em diferentes esferas, algumas das quais podemos citar os diretamente observados na comunidade rural atendida, no setor econômico e setor público.

Os benefícios diretos para as comunidades rurais consistem principalmente do aumento da produtividade doméstica: saúde, educação, conservação de alimentos; aumento da produtividade agrícola, irrigação; maior integração à nação através de um melhor acesso às notícias; desencorajamento da imigração, entre outros.

Para o sistema econômico os benefícios já são percebidos na indústria, com a criação direta da demanda efetiva em toda a cadeia que envolve a implantação do projeto: equipamentos, mais diversos para a instalação e transmissão; setor de serviços desde a elaboração à montagem final; após a instalação da rede, tem-se a expectativa que o impacto se dará sobre a cadeia da indústria de eletrodomésticos para que atenda a nova demanda.

Os benefícios para o setor público estão associados: com o aumento da arrecadação de impostos devido ao aumento de bens de consumo; diminuição do êxodo rural, levando a uma diminuição dos custos com infraestrutura urbana, mais cara que a rural; diminuição do desemprego nos grandes centros urbanos e diminuição dos conflitos de terra. O autor cita o Banco Mundial, “para cada dólar gasto em rede elétrica, o agricultor gasta cinco, em dois anos, em equipamentos elétricos” (Banco Mundial *apud* Cruz, 2004, s.p.), e segundo o mesmo autor, citando Alencar (1998), diz que de acordo com as arrecadações vigentes “tem-se que cada dólar investido em eletrificação rural retornaria 1,5 dólar para o governo, em dois anos (*ibidem*)”. Considerando os dois autores, visto que se tratam de áreas distintas, pode-se considerar que para cada dólar investido em eletrificação poderá haver até 6,5 dólares de retorno em 2 anos.

Na altura, os estudos iniciais do BNDES, indicavam que para cada US\$ 1 milhão aplicados na área rural (não só em programas de eletrificação) são criados 182 empregos diretos. A expectativa era que o programa Luz no Campo, fosse capaz de gerar cerca de 450.000 empregos diretos no País.

Embora nos últimos anos se perceba um aumento da oferta de outras fontes de combustíveis para uso residencial, a lenha ainda se encontra bastante presente nesse cotidiano, seja por questões sociais, econômicas ou mesmo culturais. A lenha ou carvão vegetal é utilizada em torno de 16,1% dos domicílios brasileiros, abrangendo cerca de 33 milhões de pessoas. Estima-se que no ano de 2016 o consumo de lenha residencial representou 26,5% da lenha produzida no Brasil.

Os resultados do consumo per capita variam de acordo com a fonte (IBGE, EPE, Gioda), todavia, giram em torno de 605Kg anuais. Com base nos dados de 2016 foi estimado um consumo de 1,7 Kg/pessoa/dia, no entanto, estudos *in loco* mostraram variação de 0,7 a 8,5 Kg/pessoa/dia (Gioda, 2019). Através da tabela 9 pode-se ter uma ideia do quão distinto é o consumo de lenha no Brasil, em que o menor consumo identificado foi de 0,71 Kg/pessoa/dia na zona urbana de Lages-SC, localizada na região Sul do Brasil, enquanto que o maior consumo observado foi de 8,51 Kg/pessoa/dia na zona rural de Fonseca-MG, região Sudeste do Brasil.

A região Nordeste é a região que mais demanda a lenha para fins de cocção, em torno de 60%, todavia, esse número pode aumentar em momentos de crise econômica e/ou aumento das tarifas nos derivados de petróleo e energia elétrica, afetando diretamente na percepção do nível de pobreza energética observada principalmente nessas áreas.

Tabela 9. Consumo diário de lenha (kg/pessoa/dia) utilizado na cocção no Brasil, segundo vários autores.

Estado	Local	Rural - Urbana	Consumo diário (kg/pessoa/dia)	Referência	Paper
RS	CENERGS	Zona rural	1,96	Vale et al., 2003	Estimativa do Consumo Residencial d. e Lenha em uma Pequena Comunidade Rural do Município de São João D'aliança, GO.
SC	Lages	Zona urbana	0,71	Passos et al., 2016	Características do consumo residencial de lenha e carvão vegetal.
MG	CEMIG	Zona rural	4,00 - 6,03	Mata & Souza, 2000	Estimativa do consumo residencial de lenha num distrito do Estado de Minas Gerais, Brasil.
MG	Fonseca	Zona rural	8,51	Mata & Souza, 2000	Estimativa do consumo residencial de lenha num distrito do Estado de Minas Gerais, Brasil.
MG	Fonseca	Zona urbana	6,21	Mata & Souza, 2000	Estimativa do consumo residencial de lenha num distrito do Estado de Minas Gerais, Brasil.
MG	Cachoeira de Santa Cruz	Zona urbana e rural	3,34	López, Silva & Souza, 2000	Consumo residencial de lenha em Cachoeira de Santa Cruz, Viçosa-MG, Brasil.
GO	São JoãoD'aliança	Zona rural	3,51	Vale et al., 2003	Estimativa do Consumo Residencial d. e Lenha em uma Pequena Comunidade Rural do Município de São João D'aliança, GO.
PE	Petrolina	Zona rural	1,88	Borges Neto, Lopes & Carvalho, 2006	Consumo energético residencial rural não eletrificado do município de Petrolina-PE.
PB	Semi-Árido daParaíba	Zona rural	3,2	Oliveira et al., 2002	Avaliação econômica da vegetação de cerrado submetido a diferentes regimes de manejo.
PB	Litoral Norte da Paraíba	Zona rural	2,63	Bezerra & Aguiar, 2011	Estimativa do consumo residencial de lenha em oito pequenas comunidades rurais do complexo da empresa Miriri Alimentos e Bioenergia, PB.
PB	Patos	Assentamentos	5	Cunha & Branquinho Nunes, 2008	Proteção da natureza e conflitos ambientais em assentamentos rural.
NE	Mata Atlântica nordestina	Zona rural	1,88	Specht et al., 2015	Burning biodiversity: Fuelwood harvesting causes forest degradation in human-dominated tropical landscapes.
	Brasil: 1) até 3 salários mínimos 2) de 3 a 5 salários mínimos	Indefinido	5,33	Achão, 2003 Andrade, Assis & Pinheiro, 2010	Análise da estrutura do consumo de energia pelo setor residencial brasileiro (Achão, 2008).
			7		Consumo de energia em edificações de baixa renda no Brasil (Andrade, Assis & Pinheiro).
	Brasil	Indefinido	1,66	Gioda, 2019	Características e procedência da lenha usada na cocção no Brasil
	Brasi	Indefinido	2,76	Sgarbi, 2013	Modelos de transição energética residencial e o acesso a serviços energéticos limpos: Uma análise a partir de dois estudos de caso.
	Brasil	Indefinido	2,74	Brito, 2007	O uso energético da madeira.
	Mundo	Indefinido	1,92	Ramos et al., 2008	Can wood quality justify local preferences for firewood in an area of caatinga (dryland) vegetation?

Adaptado de (Fonte: Gioda, 2019).

3.7.3. A Pobreza Energética no Meio Urbano

A pobreza energética no meio urbano é bem mais difícil de ser avaliada. As perdas devido a furtos de energia é um problema recorrente nas áreas urbanas de muitos Estados, e surge em decorrência dos efeitos econômicos sobre a demanda de energia que a sociedade moderna exige em oposição às condições econômicas dos cidadãos, em geral extrapolando a responsabilidade das distribuidoras, sendo fruto da ausência do Estado, que resulta na falta de segurança e na ausência de mecanismos para coibir a informalidade (Sales, 2019).

Atenta a esse tipo de problema no processo de revisão tarifária, a ANEEL define as PNTs (Perdas Não Técnicas) que correspondem às perdas comerciais derivadas de furtos e fraudes. Os cálculos dos custos das PNTs são repassados para o consumidor final e variam em cada área de concessão em razão de suas características socioeconômicas, e são calculadas a partir de modelos estatísticos que levam em conta fatores locais e inerentes a cada região. Com o intuito de entender melhor as necessidades energéticas de uma população tão diversificada, procedeu-se uma busca por uma classificação da população urbana, e dessa forma foram identificados os “Aglomerados

Subnormais”, uma nova classificação do IBGE, que a partir do censo de 2010¹⁰ deu início à coleta e divulgação de novas informações denominadas “Aglomerados Subnormais”, nomenclatura esta “que engloba os diversos tipos de assentamentos irregulares existentes no País, como favelas, invasões, grotas, baixadas, comunidades, vilas, ressacas, mocambos, palafitas, entre outros”.

Com características bem distintas dentro do ambiente urbano, os aglomerados subnormais apresentam um desenvolvimento que recentemente vem sendo acompanhado mais de perto pelas entidades responsáveis, e uma forma de se analisar esse desenvolvimento é através dos registros de evolução de bens do domicílio. Embora a média da evolução de bens por domicílios nos últimos anos seja relativamente alta (Tabela 10), se observarmos a relação de bens entre os residentes dos aglomerados subnormais e os das outras áreas, a diferença pode chegar a até cerca de 28% (Tabela 11). Nesta mesma tabela pode-se ter uma ideia da dimensão das diferenças na demanda energética entre essas duas classificações de população dentro de um ambiente urbano.

Tabela 10. Domicílios e Moradores, por posse de bens, percentual de moradores em domicílios (%).

Posse de Bens	2016	2017	2018	2019
Geladeira	98,4	98,4	98,3	98,3
Maquina de lavar	63,8	64,5	65,6	66,8
Carro	49,6	49,9	51,2	51,9
Motocicleta	24,7	25,3	25,2	25,9
Carro e Motocicleta	11,9	12,4	12,8	13,5

Elaboração própria. Fonte: IBGE - Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua Anual.

Tabela 11. Proporção de domicílios com bens duráveis, por aglomerados subnormais e outras áreas - ano de 2010.

	2010	
	Aglomerados Subnormais	Outras Áreas
Automóvel para uso particular	17,8%	48,1%
Motocicleta para uso particular	10,3%	11,3%
Computador com acesso a internet	20,2%	48,0%
Microcomputador	27,8%	55,6%
Geladeira	95,1%	97,9%
Máquina de lavar roupa	41,4%	66,7%
Televisão	96,7%	98,2%
Rádio	78,4%	85,0%

Elaboração própria. Fonte: IBGE, 2010.

Outro fator relevante de diferenciação dos agregados subnormais é dado pelo número médio de integrantes da família que, como ressaltado em cinza na tabela 3 da seção 3.3, costuma ser maior que

¹⁰ V. <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9662-censo-demografico-2010.html?edicao=9678&t=sobre>

a média nacional obtida para áreas urbanas convencionais e mais próximo a valores de referência da área rural, historicamente mais elevados.

No que se refere às diferenças dos consumos energéticos entre as residências urbanas e rurais, as energias despreendidas na cocção e no arrefecimento do lar são os grandes diferenciais (Tabela 12).

Tabela 12. Estrutura do consumo de energia final no setor residencial, segundo usos finais – 2014.

Usos finais	Participação no Consumo Total (%)		
	Total	Urbana	Rural
Cocção	33,3	32,6	55,7
Aquecimento de água	14,7	14,9	10
Iluminação	7,6	7,6	7,1
Refrigeração de alimentos	13,8	13,9	11,5
Condicionamento de ar	16,5	16,9	5,9
Outros Usos	14	14,2	9,8
Total	100	100	100

Elaboração própria. Fonte: dados com ano base 2014.

No primeiro caso com 32,6% de uso em áreas urbanas e 55,7% de uso nas áreas rurais, e no que se refere a arrefecimento, 16,9% em domicílios urbanos contra 5,9% em domicílios rurais.

3.8. Perspectivas das Novas Renováveis no Brasil

Ao se avaliar as perspectivas para diversificação de matriz energética, seja ela onde for, é importante verificar as condicionantes naturais que permitam gerar os recursos energéticos e os seus respetivos custos financeiros.

3.8.1 Viabilidade Técnica

As energias solar fotovoltaica e a eólica são as duas grandes apostas para o futuro da geração energética no Brasil em direção a uma matriz cada vez mais limpa. Devido a sua condição geográfica,

observar o mapa de disponibilidade solar em horas para todo o País (Figura 22), verificamos que em grande parte do território apresenta mais de 4 horas de radiação útil para geração de energia elétrica a partir de fonte solar fotovoltaica.

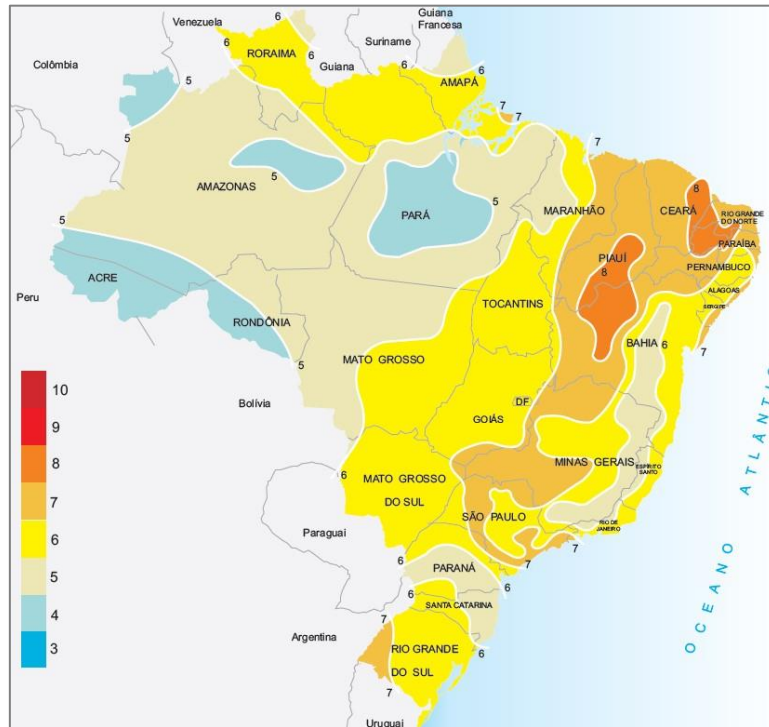


Figura 22. Disponibilidade solar no Brasil.¹¹

Já o potencial eólico, como pode ser verificado nos mapas em cores (Figura 23) e no de indicações por setas (Figura 24), apresenta-se mais promissor próximos às áreas litorâneas, principalmente nos Estados da região Nordeste, por apresentar ventos mais favoráveis e relevos pouco acidentados.

Chama-se a atenção para o fato de serem algumas das regiões mais áridas e pobres do Brasil e a possibilidade de instalação de parque eólicos pode significar geração de empregos e divisas para essas regiões. Dessa forma, a geração de energia através das novas fontes renováveis contribuiria não só para a diminuição da pobreza energética nacional como um todo, mas também da pobreza generalizada que se percebe a nível local.

¹¹ V. <https://blog.bluesol.com.br/wp-content/uploads/2017/05/disponibilidade-solar-no-brasil.jpg>

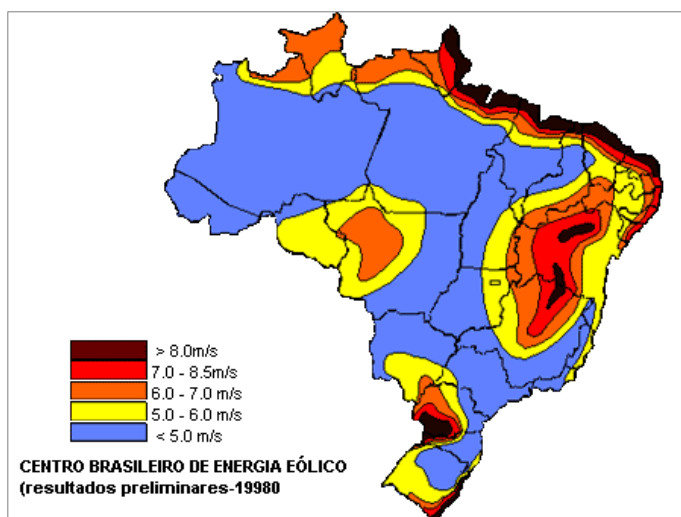


Figura 23. Energia Eólica – Perspetivas Futuras.¹²



Figura 24. Potencial Eólico brasileiro.¹³

Outro fator que deve-se ter em conta quando se pensa em inserir novas tecnologias em contextos sociais é a capacitação da mão-de-obra, através de programas de capacitação que possibilitem o aproveitamento, inclusive e/ou principalmente da mão-de-obra local.

¹² V. https://ambientes.ambientebrasil.com.br/energia/eolica/perspectivas_futuras.html

¹³ V. http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/atlas_eolico/Atlas%20do%20Potencial%20Eolico%20Brasileiro.pdf

3.8.2. Custo da Energia Elétrica no Brasil

Num recente estudo realizado pelo CCEE (Camara de Comercialização de Energia Elétrica), com o objetivo de apresentar o custo final das energias renováveis, foram avaliados os valores de produção associados à geração das usinas eólicas, solares, térmicas a biomassa e Pequenas Centrais Hidroelétricas (PCHs), entre os anos de 2015 e 2019. Para tanto foram considerados “os custos médios dos leilões, despacho de usinas termelétricas, controle secundário de frequência, *superávit/ déficit* de energia no Mecanismo de Realocação de Energia – MRE, deslocamento de geração hidrelétrica e recaptação do risco hidrológico” (CCEE, 2020).

O estudo indicou que considerando os preços de contratação, a energia eólica é a que apresentou os menores custos nos últimos cinco anos, apesar dos valores adicionais devidos ao despacho de termoeletricas e controle secundário de frequência em decorrência da geração intermitente típica desse tipo de fonte. O valor máximo de R\$ 230,9/MWh foi registrado em 2016, em virtude do adicional de 25% de acionamento das usinas térmicas. Nos anos seguintes aos valores ficaram em torno de R\$189,00/MWh (Figura 25).

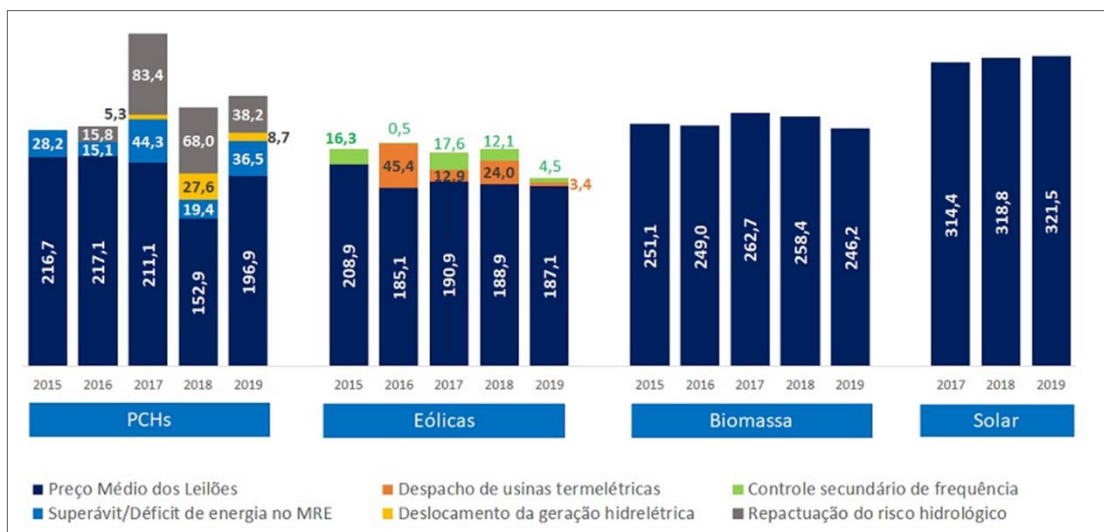


Figura 25. Composição dos custos anuais por fonte (R\$/MWh).

Fonte: CCEE, 2020.

Seguem-se as fontes de energias térmica a biomassa com custo médio de R\$ 253,5/MWh, e as PCHs, que, apesar dos custos dos leilões serem menores, o custo final torna-se mais elevado em virtude dos acréscimos. Por último a que apresenta o custo mais elevado é a energia solar, por ter sido a primeira a ser contratada em leilões.

Devido à atual crise hídrica que vem despontando no decorrer desse trabalho, tem-se percebido uma disparada do preço da energia com contratos sendo vendidos a cerca de R\$ 475,00/MWh no segundo semestre de 2021, contra os cerca de R\$ 175,00/MWh observado em

meados de março de 2021. Agrava-se a situação hídrica com a parada programada da Plataforma de Mexilhão e do gasoduto Rota 1 da Estatal Petrobras, provocando, nesse período, uma diminuição no fornecimento de energia oriunda da geração de termoeletrica a gás de até 3GWt de uma capacidade total de cerca de 15Giga (Jornal Nova Cana, 2021).

Essa expressão de variação de valores observados nesse curto espaço de tempo dá-nos uma ideia da dimensão da importância da diversificação das fontes de energias, sejam elas não renováveis, mas principalmente renováveis no contexto energético brasileiro, e que com certeza impactará diretamente nas despesas finais do consumidor.

A composição do preço final ao consumidor é formada pela tarifa elétrica, que corresponde ao valor cobrado pela prestação de serviços de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica. Esses valores normalmente sofrem um ajuste anual, são distintos para cada região e estão disponíveis no site da ANEEL. Considerando somente as capitais e os dados disponíveis em 25/05/2021, Belém (PA) era a capital com a maior tarifa, no valor de 0,703 R\$/kWh, e Macapá (AP) era a que apresentava a menor tarifa, no valor de 0,505 R\$/kWh. Vale notar que ambas as capitais se encontram na região Norte do País, uma região que, como já colocamos anteriormente, apresenta dificuldade logística de acesso ao SIN. Soma-se à tarifa de energia elétrica o valor dos impostos, alguns destes com variações mensais além das PNTs.

Com o intuito de informar e conscientizar os consumidores finais sobre as grandes variações sazonais observadas nas tarifas elétricas, alertando para o desperdício de energia elétrica, a partir de 2015 entrou em vigor o sistema de “Bandeiras Tarifárias”, um sistema desenvolvido pela ANEEL para indicar as condições de geração de energia em cada mês. Na bandeira verde não é feito nenhum acréscimo à conta final. Já com as novas tarifas que entraram em vigor em 01/07/2021 a bandeira amarela apresenta um acréscimo de R\$ 0,01874 para cada quilowatt-hora (R\$/kWh) consumido, enquanto que as bandeiras vermelha Patamar 1 e Patamar 2 tem um acréscimo de R\$ 0,03971 (R\$/kWh) e R\$ 0,09492 (R\$/kWh), respectivamente.

4. DADOS E METODOLOGIA

A primeira etapa para a construção do modelo constou de uma pesquisa bibliográfica, onde buscou-se identificar de uma forma mais ampla as características gerais do modelo energético brasileiro, principalmente no tocante à geração e transmissão de energia e no reconhecimento do mercado consumidor, e em seguida, de uma forma mais focada, a configuração da matriz elétrica brasileira e o consumo residencial.

Através do reconhecimento do mercado consumidor, da análise da sua dinâmica e razões pelas quais assumiu sua configuração atual, buscou-se verificar as principais alterações ocorridas nos últimos anos e que justifiquem uma reavaliação do potencial da matriz energética atual.

Para tanto, os dados econômicos e sociais mais relevantes que impactam na construção do modelo são: crescimento do PIB, crescimento populacional e as informações sobre o consumo energético residencial no Brasil e suas implicações na matriz energética.

4.1. Dados

Neste estudo optou-se por utilizar a base de dados históricos entre 1990 e 2010, que já constava do ficheiro LEAP fornecido pelo SEI sobre a América Latina, de onde foi isolada a região do Brasil. Os principais deles incluem a população (*Population forecasts from the UN World Population Prospects 2010 Revision*), o PIB (*World Bank, World Development Indicators 2011*), e a demanda energética (a matriz energética de fontes por setores, obtida dos balanços energéticos da Agência Internacional de Energia). O período entre 2011 e 2020 foi utilizado para testar a simulação e validar com os dados históricos oficiais obtidos nos respectivos órgãos governamentais, sendo os dados de 2020 desconsiderados devido aos efeitos da pandemia, as projeções, por sua vez, vão de 2020 à 2050.

Com base nos estudos realizados e mostrados nas seções 3.1 e 3.2 sobre os dados históricos e projeções de população e PIB, obtidos junto aos principais órgãos estatísticos do Governo Brasileiro, a saber, IBGE, BNDES, MME e EPE, validou-se e ajustou-se a base de dados referentes a essas duas variáveis que já constavam no LEAP entre os anos de 1990 e 2010, sendo este último o ano base. Os resultados das projeções obtidas através da modelagem LEAP, no período entre 2011 e 2020 (com ressalvas para este último), uma vez confrontados com os dados históricos para o mesmo período, foram utilizados para validar o modelo. Uma vez validado, utilizamos as projeções de PIB e população para os anos compreendidos entre 2021 e 2050, que mais uma vez foram confrontadas com as

projeções obtidas nos estudos socioeconômicos desenvolvidas pelos órgãos governamentais competentes. Os resultados históricos e das projeções validadas foram mostradas nas figuras 10 e 11, nas seções 3.1 e 3.2.

A tabela 13, a seguir, mostra a matriz energética obtida para o ano base de 2010. Nela é possível observar os suprimentos, a transformação, a demanda e a participação das respectivas fontes energéticas associadas.

Tabela 13. Matriz Energética Brasileira em 2010.

REFERÊNCIA (Ano: 2010) (Milhões de TOE)	Eletricidade	Gás Natural	Petroleo e Derivados	GLP	Carvão	Biomassa	Solar	Hidro	Nuclear	Total
Produção	-	12,3	-	99,3	-	75,9	-	34,7	4,0	226,1
Importação	3,7	9,5	15,6	19,7	11,8	0,0	0,2	-	-	60,5
Exportação	-0,1	-	-8,2	-22,4	-0,0	-2,7	-	-	-	-33,3
Suprimento Primário TOTAL	3,6	21,8	7,5	96,6	11,8	73,2	0,2	34,7	4,0	253,3
Liquefação	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Refino de Petroleo	-	-	95,6	-96,6	-	-	-	-	-	-1,0
Geração Elétrica	43,5	-5,9	-4,1	-	-3,7	-4,0	-0,1	-34,7	-4,0	-12,9
CHP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Calor	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Conversão Energética	-1,6	-4,7	-4,9	-	-0,3	-13,3	-	-	-	-24,8
Perdas de Distribuição	-6,6	-0,1	-0,1	-	-0,3	-0,2	-	-	-	-7,4
Transformação TOTAL	35,2	-10,7	86,5	-96,6	-4,3	-17,5	-0,1	-34,7	-4,0	-46,0
Residencial	8,2	0,2	6,1	-	-	8,2	-	-	-	22,7
Agricultura	1,6	0,0	5,8	-	-	2,5	-	-	-	9,9
Serviços	8,3	0,2	1,1	-	-	0,2	-	-	-	9,7
Industria	17,0	8,0	12,3	-	6,5	32,8	0,2	-	-	76,8
Transportes	0,1	2,0	48,1	-	-	12,0	-	-	-	62,3
Uso Não Energético	-	0,7	13,1	-	0,1	-	-	-	-	13,9
Demanda TOTAL	35,2	11,1	86,5	-	6,7	55,7	0,2	-	-	195,4
Não Identificados	-3,6	-	-7,5	0,0	-0,9	-	-	-	-	-12,0

Uma forma bastante rápida e intuitiva de se visualizar a configuração do sistema energético como um todo de um país, ou uma dada área de estudo, é através do Diagrama de Matriz Energética, ou também designado de gráfico *Sankey*. Através dele, podemos perceber melhor de uma forma mais visual, a origem das fontes de energia e seu principal emprego. A figura 25, gerada a partir da tabela acima, mostra o diagrama da matriz energética de 2010, ano base do nosso estudo, no qual, do lado esquerdo, são mostradas as fontes de energia, que neste caso tem nos combustíveis fósseis, petróleo e GLP, suas principais fontes, seguida pelas renováveis, de biomassa e a de origem hídrica. No lado direito, estão dispostas as demandas sendo as maiores demandas de energia para o uso industrial e nos transportes, também chama-se atenção para as perdas energéticas, o que pode representar um grande valor passível de ser trabalhado.

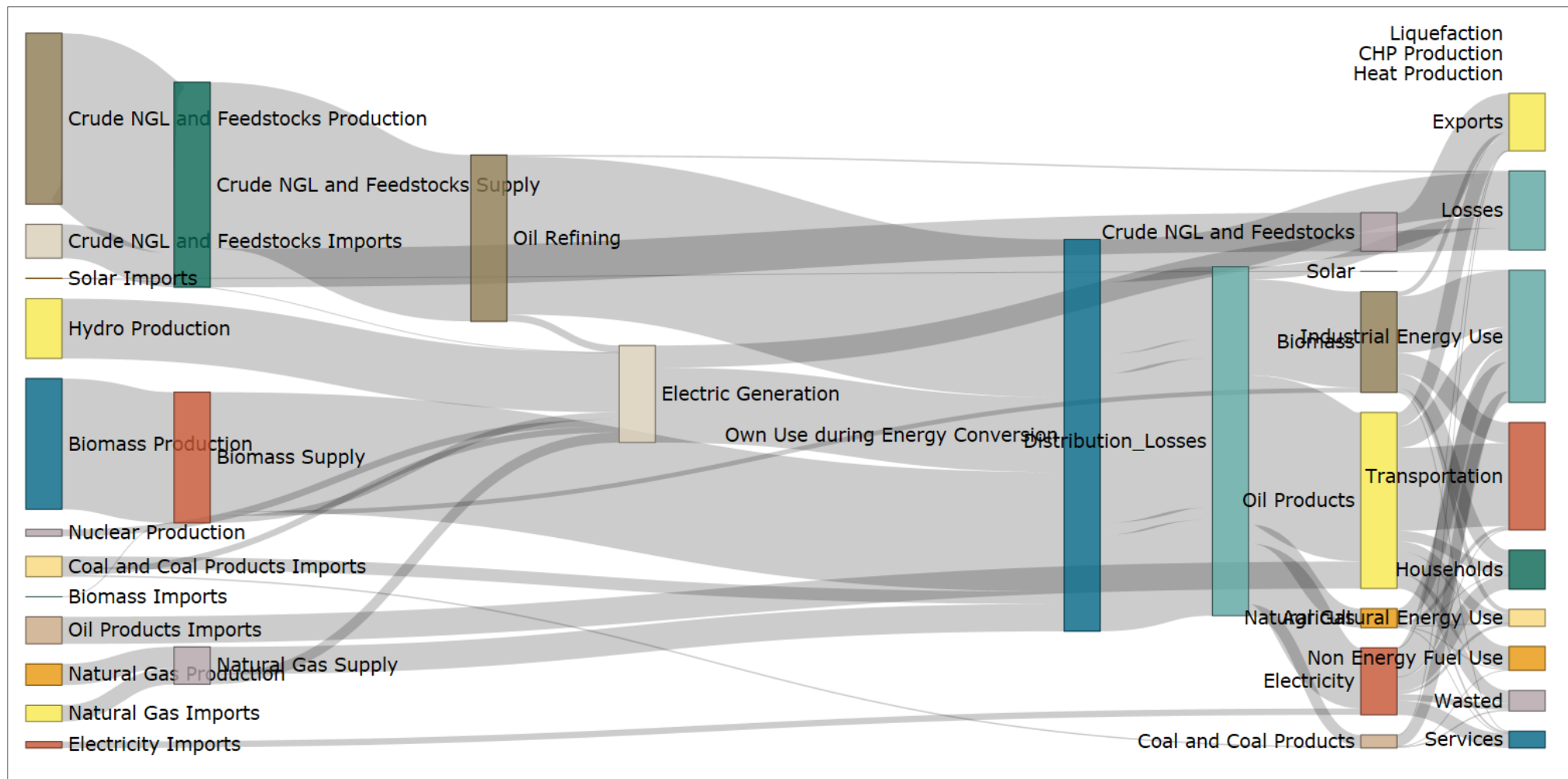


Figura 26. Diagrama de Matriz Energética. Ano base - 2010

4.2. Metodologia

Para analisar a evolução do consumo energético residencial e tentar inferir as projeções a longo prazo até 2050, optou-se por utilizar uma ferramenta de modelagem integrada que permite gerar cenários de longa duração, para isso, o programa escolhido foi LEAP – Low Emissions Analysis Platform.

O LEAP é um programa desenvolvido pelo *Stockholm Environment Institute* e disponibilizado pelo mesmo de forma gratuita para elaboração de projetos de investigação, e que tem como principal objetivo a “análise da política energética e a avaliação da mitigação das mudanças climáticas” (LEAP, 2018, s.p.). Esse programa caracteriza-se por permitir realizar diversas projeções e análises de consumo, produção de energia e extração de recursos em todos os setores da economia, através da integração de óticas distintas (demanda, geração, emissão de CO₂), e associados a diversos agentes e setores tais como transportes, indústrias, consumo residencial, dentre outros. Todavia, devido a vasta complexidade que tal modelagem poderá assumir, nosso foco será na análise da política energética associada ao consumo residencial.

O LEAP está estruturado basicamente segundo 3 pilares: conceitos acerca dos dados, determinação do tempo de análise e a formulação dos cenários.

Com relação aos dados, os recursos de modelagem do LEAP operam em dois níveis conceituais básicos: o primeiro trata dos cálculos “não controversos” e já bastante definidos de energia, emissões e contabilidade custo-benefício, informações essas que já são inerentes ao programa; o segundo nível opera através da inclusão de expressões e tabelas para se especificar dados que variam no tempo e/ou para a criação de modelos multivariáveis diversos, onde é possível realizar uma abordagem econométrica e de simulação cujos resultados são, então, incorporados à estrutura de contabilidade geral do LEAP.

No quesito tempo, por se tratar de um programa de modelagem de médio à longo prazo, a maioria dos cálculos, como neste estudo, são realizados em intervalos anuais, cujos prazos das projeções devem ser definidos pelo utilizador podendo chegar num número ilimitado de anos. Todavia, para alguns objetivos mais específicos, alguns estudos podem necessitar de intervalos temporais mais precisos. Para esses casos, o LEAP permite dividir o ano em “fatias” distintas de tempo, como estações, dias, ou mesmo horários representativos do dia. Esses intervalos de tempo mais específicos são normalmente mais utilizados em estudos associados ao setor elétrico.

O conceito de análises de cenários consiste em “histórias autoconsistentes de como um sistema de energia pode evoluir ao longo do tempo”. A partir de um período histórico conhecido como

“Contas Correntes” é possível construir cenários alternativos e comparar as necessidades de energia, custos e benefícios sociais e impactos ambientais. A forma como o programa foi estruturado permite que as análises se iniciem da forma mais simples, com requisitos de dados iniciais relativamente mais baixos em relação a outros programas, com um gradativo aumento da complexidade no decorrer dos estudos, de acordo com os dados disponíveis e/ou as questões de abordagem.

4.3. CARACTERIZAÇÃO DOS CENÁRIOS

O estudo baseado em cenários considera os dados históricos, que dão suporte ao modelo e as projeções que são ajustadas de acordo com as análises envolvidas.

Uma vez validado o modelo pré-existente e a partir do mesmo foram modelados três cenários a saber: Cenário Referência, Cenário Alternativo 1 e Cenário Alternativo 2. No cenário de Referência segue-se dando continuidade ao que se observa atualmente; nos demais cenários pretende-se aumentar a participação das “novas energias renováveis”, principalmente as energias eólicas e solar, as energias mais promissoras para o País.

Através da análise de cenários pretende-se verificar o impacto e a importância que as “novas energias renováveis” podem representar na economia do País, nomeadamente no setor residencial. Aqui também se enquadra o papel da economia social, ao se analisar as possíveis melhorias no bem-estar nacional bem como na contabilização das externalidades positivas. Notadamente, verificar se a alteração da matriz energética com o aumento da participação dessas energias podem ajudar a promover um aumento da qualidade de vida e da produtividade econômica da sociedade, principalmente daquela parcela da sociedade de mais baixa renda ou que tenha maior dificuldade de acesso à energia pelo SIN.

O cenário Alternativo 1 vem fornecido com a base de análise LEAP da região do Brasil. Neste primeiro caso verifica-se um incremento da participação da energia eólica na matriz energética nacional. Nesta situação é bastante provável que se observe um aumento nas divisas dos Estados e, conseqüentemente, na renda per capita das áreas mais pobres do Brasil, pois a energia eólica está associada a preços de energia mais baixos. Adicionalmente, localizados nas regiões Norte e Nordeste do Brasil, os Estados, em sua grande maioria litorâneos, apresentam as melhores condições para a geração desse tipo de energia. Sendo assim, através da geração de energia e a sua interligação à rede nacional, pode-se promover não apenas uma maior geração de empregos local, como permitir a venda do excedente para o restante do sistema, criando um impacto considerável na economia local.

No segundo caso, cenário Alternativo 2, considera-se um aumento da energia solar na forma de microprodução, que pode permitir não apenas uma melhoria na qualidade de vida no cotidiano dos

cidadãos, através do acesso à energia elétrica e, conseqüentemente, luz e água, onde se observa a escassez desses recursos, seja no ambiente rural ou nos aglomerados urbanos, como também pode ir além e permitir o desenvolvimento de micro negócios, fomentando o desenvolvimento social e econômico e, dessa forma, aumentando a autonomia dessas comunidades.

4.4. Premissas para Definição da Pobreza Energética e o Problema da Desigualdade no Brasil

O problema da desigualdade econômica e social no Brasil, e a escassez de dados e informações a cerca do padrão de consumo e usos finais da energia, vem sendo apontados desde a década de 80. Ribeiro & Santos (1994) citado em BNDES (1985), indica que todos os estudos apontam em direção a discussões sobre o suprimento em detrimento da demanda, como se o modelo considerasse toda a energia consumida “por um Brasil genérico, povoado por homens 'médios' que compõem uma sociedade indiferenciada, tendo muito pouco a ver com essa sociedade brasileira marcadamente desigual da que se tem notícia” (BNDES, 1985 *apud* Ribeiro & Santos, 1994, p. 139).

Como mencionando nas seções anteriores, os conceitos de pobreza energética e seus limites podem variar bastante de acordo com as necessidades percebidas por um dado conjunto da população, segundo padrões econômicos e condições climáticas e culturais a que estão expostas. Sendo assim, devido à grande disparidade cultural e desigualdade social encontrada no Brasil, tentou-se buscar evidências da medida da linha de pobreza energética já relatada nas escassas bibliografias acerca do tema no Brasil, e na falta de valores mais conclusivos, buscamos indicadores que nos permitissem chegar a uma estimativa de consumo considerado adequado à algumas realidades brasileiras, a fim de associar alguns parâmetros ao qual fosse possível evidenciar sobre a pobreza energética no Brasil.

Ao realizar a análise da pobreza energética como proposto por autores como Goldemberg (1995) associando o IDH com o consumo energético pelas macrorregiões do Brasil (Figura 27), fica evidente a pobreza energética no Brasil representado pelo ponto em vermelho no gráfico, a medida que não chega a atingir os 3 TOE anuais propostos pelo autor, que seria o equilíbrio entre o IDH desejado e o consumo energético adequado, uma vez que atingindo esse valor, tende a estabilizar a relação entre o consumo de energia e a eficiência energética.

Ao avaliarmos essa relação de acordo com as regiões do Brasil, fica mais claro a questão da desigualdade social a nível regional que se encontra bastante presente no Brasil, onde em amarelo sombreado encontram-se as relações IDHM x Consumo Energético das regiões Norte, Nordeste e

Centro-Oeste, com IDHM em geral, inferiores, não chegam a um consumo energético de 2 TOE per capita por ano. Se além do nível de consumo levamos em consideração as fontes energéticas utilizadas, sendo bastante comum a utilização de lenha, como mostrada nas seções anteriores, a discrepância da pobreza energética agrava-se além do nível de consumo, passando também pela qualidade e segurança da fonte de energia.

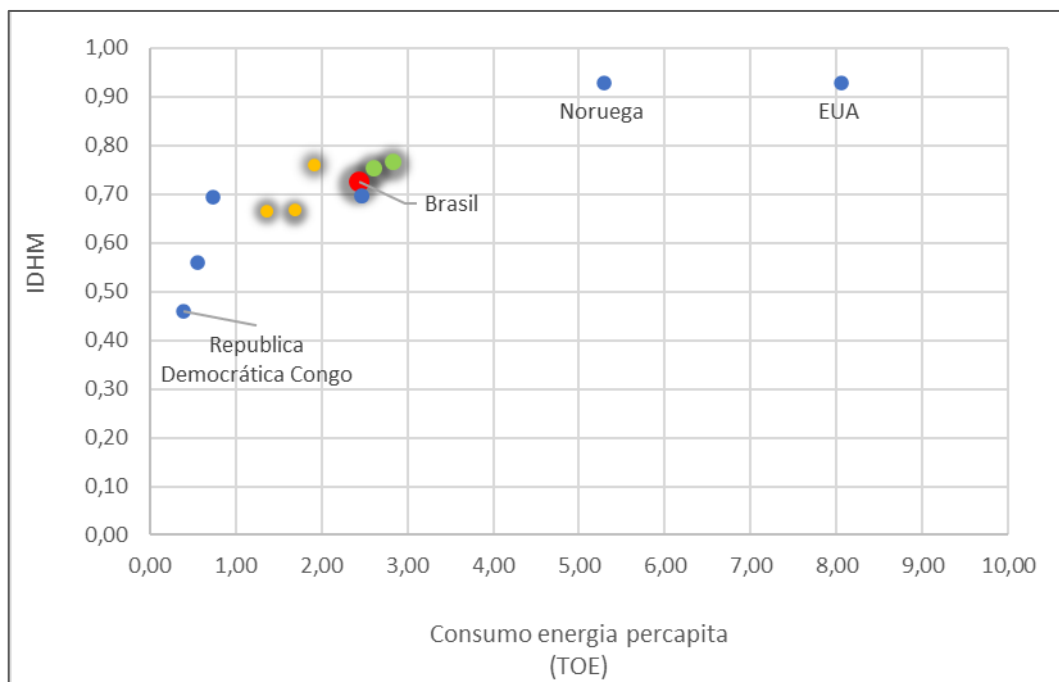


Figura 27. IDHM x Consumo Energético.

Elaboração própria. Fonte: EPE (2011) e IPEA (2016) (*Dados com ano de referência 2010*).

Na outra vertente encontram-se as regiões Sul e Sudeste do Brasil (pontos verdes no gráfico), que sendo as duas mais ricas apresentam um consumo energético chegando próximo aos 3 TOE. Embora territorialmente menores, elas individualmente possuem as maiores densidades demográficas e o IDHM mais elevados em relação as demais, o que leva à uma obliteração das estatísticas nacionais. Além de apresentar um consumo energético maior, essas regiões tem acesso a uma variedade maior de fontes energéticas, bem como uma rede elétrica mais estável.

5. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Na análise do sistema energético nacional, no que se refere ao setor residencial, mostrou ser possível um cenário em que se observa a redução da pobreza energética no Brasil, bem como a redução da utilização de produtos de petróleo e principalmente da biomassa através da substituição destes por fontes de energia renováveis e muito mais eficientes.

5.1. Cenário Referência

O cenário Referência é o cenário fornecido com o modelo do SEI sobre a região do Brasil, considerando os dados base existentes atualizados e sem quaisquer alterações em relação a consumo e/ou fontes de energia, tal como descrito no capítulo dos dados. Isso significa dizer que caso se mantenham as condições atuais e nenhuma alteração no sentido de otimização energética seja realizada, seja do lado da oferta de energia, seja pelo lado do consumo mais consciente e medidas de eficiência. Mantendo a tendência atual chegaremos em 2050 com uma demanda energética final para o setor residencial de 55 MTep (Figura 28).

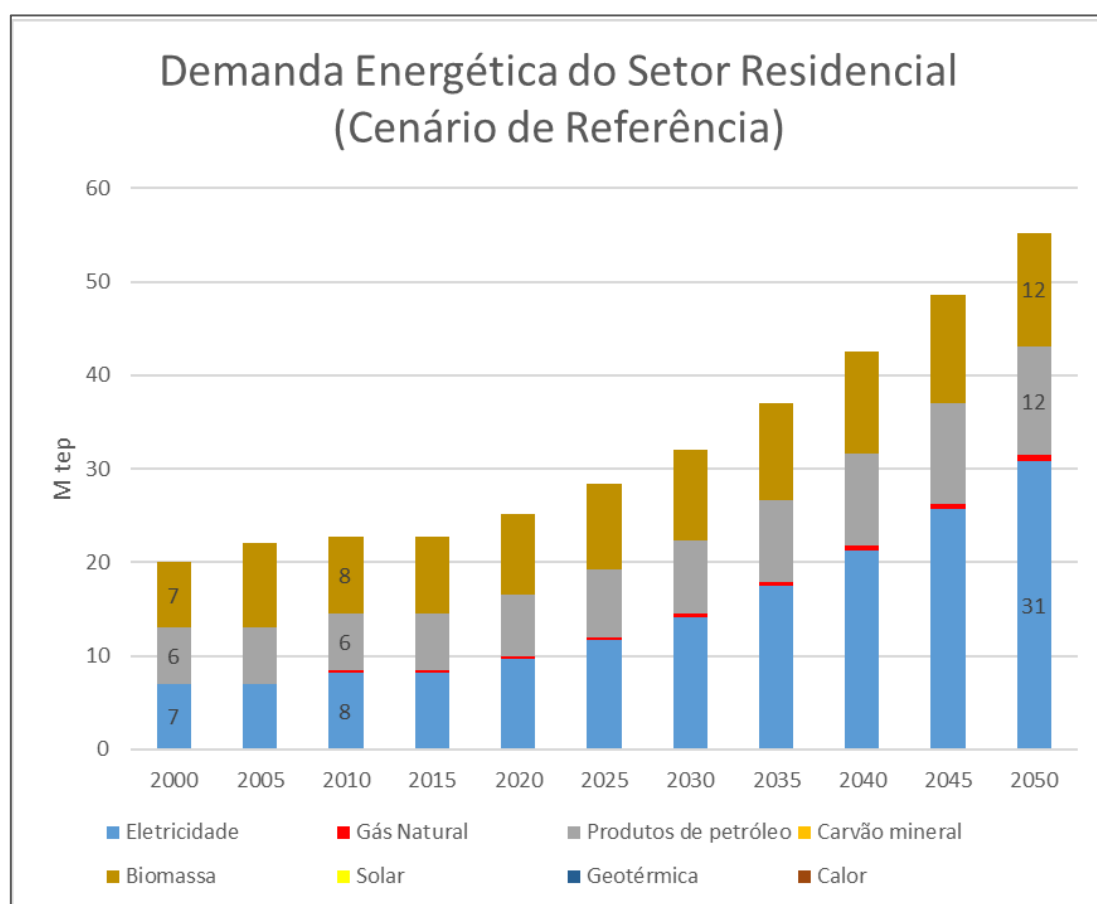


Figura 28. Demanda energética do Setor Residencial (cenário de Referência).

Neste cenário, comparando-se o ano base (2010) com o ano de 2050 a demanda por eletricidade nas residências, passa dos 36% para 56% do total, enquanto o uso de produtos de petróleo e a biomassa caem de 27% e 36%, para 21% e 22%, respectivamente. Percebe-se que a biomassa, embora ainda mantenha uma participação expressiva no consumo residencial, irá apresentar uma diminuição percentual de 12% do total de consumo. Apesar da diminuição percentual no consumo dos produtos de petróleo e da biomassa, elas ainda irão se apresentar como fortes componentes da matriz energética.

5.2. Cenário Alternativo 1

Na geração do cenário Alternativo 1, também obtido pelo trabalho realizado pelo SEI no modelo regional do Brasil do LEAP, foram verificadas medidas de eficiência energética, tais como uso de equipamentos mais modernos e econômicos, e modernização de estruturas residenciais que permitam o melhor aproveitamento do arrefecimento em regiões quentes e aquecimento em regiões mais frias, de acordo com o que está sendo proposto pelas novas diretrizes internacionais de forma a, se não erradicar, diminuir a pobreza energética em escala mundial. Como resultado dessas medidas, podemos observar na figura 29 que o aumento da expectativa do uso energético, não necessariamente é acompanhado do aumento da demanda energética, ao contrário, as medidas sendo eficientes, podem aumentar a qualidade dos serviços ao mesmo tempo em que reduzem a demanda de energia que neste caso chega à 40 Mtep (linha verde) em relação aos 55 Mtep do Cenário Referência (linha preta).

Importante notar que nesse cenário, assim como observado no cenário referência, os produtos de petróleo tendem a sumir da matriz residencial em torno da década de 30. Por outro lado, as grandes descobertas de campos de petróleo e gás natural no início do milênio estimularam a utilização deste último, inclusive para uso doméstico, principalmente nos grandes centros urbanos em que a maior densidade demográfica e a existência de malhas de distribuição apropriada facilitam a distribuição e utilização desse tipo de energia nas residências, colocando dessa forma, a oferta diretamente junto ao mercado consumidor.

A energia solar começou a aparecer na matriz brasileira somente nos últimos anos e vem ganhando cada vez mais espaço. Estudos sugerem um aumento de sua relevância nas próximas décadas, principalmente em regiões mais remotas e de difícil acesso, como forma de suprir a demanda, principalmente nas áreas mais isoladas onde o SIN e as infraestruturas de forma geral, não apenas as energéticas, se fazem ausentes, bem como e em comunidades rurais mais afastadas.

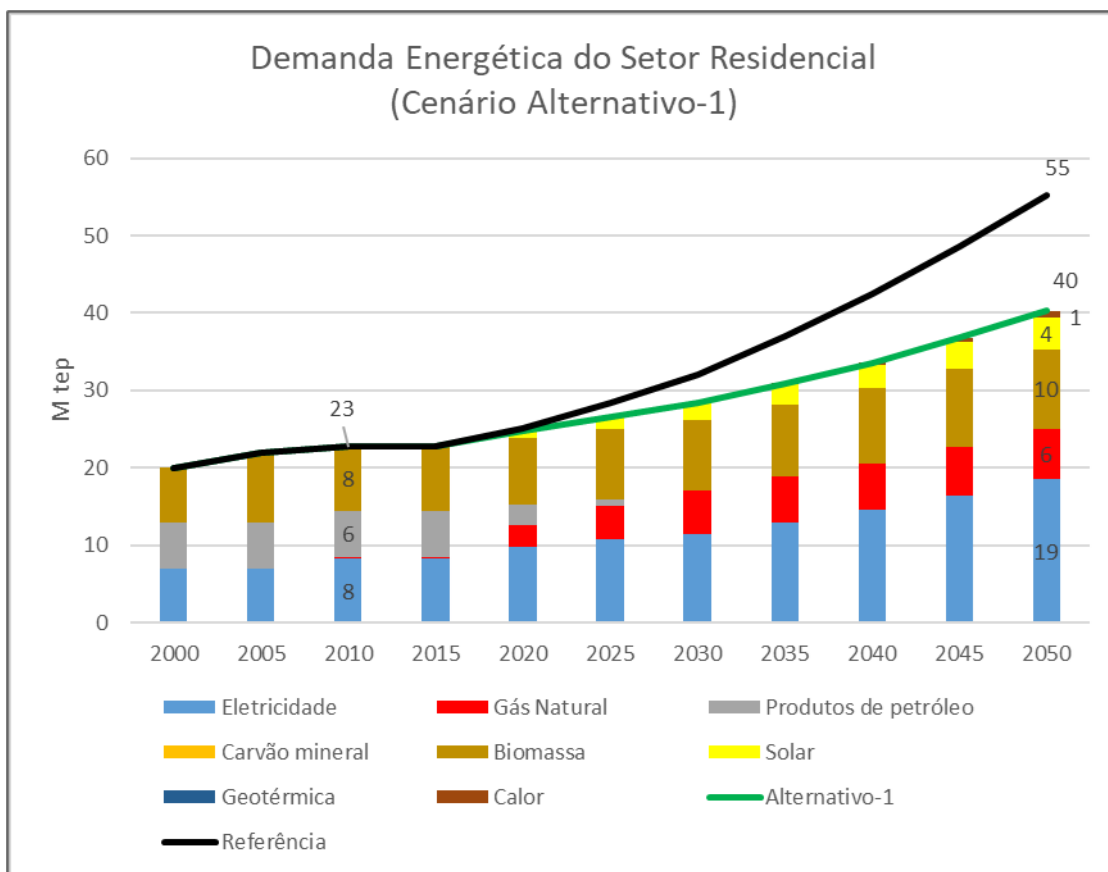


Figura 29. Demanda energética do Setor Residencial (cenário Alternativo 1).

Um dos grandes gargalos desse cenário, contudo, continua sendo a utilização da biomassa em ambiente residencial, que embora apresente uma queda de 10 pontos percentuais em relação ao ano base, ainda corresponde a 26% do consumo residencial, representando uma diminuição de apenas 4% em relação ao cenário Referência. Sem estímulos governamentais e políticas de eletrificação em áreas remotas, melhorias na qualidade e diminuição de custos para os residentes de áreas urbanas, a população de mais baixa renda em geral continuará lançando mão da utilização dessa fonte de energia, principalmente em momentos de crise financeira, em que o custo com eletricidade começa a onerar a renda familiar.

A utilização da eletricidade nas residências diminui devido em parte à otimização das medidas de eficiência energética, que viabiliza a diminuição do consumo elétrico, e em parte devido ao aumento da demanda do gás natural e da energia solar através da microgeração residencial.

5.3. Cenário Alternativo 2

Já no Cenário Alternativo 2 foram mantidas as premissas de eficiência do Cenário Alternativo 1, entretanto, com o intuito de minimizar a utilização da biomassa em ambiente doméstico, foram propostas substituições da mesma por fontes alternativas de energia mais modernas e eficientes, principalmente relacionadas as energias solar e eólica.

Tais substituições foram propostas baseadas nas recentes políticas governamentais que procuram apoiar e levar a microgeração em áreas mais remotas e que necessitam de amparos sociais, bem como o crescente acesso das famílias de renda regular aos meios de geração próprio, principalmente associado à tecnologia solar, que vem se popularizando. A projeção da evolução da demanda energética do setor residencial por fonte pode ser observada na figura 30.

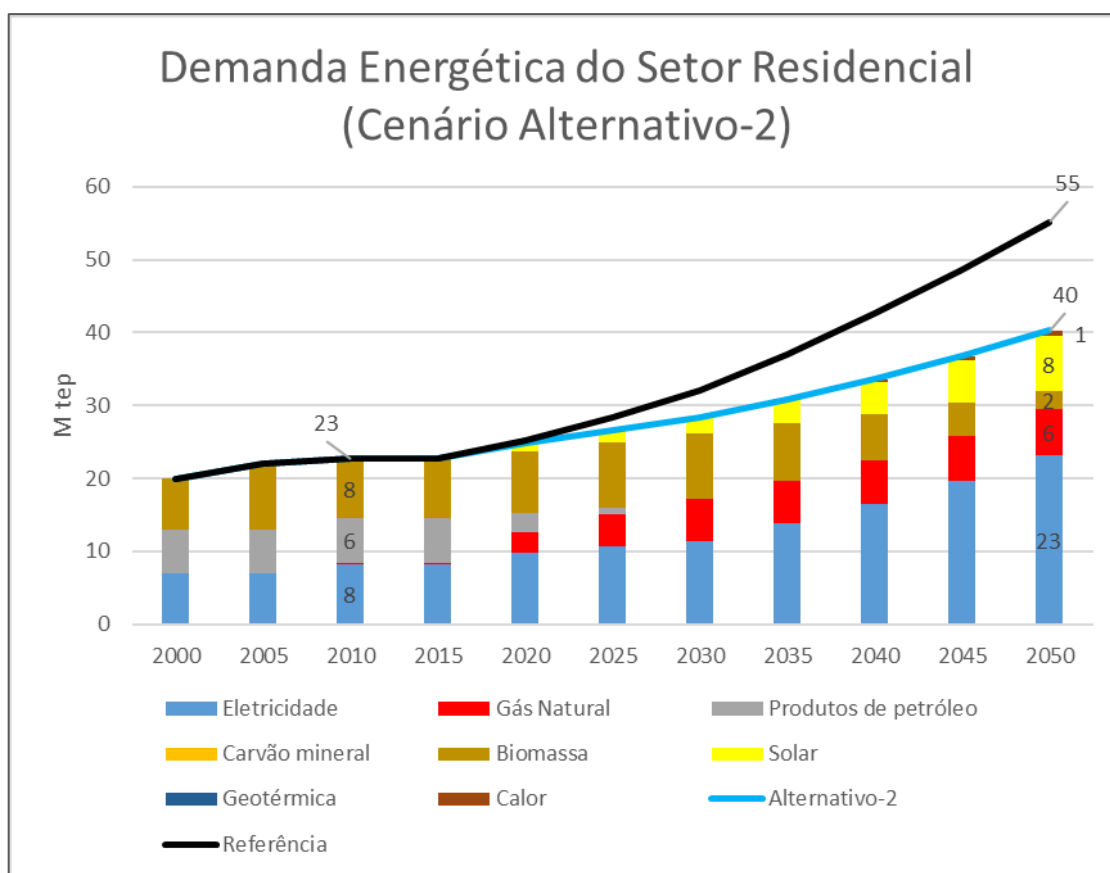


Figura 30. Demanda energética do Setor Residencial (cenário Alternativo 2).

Neste cenário, mantendo-se o patamar de consumo residencial final em 40 Mtep, observa-se um incremento maior da energia elétrica obtida principalmente a partir de fontes hídricas e eólicas. Tendo a primeira já atingido seu limite de implantação, o aumento da oferta se dará a partir da segunda, que já vem apresentando um elevado investimento em seu desenvolvimento no País e uma tendência de franca expansão para os próximos anos. Nota-se que através da substituição dessas

fontes consegue-se diminuir em até 2 Mtep a utilização de biomassa, representando apenas 6% do total da demanda energética residencial neste cenário, contra os 12 e 10 Mtep dos cenários mencionadas anteriormente. Devido a características culturais, não será possível a eliminação completa da utilização da biomassa no Brasil, entretanto, o que se observa é uma preocupação cada vez maior com a origem da lenha e do carvão vegetal a ser utilizado.

O Cenário Alternativo 2, tal como explicado na seção anterior, é bastante factível de se realizar, uma vez que as energias de origem solar e eólica vem crescendo de forma bastante promissora, não só no Brasil, como no mundo. Além do fator da evolução tecnológica envolvida, destaca-se o grande potencial natural do país, com elevada incidência solar e a presença de correntes de vento contantes e direcionais, o que permite a instalação e expansão de parques solares e eólicos.

Por outro lado, a atual projeção de déficit energético, caso nada seja feito, e o grande mercado consumidor que representa o Brasil, vem despertando o interesse cada vez maior de investimentos por parte de grupos econômicos e empresas de energia interessados em desenvolvimento, principalmente de parques eólicos, o que, num futuro próximo, deverá disponibilizar no mercado uma quantidade significativa de energia elétrica. Como mencionado na seção 3.8.2, o custo de energia elétrica oriundo das novas fontes renováveis vem caindo, sendo neste primeiro momento resultado dos recentes investimentos em geração, e num segundo momento, num futuro próximo, como resultado da melhoria em eficiência da distribuição que, se utilizando de tecnologias cada vez mais modernas, tornará possível o rastreamento e a coibição das PNTs, levando à uma diminuição gradual dos repasses associados à mesma, e dessa forma desonerar um pouco mais as contas dos consumidores finais.

A aplicação das iniciativas descritas acima foram levadas em conta ao se modelar os três possíveis cenários ora apresentados e cujas perspectivas podem ser verificadas na tabela 14, em que se compara a participação percentual de cada fonte energética no ano base de 2010.

Nesta tabela é possível identificar a eliminação da utilização dos produtos de petróleo nos dois cenários Alternativos 1 e 2, sendo a demanda redirecionada para as energias de origem elétrica, proveniente principalmente da geração eólica, micro geração solar por iniciativas particulares e/ou estimuladas por ações governamentais, e o gás natural. Este último atendendo principalmente os grandes centros urbanos.

Tabela 14. Comparação da participação percentual de cada fonte energética no ano base de 2010, com os cenários modelados para o ano de 2050.

	Ano Base 2010 (%)	Cenário Referência 2020 (%)	Cenário Referência 2050 (%)	Cenário Alternativo-1 2050 (%)	Cenário Alternativo-2 2050 (%)
Eletricidade	36%	38%	56%	46%	57%
Gás Natural	1%	1%	1%	16%	16%
Produtos de petróleo	27%	26%	21%	0%	0%
Carvão mineral	0%	0%	0%	0%	0%
Biomassa	36%	34%	22%	26%	6%
Solar	0%	0%	0%	10%	19%
Geotérmica	0%	0%	0%	0%	0%
Calor	0%	0%	0%	2%	2%
TOTAL	100%	100%	100%	100%	100%

Embora no cenário Alternativo 1 seja possível provocar uma diminuição na pobreza energética, somente no cenário Alternativo 2 isso fica mais evidente, ocorrendo de uma forma mais concordante com as diretrizes mundiais, que buscam a eliminação da pobreza energética de uma forma mais ampla, não apenas pelo consumo em si, mas através de um consumo mais consciente, utilizando-se de fontes de energia mais limpas e renováveis. A diminuição expressiva da necessidade de utilização da biomassa, principalmente associada ao meio rural, eleva a segurança e a qualidade de vida dessa população, reduzindo assim um pouco da pobreza energética de origem logística/estrutural que se observa no campo. Outro fator importante de se ressaltar é que as ampliações da oferta de energia permitem que os cidadãos dessas áreas diversifiquem os meios de produção econômica, agregando valor econômico à produção rural gerando riquezas e promovendo a inclusão e o bem-estar social.

A manutenção da biomassa no ambiente residencial à taxa de 6%, mesmo no cenário Alternativo 2, justifica-se pela questão cultural. Sem propriamente a necessidade de se utilizar a lenha no uso doméstico diário, pois a cocção passa a utilizar eletricidade e gás natural, a lenha e o carvão vegetal passam a ter uma utilização muito mais cultural do que por necessidade propriamente dita, associado principalmente ao preparo de pratos típicos regionais.

A expansão da oferta e consequentes melhorias na distribuição do gás natural e de energia elétrica proveniente principalmente de fontes eólicas, e o maior controle das perdas, seja de origem essencialmente técnica, seja de caráter social, possibilitariam a diminuição do preço final ao consumidor, o que ajudaria a diminuir a pobreza energética no meio urbano, atualmente associada à qualidade do fornecimento e a dificuldade das famílias de manterem suas contas em dia.

Por outro lado, embora não se observe diferenças entre os valores de consumo final para os cenários Alternativo 1 e 2, como mostra a tabela 15, ambos se diferenciam em relação às fontes energéticas utilizadas. A substituição dos produtos de petróleo e da biomassa pelas energias solar e

eólica imprimem um aspecto mais renovável e ecológico à matriz neste segundo cenário, e por esse motivo, em maior conformidade com as mais recentes orientações internacionais associadas ao ambiente, à economia e ao desenvolvimento social.

Tabela 15. Demanda energética Setor Residencial. Comparação da evolução dos Cenário Referência, Alternativo 1 e 2, para o período 2000 – 2050.

	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Alternativo-1	20	22	23	23	25	27	28	31	34	37	40
Alternativo-2	20	22	23	23	25	27	28	31	34	37	40
Referência	20	22	23	23	25	28	32	37	43	49	55

Numa visão mais macro é de se esperar que todos os setores da economia possam se beneficiar de medidas mais eficientes, seja na geração, distribuição ou mesmo no consumo, relacionadas ao setor energético. Através da figura 31 é possível se ter uma ideia da abrangência das mesmas nos demais macro setores.

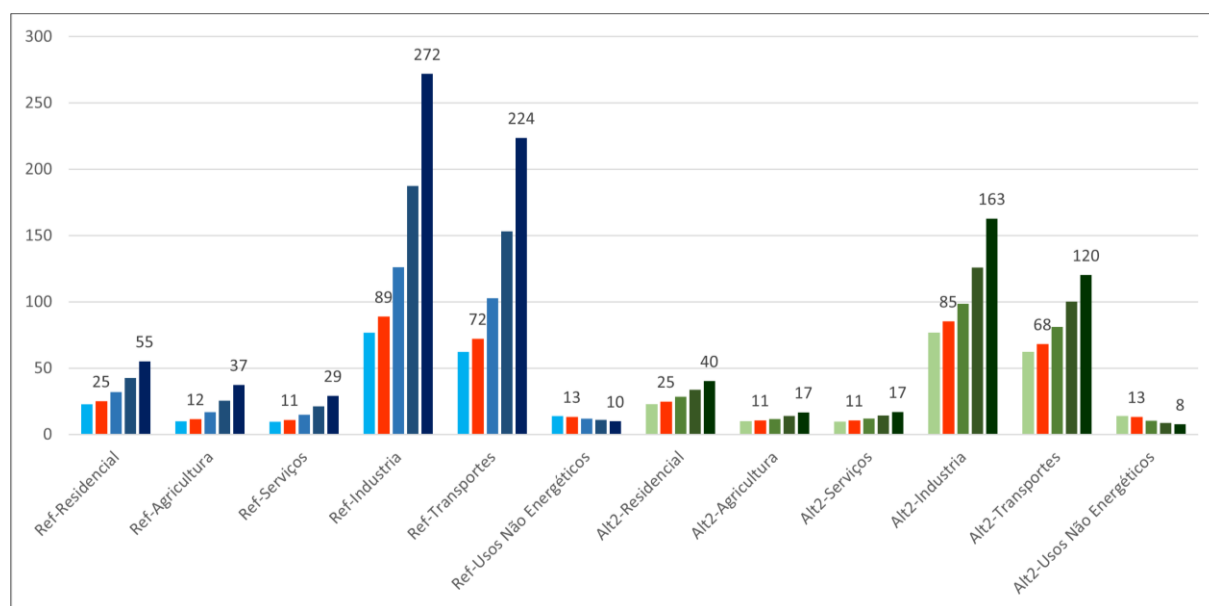


Figura 31. Demanda por setor, cenário Referência (azul) e Alternativo 2 (verde), em 2010–2050 (10 em 10 anos). A cor laranja é do ano de 2020.

Na tabela 16 é possível visualizar o balanço energético do cenário Alternativo 2 para o ano de 2050 e na figura 31 o diagrama da referida matriz. Ao analisar o gráfico da matriz para esse cenário em 2050 (Figura 32) observamos que haverá um maior equilíbrio das fontes energéticas, com maior participação de renováveis, menos importação de energia, ou seja, menos dependência externa e maior independência na produção. Um fator que deverá ser melhorado, mas que não pôde ser

contabilizado nesse estudo devido a suas várias facetas (origem técnica, econômica e social) se refere a eficiência energética, como pode ser percebido pela persistência da existência das perdas consideráveis.

Tabela 126. Projeção da Matriz Energética Brasileira em 2050. Cenário Alternativo 2.

Alternativo2 (Ano: 2050) (Milhões de TOE)	Eletricidade	Gás Natural	Petroleo e Derivados	GLP	Carvão	Biomassa	Eólica	Solar	Hidro	Nuclear	Calor	Total
Produção	-	50,3	-	127,2	44,1	122,3	26,5	-	55,4	2,3	-	428,1
Importação	-	-	-	-	-	-	-	21,4	-	-	-	21,4
Exportação	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Suprimento Primário TOTAL	-	50,3	-	127,2	44,1	122,3	26,5	21,4	55,4	2,3	-	449,5
Liquefação	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Refino de Petroleo	-	-	125,9	-127,2	-	-	-	-	-	-	-	-1,3
Geração Elétrica	96,5	-	-	-	-	-3,8	-26,5	-12,1	-55,4	-2,3	-	-3,5
CHP	6,4	-	-	-	-25,5	-	-	-	-	-	5,1	-14,0
Calor	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Conversão Energética	-3,7	-14,8	-6,8	-	-0,8	-22,8	-	-	-	-	-	-48,8
Perdas de Distribuição	-15,7	-0,4	-0,2	-	-0,8	-0,3	-	-	-	-	-	-17,4
Transformação TOTAL	83,4	-15,2	119,0	-127,2	-27,0	-26,9	-26,5	-12,1	-55,4	-2,3	5,1	-85,0
Residencial	23,1	6,4	-	-	-	2,4	-	7,6	-	-	0,8	40,3
Agricultura	3,3	1,0	7,2	-	0,4	3,3	-	-	-	-	1,4	16,7
Serviços	12,9	2,3	-	-	-	-	-	1,4	-	-	0,3	17,0
Industria	40,5	24,3	14,5	-	16,5	64,2	-	0,3	-	-	2,5	162,8
Transportes	3,7	0,9	90,0	-	-	25,6	-	-	-	-	-	120,2
Uso Não Energético	-	0,2	7,3	-	0,2	-	-	-	-	-	-	7,6
Demanda TOTAL	83,4	35,1	119,0	-	17,1	95,5	-	9,3	-	-	5,1	364,5
Não Identificados	0,0	-0,0	-	-	0,0	0,0	-	-	-	-	-	-

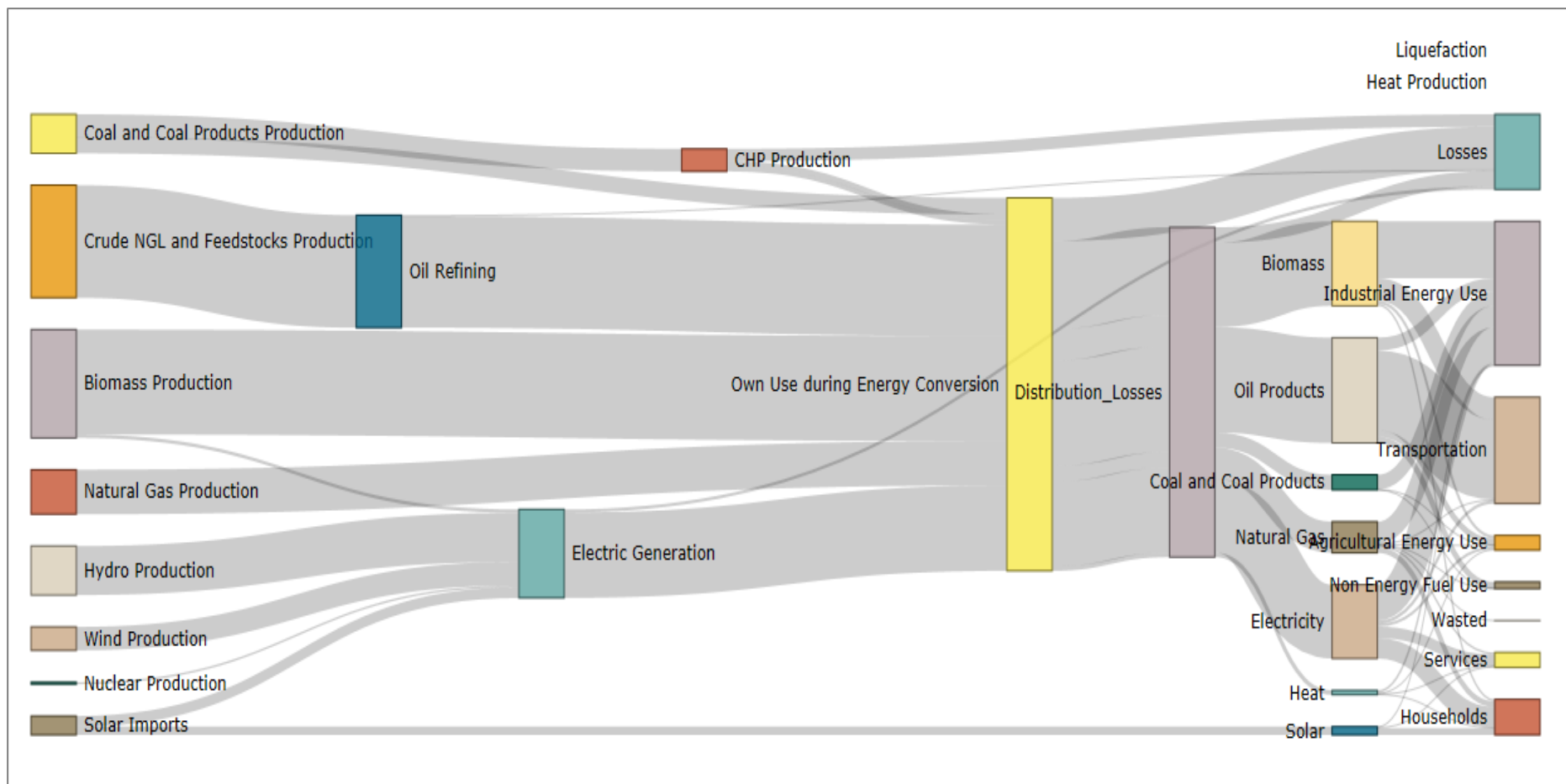


Figura 32. Diagrama da projeção da Matriz Energética Brasileira em 2050. Cenário Alternativo 2.

Observando as projeções da evolução do consumo de energia per capita para os cenários modelados, mesmo como um reflexo da demanda total, verificamos que existe uma diminuição da demanda de energia nos cenários Alternativo 1 e 2 em relação ao Referência, o que não representa necessariamente um aumento da pobreza energética, muito pelo contrário, é um reflexo positivo das medidas em relação ao consumo consciente e de melhorias da eficiência energética, e que se tornariam mais perceptíveis principalmente a partir 2030 em diante, como já havia sido assinalado em cinza na tabela 16, acima.

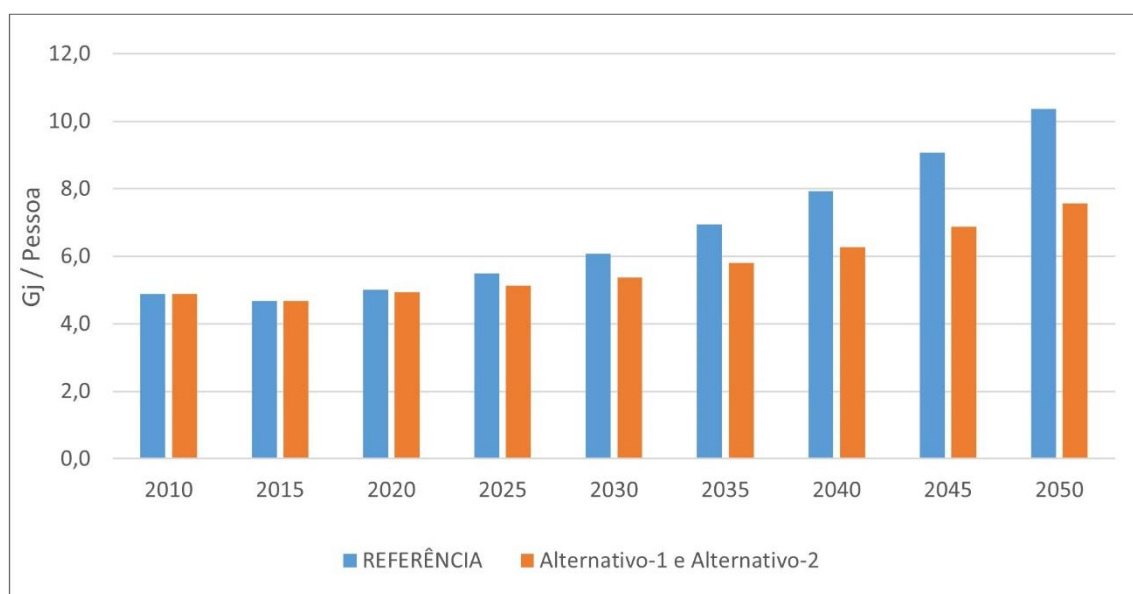


Figura 33. Consumo Energético per Capita.

Através da observação da evolução do consumo per capita, e ao verificar o que levaria a tomar a configuração modelada no cenário Alternativo 2 no ano de 2050, apresenta-se como viável a minimização da pobreza energética no Brasil, desde que as medidas necessárias de conscientização em relação ao consumo responsável, a busca por uma maior eficiência energética e a expansão da disseminação das novas fontes renováveis comecem a ser implementadas desde o presente momento.

6. CONCLUSÕES

No tocante à identificação da existência da pobreza energética residencial no Brasil, tais objetivos foram alcançados, pois identificou-se ao menos dois tipos de pobreza energética de formas e origens distintas, e que por isso devem ser abordadas também de formas distintas: a pobreza energética no meio rural e a pobreza energética no meio urbano. Entretanto, devido à grande complexidade que envolve o modelo energético brasileiro, as distintas características geográficas, econômicas e culturais das unidades residenciais brasileiras, e ausência de dados que permitissem uma melhor especificação matemática de cada caso, tornou-se difícil realizar uma medição efetiva do estado da pobreza energética no Brasil. A extensa heterogeneidade verificada na população brasileira, sejam elas de origem econômica e/ou cultural, levando, portanto, a demandas de consumo de energia bastante distintas, tornou inexecutável a modelagem regional neste momento, pois isso implicaria na obtenção e verificação de diversos dados, muitos dos quais inexistentes ou concentrados nas agências reguladoras estaduais e/ou municipais. Foi, no entanto, possível realizar uma modelagem nacional.

Conquanto a capacidade de geração seja um grande gargalo e fator de preocupação em relação à matriz energética brasileira, ainda assim, também é grande o abismo que existe quando se trata de eficiência energética. Motivadas principalmente pelas crises energéticas vivenciadas anteriormente, recentemente tem havido constantes campanhas para conscientização e redução do consumo elétrico, tais como utilização de lâmpadas *lead* e opção pela utilização de equipamentos mais eficientes seja no meio urbano ou rural. Contudo, fica claro o longo caminho em direção à eficiência energética quando o quesito avaliado são as construções residenciais. Embora ainda seja um tema pouco comentado, as últimas pesquisas domiciliares apontam para utilização de métodos e materiais inadequados utilizados nas construções residenciais, que uma vez reavaliados, podem representar uma grande economia energética não só para cada cidadão individualmente, como para o País como um todo.

A concepção e criação do sistema elétrico brasileiro, integrado e interligado, mostrou-se bastante eficiente fazendo jus aos investimentos e às demandas técnicas de então, tendo contribuído significativamente para o desenvolvimento que o País experimentou até a década 90-00. Nos últimos anos, devido a vários fatores, dentre eles falta de investimentos, escassez de água, e justos embargos ambientais, tem tornado o sistema como um todo obsoleto, não conseguindo acompanhar o aumento da demanda nacional por energia, principalmente a elétrica. Todavia, após o *boom* da construção de hidroelétricas da década de 50, da biomassa nas décadas de 80-90 e da exploração do petróleo da

década de 2010, uma nova. Era se faz despontar no cenário energético brasileiro, acompanhando de forma bastante positiva o cenário mundial, que vem cada vez mais introduzindo em suas matrizes energéticas as novas tecnologias renováveis, que por sua vez vêm se tornando cada vez mais ecológicas e descentralizadas.

As análises preliminares de viabilidade técnica e dos custos de energia associados às fontes renováveis, principalmente solar e eólica, apontam para a importância que as novas energias renováveis podem representar no contexto energético nacional, quando o intuito seja suprir as futuras demandas energéticas do Brasil, ajudando assim a evitar futuros riscos de “apagões”, como os ocorridos no passado. Por outro lado, a possibilidade de pulverização das centrais de geração solar e eólica, característicos esse tipo de energia, pode gerar um fator colateral benéfico que é a geração de empregos nas regiões mais pobres e carentes do Brasil, nas quais se observa uma elevada escassez de postos de trabalho, e dessa forma, diminuir o êxodo em direção aos grandes centros. Ao mesmo tempo que ajuda a diminuir o problema da pobreza energética no Brasil, a instalação dessas centrais geradoras pode apresentar um impacto imediato na economia regional e auxiliar na redução da enorme pobreza e desigualdade social local.

Assim como ocorreu nos períodos em que houve a introdução da energia hidroelétrica e mais recentemente a exploração de petróleo, ou seja, a cada novo ciclo tecnológico, haverá a necessidade de incentivos governamentais e das entidades associadas ao setor, no sentido de auxiliar na qualificação da mão-de-obra especificamente para as áreas de interesse o que poderia levar a um aproveitamento maior da mão-de-obra local.

Durante os estudos ficou bastante claro que se nada for feito neste momento em relação à geração de energia no Brasil, este será um fator crítico e decisivo impactando diretamente na capacidade de produção e geração de riquezas do País que tem no acesso à energia de qualidade um dos pilares estruturais do desenvolvimento econômico que conseqüentemente leva ao desenvolvimento social. Sob a ótica puramente social, também fica claro que se nada for feito se tornará cada vez maior as discrepâncias e distorções sociais entre a parte da sociedade mais abastada e os mais necessitados no quesito acesso à energia, levando a um aumento da pobreza energética, tanto em percentual da população, quanto do nível da pobreza em si.

A análise de cenários Alternativos 1 e 2, mostrou que é possível acompanhar a demanda energética brasileira que se fará necessária nos próximos anos, através do ajuste da matriz energética com as novas renováveis, o que levaria a um aumento da capacidade produtiva como um todo, contribuindo assim, para uma diminuição significativa da pobreza energética a nível residencial.

Nestes cenários, a expansão e descentralização do setor energético leva ao desenvolvimento de toda uma cadeia de processos associados que vão desde a geração e distribuição de energia em si, até a produção e comercialização de bens de consumo factíveis somente a partir do advento do acesso à energia.

Quando comparados os cenários Alternativos 1 e 2 em relação ao cenário Referência, ambos apresentam uma diminuição do consumo energético residencial em 2050. Longe de ser um aumento da pobreza energética, ao contrário, isso se deve ao efeito positivo das medidas de eficiência energética mais eficazes que se fazem sentir principalmente a partir do período de 2030. Por sua vez, os cenários Alternativos 1 e 2 apresentam a mesma curva de aumento de demanda energética residencial, o que se encontra em causa aqui é a origem dessa energia, que se dá devido à substituição significativa de outras formas de energia menos eficientes e mais poluentes como os produtos de petróleo e a biomassa. Na verdade, o que se observa nesse cenário é um enriquecimento energético das famílias que terão acesso a uma energia mais limpa e eficiente, de qualidade, e a custos mais acessíveis do que a dos outros cenários.

Não é de hoje que os estudiosos da área vêm apontando dificuldades de modelagem das necessidades energéticas da população brasileira devido à falta de dados. Entretanto, ao se avaliar a evolução dos dados obtidos a partir das pesquisas estatísticas das últimas edições, é de se esperar que a pesquisa censitária de 2021 possa vir a trazer mais luz e informações relevantes, que ao serem confrontadas com as da edição anterior, permitirão uma melhor caracterização das necessidades e consumos energéticos das diferentes categorias residenciais aqui apresentadas, sejam elas rurais, urbanas e aglomerados subnormais. Dessa forma, fica aqui como sugestões a possibilidade de uma modelagem regional com base nesses novos dados o que permitiria ter uma ideia mais quantitativa da pobreza energética no Brasil.

À medida que a tecnologia avança melhorando a capacidade de geração de energia elétrica de origem solar e eólica, tornando as mesmas mais eficientes; quando o aumento da capacidade de armazenamento e a diminuição do custo ambiental das baterias se tornarem uma realidade, poderá, com efeito, transformar o petróleo obsoleto e coisa do passado para o uso residencial e de transportes, corroborando cada vez mais para a viabilidade do cenário Alternativo 2.

No contexto do trabalho elaborado, foi possível identificar a pobreza energética sobre diversos aspetos:

1 – No que se refere ao acesso, apesar dos esforços governamentais potencializados na última década, e que serviram de exemplo mundial segundo a ONU, ainda assim, existe uma pequena parcela da população sem acesso a eletricidade e a algum tipo de energia de qualidade.

2 - Custo de energia no orçamento familiar, onde foi demonstrado percentualmente o peso dos encargos energéticos nas famílias. Embora os programas de apoio social como o Tarifa Social auxiliem, este não resolve o problema em si, que estando institucionalizado vai além da conta revertendo-se num problema social, principalmente ocasionados por furtos as redes em áreas mais desassistidas e onde o poder paralelo se faz mais presente.

3 - Serviços prestados à população, que de acordo com a percepção da mesma, ainda tem muito que se adequar de forma a garantir um serviço contínuo, regular e confiável.

4 – As escolhas das famílias com relação aos combustíveis utilizados também é um ponto que deixa à mostra a pobreza energética nos lares brasileiros. Comparando-se o gráfico de escolhas de combustíveis e na matriz energética brasileira, o Brasil ainda faz suas escolhas com base em princípios compatíveis com economias de rendas mais baixas e médias. Vale ressaltar aqui que embora seja bastante viável uma diminuição do consumo do GLP e de produtos de petróleo em geral, o consumo do gás natural, se fará cada vez mais presente na matriz energética brasileira devido às grandes descobertas em território nacional, ao baixo impacto ambiental, à proximidade do mercado consumidor e à logística de distribuição já instalada.

5 - Embora a relação IDHM x Consumo energético não seja um fator definitivo e determinante, ainda assim foi possível observar uma relação de desigualdade social através da comparação entre as regiões, e mostrar que mesmo as regiões mais ricas do Brasil, na média, ficam abaixo dos 3 TOE sugeridos nas referências bibliográficas.

Contam a favor do País e do setor energético, as aptidões naturais que possibilitam uma gama variada e adaptada a cada realidade local para geração de energia. As condições de insolação, acima da média mundial, necessária para geração fotovoltaica, e a existência de correntes de ventos direcionados e contínuos, perfazem um leque de oportunidades e possibilidades para suprir as demandas futuras de energia elétrica, não apenas no setor residencial, mas no Brasil em sua totalidade.

Como foi focado neste trabalho, o resultado do acúmulo de várias “faltas” de políticas econômicas voltadas principalmente para infraestrutura deixaram grandes déficits, tanto energéticos quanto sociais que vêm minando a capacidade produtiva das recentes gerações que necessitam de um maior investimento em qualificação social e profissional. Apesar disso, o Brasil apresenta um potencial

natural que, se adequadamente viabilizado, poderá reverter o atual quadro, quando da chegada de 2050 de forma a reduzir não somente a pobreza energética, visto que essa passa pela forma primária necessária para a geração de riqueza nas sociedades modernas, mas ajudar na diminuição da pobreza de uma forma mais generalizada e presente em várias regiões do Brasil.

7. REFERÊNCIAS

- Achão, C. (2003). Análise da estrutura do consumo de energia pelo setor residencial brasileiro. *Dissertação de Mestrado, Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro*. <http://www.ppe.ufrj.br/index.php/pt/publicacoes/dissertacoes/2003/1146-analise-da-estrutura-de-consumo-de-energia-pelo-setor-residencial-brasileiro>
- Andrade, F., Assis, E. & Pinheiro, R. (2010). Consumo de energia em edificações de baixa renda no Brasil. *XIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, ENTAC 2010*. <https://www.antac.org.br/anais-c1pyf>
- Bednar, D. & Reames, T. (2020). Recognition of and response to energy poverty in the United States. *Nature Energy, Volume 5, pp. 432-439*. <https://www.nature.com/articles/s41560-020-0582-0.pdf>
- Bezerra, I. & Aguiar, A. (2011). Estimativa do consumo residencial de lenha em oito pequenas comunidades rurais do complexo da empresa Miriri Alimentos e Bioenergia, PB. *Anais do X Congresso de Ecologia do Brasil, São Lourenço, MG, Volume 1, pp.1-2*. <http://seb-ecologia.org.br/revistas/indexar/anais/xceb/resumos/2109.pdf>
- Boa Nova, A. C. (1985). *Energia e Classes Sociais no Brasil*. Edições Loyola. São Paulo. <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/vol07a13.pdf>
- Boardman, B. (1991). *Fuel Poverty: from cold homes to affordable warmth*. London: Belhaven Press. <https://www.energypoverty.eu/publication/fuel-poverty-cold-homes-affordable-warmth>
- Borges Neto, M., Lopes, L. & Carvalho, P. (2006). Consumo energético residencial rural não eletrificado do município de Petrolina-PE. *Encontro Nacional de Energia no Meio Rural, Campinas, SP, pp.1-2*.
- Bouvarovski, S. (2014). Energy poverty in the European Union: landscapes of vulnerability. *WIREs Energy and Environment, Volume 3 (3), pp. 276-289*. <https://wires.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/wene.89>
- Bouzarovski, S., Petrova, S. & Kitching, M. (2013). *Energy Justice in a Changing Climate: Social equity and low-carbon energy*. Bickerstaff, K, Walker, G. & Bulkeley, H. (eds.). ZedBooks, pp. 30-46.
- Bouzarovski, S. & Petrova, S. (2015). A global perspective on domestic energy deprivation: Overcoming the energy poverty–fuel poverty binary. *Energy Research & Social Science, Volume 10, pp. 31-40*. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2015.06.007>.
- Brito, J. (2007). O uso energético da madeira. *Estudos Avançados, São Paulo, Volume 21, pp.185- 93*. <https://www.scielo.br/j/ea/a/VJ7X8vqmqj8LZWrZzzKx6wdj/?lang=pt>
- Carrere, J., Peralta, A., Oliveras, L., López, M.J., Mari-Dell'Olmo, M., Benach, J. & Novoa, A. (2020). *Energy poverty, its intensity and health in vulnerable populations in a Southern European city*. Gaceta Sanitaria. <https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2020.07.007>.

- Câmara de Comercialização de Energia Elétrica, CCEE (2020). Custo final da energia eólica é o mais baixo entre as fontes renováveis. https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/noticias-opinio/noticias/noticialeitura?contentid=CCEE_656850&_adf.ctrl-state=vt8tm2d25_1&_afLoop=168189903553659#!%40%40%3Fcontentid%3DCCEE_656850%26_afLoop%3D168189903553659%26_adf.ctrl-state%3Dvt8tm2d25_5
- Cruz, C., Moura, A., Morínigo, M. & Sanga, G. (2004). Eletrificação Rural: Benefícios em diferentes esferas. *Proceedings of the 5th Encontro de Energia no Meio Rural, Campinas, São Paulo*. <http://www.proceedings.scielo.br/pdf/agrener/n5v1/050.pdf>
- Cunha, L. & Branquinho Nunes, A. (2008). Proteção da natureza e conflitos ambientais em assentamentos rural. *Desenvolvimento e Meio Ambiente, Curitiba, Volume 18, pp.27-38*. <https://revistas.ufpr.br/made/article/view/13422>
- Eletrobras (2013). *Luz para Todos – Relatório Síntese 10 Anos*. Diretoria de Geração, Superintendência de Gestão de Programas Setoriais, Departamento de Coordenação de Programas Setoriais. Programa Luz para Todos. <https://eletrobras.com/pt/SiteAssets/Paginas/Luz-para-Todos/Luz%20para%20Todos%20-%20Relat%C3%B3rio%20S%C3%ADntese%2010%20anos.pdf>
- Empresa de Pesquisa Energética, EPE (2020). Balanço Energético Nacional 2020: Ano base 2019. EPE Brasil. epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-479/topico-528/BEN2020_sp.pdf
- Empresa de Pesquisa Energética, EPE (2018). *Cenários Econômicos para o PNE 2050 – Relatório Parcial 1*. Ministério de Minas e Energia. <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico-201/Cen%C3%A1rios%20Econ%C3%B4micos.pdf>
- Empresa de Pesquisa Energética, EPE (2018b). Balanço Energético Nacional 2018: Ano base 2017. EPE Brasil. https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-303/topico-419/BEN2018__Int.pdf
- Empresa de Pesquisa Energética, EPE (2017). Balanço Energético Nacional 2017: Ano base 2016. EPE Brasil. https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-46/topico-82/Relatorio_Final_BEN_2017.pdf
- Empresa de Pesquisa Energética, EPE (2011). Balanço Energético Nacional 2017: Ano base 2016. EPE Brasil. <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Anu%C3%A1rio%20Estat%C3%ADstico%20de%20Energia%20El%C3%A9trica%202011.pdf>
- Ferreira, V. (2011). Avaliação do Zoneamento ecológico Econômico no Município do Rio de Janeiro como ferramenta para a gestão territorial integrada e desenvolvimento sustentável. *Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Planejamento Energético, COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro*. http://objdig.ufrj.br/60/teses/coppe_m/VeraJaneRuffatoPereiraFerreira.pdf

- Ferreira, V., Barreto, R., Júnior, A., Silva, W., Viana, D., Nascimento, J. & Freitas, M. (2017). A foundation for the strategic long-term planning of the renewable energy sector in Brazil: Hydroelectricity and wind energy in the face of climate change scenarios. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 72, pp. 1124-1137. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.10.020>.
- Freitas, M. C. (2010). Pobreza e Exclusão Social. Faculdade de Economia, Universidade de Coimbra. <http://www4.fe.uc.pt/fontes/trabalhos/2009011.pdf>
- Gioda, A. (2019). Características e procedência da lenha usada na cocção no Brasil. *Estudos Avançados*, Volume 33 (95), pp. 133-149. <https://www.scielo.br/pdf/ea/v33n95/0103-4014-ea-33-95-00133.pdf>
- Goldemberg, J. & Johansson, T. (1995). *Energy as an instrument for socio-economic development*. New York: United Nations Development Programme. UNDP.
- Goldemberg, J., Johansson, T., Reedy, A. & Williams, R. (1985). Basic Needs and Much More with One Kilowatt per Capita. *AMBIO, Energy in Developing Countries*, Colume 14 (4/5), pp. 190-200. <https://www.jstor.org/stable/4313148?seq=1>
- Gomes, C. (2018). Pobreza energética: uma nova forma de pobreza? *Revista ESMAT*, Volume 10 (15), pp. 211 - 228. <https://doi.org/10.34060/reesmat.v10i15.239>
- Gonzalez-Egunio, M. (2015). Energy poverty: An overview. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 47, pp. 377-385. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032115001586?via%3Dihub>
- He, X. & Reiner, D. (2014). Electricity Demand and Basic Needs: Empirical Evidence from China's Households. *Energy Policy Research Group, EPRG Working Paper, Cambridge Working Paper in Economics*. <https://www.repository.cam.ac.uk/bitstream/handle/1810/255181/cwpe1442.pdf?sequence=1>
- Horta, G. & Giambiagi, F. (2018). *Perspectivas DEPEC 2018: o crescimento da economia brasileira 2018-2023*. Rio de Janeiro: Banco Nacional do Desenvolvimento Económico e Social, BNDES. <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/14760>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE (2013). *Projeção da população do Brasil por sexo e idade para o período 2000/2060; Projeção da população das unidades da federação por sexo e idade para o período 2000/2030: [notas metodológicas]*. Coordenação de População e Indicadores Sociais. <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv100359.pdf>
- Instituto de Pesquisa Económica Aplicada, IPEA (2020). IPEA revisa queda do PIB de 6% para 5% em 2020. *Carta de Conjuntura, Inflação*. <https://www.ipea.gov.br/cartadeconjuntura/index.php/2020/10/inflacao-19/>
- Instituto de Pesquisa Económica Aplicada, IPEA (2016). Desenvolvimento humano nas macrorregiões brasileiras. https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/20160331_livro-idhm.pdf

- Jornal NovaCana (2021). Preço spot da energia dispara com crise hídrica e deve bater teto, dizem analistas. *Cogeração de Energia*, 09 junho 2021. <https://www.novacana.com/n/cogeracao/preco-spot-energia-dispara-crise-hidrica-bater-teto-analistas-090621>
- Kowsari, R. & Zerruffinfi, H. (2011). Three dimensional energy profile: A conceptual framework for assessing household energy use. *Energy Policy*, Volume 39 (12), pp. 7497-7504. <https://www.cleancookingalliance.org/binary-data/RESOURCE/file/000/000/359-1.pdf>
- Lamas, W. & Giacaglia, G. (2013). The Brazilian energy matrix: Evolution analysis and its impact on farming, *Energy Policy*, Volume 63, pp. 321-327. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.09.009>.
- Leach, G. (1992). The energy transition. *Energy Policy*, Volume 20 (2), pp. 116-123. [https://doi.org/10.1016/0301-4215\(92\)90105-B](https://doi.org/10.1016/0301-4215(92)90105-B).
- Lima, L. Ribeiro, G. & Perez, R. (2018). The energy mix and energy efficiency analysis for Brazilian dairy industry. *Journal of Cleaner Production*, Volume 181, pp. 209-216. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.01.221>.
- Lin, B., Ankrah, I. & Manu, S. (2017). Brazilian energy efficiency and energy substitution: A road to cleaner national energy system. *Journal of Cleaner Production*, Volume 162, pp. 1275-1284. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.06.011>.
- López, J., Silva, M. & Souza, A. (2000). Consumo residencial de lenha em Cachoeira de Santa Cruz, Viçosa-MG, Brasil. *Árvore, Belo Horizonte*, Volume 24, pp. 423-8. <http://revistaarvore.org.br/1977-2002/24-4-2000/>
- Lúcio, J. (2007). Contributos do planeamento territorial para o combate à pobreza e à exclusão. *VI Congresso da Geografia Portuguesa*, pp. 1-21. http://www.apgeo.pt/files/docs/CD_VI_Congresso_APG/actas/comunicacoes.html
- Markovitch, J. (2018). *Repensar a Universidade – Desempenho Acadêmico e Comparações Internacionais*. COM-ARTE – Editora Laboratório do Curso de Editoração. 10.11606/9788571661868
- Mata, H. & Souza, A. (2000). Estimativa do consumo residencial de lenha num distrito do Estado de Minas Gerais, Brasil. *Árvore, Belo Horizonte*, Volume 24, pp.63-71.
- Melo, C., Jannuzzi, G. & Bajay, S. (2016). Nonconventional renewable energy governance in Brazil: Lessons to learn from the German experience. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 61, pp. 222-234. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.03.054>.
- Metrópoles (2019). *Professora adverte para efeitos da alta no uso de lenha para cozinhar. Entrevista a Adriana Gioda. 30 de junho de 2019.* <https://www.metropoles.com/brasil/economia-br/professora-adverte-para-efeitos-da-alta-no-uso-de-lenha-para-cozinhar>
- Ministério de Minas e Energia, MME (2020). Luz Para Todos 2020: mais de R\$ 1,1 bilhão é aprovado para continuidade das obras em 11 estados. *Assuntos, Notícias*. <https://www.gov.br/mme/pt>

br/assuntos/noticias/luz-para-todos-2020-mais-de-r-1-1-bilhao-e-aprovado-para-continuidade-das-obras-em-11-estad-1

- Nussbaumer P., Bazilian, M. & Modi, V. (2012). Measuring energy poverty: Focusing on what matters. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 16, Issue 1, 2012, pp. 231-243*, ISSN 1364-0321, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.07.150>.
- Oliveira, A., Melllo, A., Scolforo, J., Resende, J. & Melo, J. (2002). Avaliação econômica da vegetação de cerrado submetido a diferentes regimes de manejo. *Revista Árvore, Volume 26 (6), pp.34-56*. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622002000600008>
- Ouedraogo, N. (2017). Modeling sustainable long-term electricity supply-demand in Africa. *Applied Energy, Volume 190, pp.1047-1067*. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.12.162>.
- Pachauri, S. & Spreng, D. (2011). Measuring and monitoring energy poverty. *Energy Policy, Volume 39 (12), pp. 7497-7504*. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.07.008>.
- Pachauri, S., Mueller, A., Kemmler, A. & Spreng, D. (2004). On Measuring Energy Poverty in Indian Households. *World Development, Volume 32 (12), pp. 2083-2104*. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2004.08.005>.
- Passos, B., Simioni, F., Debori, T. & Dalan, B. (2016). Características do consumo residencial de lenha e carvão vegetal. *Floresta, Curitiba, Volume 46, pp.21-9*. <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/39714>
- Pereira, M. (2010). Políticas públicas de eletrificação rural na superação da pobreza energética brasileira: estudo de caso da bacia do Rio Acre-Amazônia. *Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Planejamento Energético, COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro*. <http://www.ppe.ufrj.br/index.php/pt/publicacoes/teses-e-dissertacoes/2011/609-politicas-publicas-de-eletrificacao-rural-na-superacao-da-pobreza-energetica-brasileira-estudo-de-caso-da-bacia-do-rio-acre-amazonia>
- Pereira, M., Freitas, M. & Silva, N. (2010). Rural electrification and energy poverty: Empirical evidences from Brazil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 14 (4), pp. 1229-1240*. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.12.013>.
- Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua, PNADc (2019). *Características gerais dos domicílios e dos moradores 2019*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE. https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101707_informativo.pdf
- Petersen, H. (1982). Gainers and losers with lifeline electricity rates. *Public Utilities Fortnightly, Volume 110 (11), s.p.* <https://www.osti.gov/biblio/6543401>
- Pottmaier, D., Melo, C., Sartor, M., Kuester, S., Amadio, R., Fernandes, C., Marinha, D. & Alarcon, O. (2013). The Brazilian energy matrix: From a materials science and engineering perspective. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 19, pp. 678-691*. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.11.063>

- Ramos, M., Medeiros, P., Almeida, A., Feliciano, A. & Albuquerque, U. (2008). Can wood quality justify local preferences for firewood in an area of caatinga (dryland) vegetation? *Biomass and Bioenergy*, Volume 32 (6), pp.503-509. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2007.11.010>.
- Rego, E. & Ribeiro, C. (2018). Successful Brazilian experience for promoting wind energy generation. *The Electricity Journal*, Volume 31 (2), pp. 13-17. <https://doi.org/10.1016/j.tej.2018.02.003>.
- Ribeiro, F. & Santos, J. (1994). Política de eletrificação rural: superando dilemas institucionais. *Revista do BNDES, Rio de Janeiro, Volume 1 (2), p. 131-152*. <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/10677>
- Rosa, L. (2011). A razão das hidrelétricas. *Folha de S. Paulo, Opinião, Tendências/Debates: Os esforços do governo para construir a usina de Belo Monte devem ser mantidos?* <https://www1.folha.uol.com.br/fsp/opiniao/fz1202201107.htm>
- Rosa, L. (2000). A Falta de Energia Elétrica e a Sobra do Gás. COPPE. *Planeta Coppe Notícias, Artigos*. <https://www.coppe.ufrj.br/pt-br/a-falta-de-energia-eletrica-e-a-sobra-de-gas>
- Rosa, L. (2000b). Uma Proposta para a Crise Elétrica e Furnas. Instituto de Mudanças Globais. *Planeta Coppe Notícias, Artigos*. <https://www.coppe.ufrj.br/pt-br/uma-proposta-para-a-crise-eletrica-e-furnas>
- Sachs, J. (2005). *The End of Poverty: Economic Possibilities for our Time*. The Penguin Press. http://www.economia.unam.mx/cedrus/descargas/jeffrey_sachs_the_end_of_poverty_economic_possibilities_for_our_time__2006.pdf
- Sales, C. (2019). Ausência do estado e perdas de energia. *Estadão*. <https://economia.estadao.com.br/noticias/geral,ausencia-do-estado-e-perdas-de-energia,70002768016>
- Sareen, S., Thomson, H., Herrero, S., Gouveia, J., Lippert, I. & Lis, A. (2020). European energy poverty metrics: Scales, prospects and limits. *Global Transitions, Volume 2, pp. 26-36*. <https://doi.org/10.1016/j.glt.2020.01.003>.
- Sgarbi, F. (2013). Modelos De transição energética residencial e o acesso a serviços energéticos limpos: Uma análise a partir de dois estudos de caso. *Dissertação de Mestrado em Energia, Universidade de São Paulo*. <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/86/86131/tde-11092013-124241/pt-br.php>
- Silva, R., Mathias, F. & Bajay, S. (2018). Potential energy efficiency improvements for the Brazilian iron and steel industry: Fuel and electricity conservation supply curves for integrated steel mills. *Energy, Volume 153, pp. 816-824*. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.04.055>.
- Specht, M., Pinto, S., Albuquerque, U., Tabarelli, M. & Melo, F. (2015). Burning biodiversity: Fuelwood harvesting causes forest degradation in human-dominated tropical landscapes. *Global Ecology and Conservation, Volume 3, pp.200-209*. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2014.12.002>.
- Srour, S. (2005). A Reforma do Estado e a Crise no Setor de Energia Elétrica: Uma Visão Crítica do Caso Brasileiro. *Dissertação de Mestrado, Fundação Getúlio Vargas, Escola Brasileira de Administração Pública e de Empresas*. <https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/handle/10438/3354>

- The World Bank, Banco Mundial (2019). *2019 Sustainability Review*. The World Bank, IBRD – IDA. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/283841579183518125/pdf/Sustainability-Review-2019.pdf>
- The World Bank, Banco Mundial (2011). *World Development Indicators 2011*. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/245401468331253857/pdf/626990PUB0W-DI0000public00BOX361489B.pdf>
- Tolmasquin, M. (2000). As origens da crise energética brasileira. *ANPPAS – Revista Ambiente e Sociedade*, n° 6/7, pp. 179-183. <https://www.scielo.br/j/asoc/a/47YNhcdZ9PXxNfHg7kDgdsy/?lang=pt&format=pdf>
- Tolmasquin, M., Guerreiro, A. & Gorini, R. (2007). Matriz energética brasileira: uma prospectiva. *Novos Estudos, CEBRAP, Volume 79, pp. 47-69*. <https://doi.org/10.1590/S0101-33002007000300003>
- United Nations. Department of Economic and Social Affairs (2011). *World Population Prospects: The 2010 Revision*. <https://www.undp.org/en/development/desa/publications/world-population-prospects-the-2010-revision.html>
- United Nations Development Programme, UNDP (2000). World Energy Assessment: Energy and the Challenge of Sustainability. *United Nations Development Programme, Department of Economics and Social Affairs*. <https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/publications/World%20Energy%20Assessment-2000.pdf>
- United Nations Development Programme, UNDP (s.d.). *Plataforma Agenda 2030*. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. <http://www.agenda2030.com.br/>
- Vale, A. T., Resende, R., Gonzalez, J. C. & Costa, A. F. (2003). Estimativa do Consumo Residencial de Lenha em uma Pequena Comunidade Rural do Município de São João D’aliança, GO. *Ciência Florestal, Santa Maria, Volume 13, pp.159-65*. <https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/1752>
- Wang, Q., Kwan, M., Fan, J. & Lin, J. (2021). Racial disparities in energy poverty in the United States. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 137, 110620*. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110620>.