



UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE  
INSTITUTO DE ESTUDOS ESTRATÉGICOS  
MBA EM ESTUDOS ESTRATÉGICOS E RELAÇÕES INTERNACIONAIS



TÚLIO ZAMBALDI OLIVEIRA BARRÊTO

**SEGURANÇA ENERGÉTICA: RISCO SISTÊMICO E FLEXIBILIDADE DO  
SISTEMA INTERLIGADO NACIONAL**

Niterói  
2023

**SEGURANÇA ENERGÉTICA: RISCO SISTÊMICO E FLEXIBILIDADE DO  
SISTEMA INTERLIGADO NACIONAL**

Trabalho de conclusão de curso de MBA apresentado ao Instituto de Estudos Estratégicos da Universidade Federal Fluminense com parceria ao Centro de Instrução Sylvio de Camargo (Marinha do Brasil) como requisito parcial para a obtenção do título de MBA em Relações Internacionais.

Niterói  
2023

**Folha de Aprovação de Trabalho de Conclusão de Curso em Relações Internacionais  
(Monografia)**

**Título do Trabalho:** Segurança energética: risco sistêmico e flexibilidade do Sistema Interligado Nacional

**Aluno:** Túlio Zambaldi Oliveira Barrêto

**Avaliadores**

---

**Avaliador 01:** Prof. Dr. Bruno Pessoa Villela (leitor)

---

**Avaliador 02:** Me. Pedro Henrique Miranda Gomes (orientador)

<b>Notas</b>	<b>dos</b>
<b>Avaliadores</b>	
<b>Nota 1</b>	
<b>Nota 2</b>	

À minha esposa, pela compreensão quanto à minha ausência durante a confecção deste trabalho.

## **RESUMO**

A segurança energética é um tema que avulta de importância ao longo da evolução industrial e tecnológica mundial, e se torna constantemente debatida nas políticas energéticas dos países para a garantia do seu crescimento econômico e bem-estar da sua população. Nesse sentido, este estudo, inicialmente, elenca alguns dos conceitos difundidos e observa-se o fato dele não ser definido claramente, mas todos permearem a questão da garantia da cadeia de suprimentos a preços acessíveis. Apresentamos o conceito no Brasil, o qual é definido por cinco aspectos: diversificação da matriz energética, garantia de suprimento, preços acessíveis, sustentabilidade e aspectos sociais, para em seguida expor a evolução do SEB e sua contribuição para segurança energética nacional. Por fim, expusemos as contribuições da usina Itaipu na segurança energética do país, da qual concluímos que o Brasil tem avançado na busca pela segurança energética, principalmente, após a crise energética de 2001, e que Itaipu vem perdendo

relevância como ativo eletroenergético, porém, ainda contribui significativamente para a segurança energética do país.

Palavras-chave: Segurança Energética, Brasil, SEB, Itaipu

### **ABSTRACT**

Energy security is a topic that has become increasingly important throughout the world's industrial and technological evolution and is constantly debated in the energy policies of countries to ensure their economic growth and the well-being of their population. In this sense, this study, initially, lists some of the widespread concepts and it is observed that they are not clearly defined, but all permeate the issue of ensuring the supply chain at affordable prices. We presented the concept in Brazil, which is defined by five aspects: diversification of the energy matrix, guarantee of supply, affordable prices, sustainability and social aspects, and then expose the evolution of SEB and its contribution to national energy security. Finally, we presented the

contributions of the Itaipu plant to the country's energy security, from which we conclude that Brazil has advanced in the search for energy security, especially after the energy crisis of 2001. Finally, we exposed the contributions of the Itaipu plant in the country's energy security, from which we conclude that Brazil has advanced in the search for energy security, especially after the energy crisis of 2001, and that Itaipu has been losing relevance as an electro-energy asset, however, it still contributes significantly to the country's energy security.

Keywords: Energy Security, Brazil, Brazilian Electrical System, Itaipu

## **LISTA DE ILUSTRAÇÕES**

### **FIGURAS**

Figura 1 - Variáveis

Figura 2 - Dimensões da Segurança Energética

Figura 3 - Oferta Interna de Energia 2022

Figura 4 - SIN em 1999

Figura 5 - SIN em 2022

## **TABELAS**

Tabela 1 - Indicadores analisados

Tabela 2 - Capacidade Instalada de Geração Elétrica (MW),

## **GRÁFICOS**

Gráfico 1 - Evolução da Matriz Elétrica

Gráfico 2 - Disponibilidade de energia e participação no mercado paraguaio,

Gráfico 3 - Relação geração de energia elétrica de Itaipu/oferta interna de energia nacional e geração de energia elétrica de Itaipu/geração hidrelétrica total nacional.

Gráfico 4 - Oferta interna de energia, Geração de Eletricidade Total e Geração de Itaipu.

Gráfico 5 - Indisponibilidade Forçada.

Gráfico 6 - Custo Corrigido x Custo Real

## **SUMÁRIO**

### **INTRODUÇÃO**

### **CAPÍTULO 1. SEGURANÇA ENERGÉTICA**

#### **1.1 Conceito de Segurança Energética**

#### **1.2 Segurança energética como gestão de riscos**

#### **1.3 Conceito Segurança Energética no Brasil**

##### **1.3.1 Elementos da segurança energética brasileira**

### **CAPÍTULO 2. SISTEMA ELÉTRICO BRASILEIRO**

#### **2.1 Histórico**

#### **2.2 O Sistema Interligado Nacional (SIN)**

### **2.2.1 Evolução do SIN**

### **2.3 Matriz Elétrica Brasileira**

## **CAPÍTULO 3. Itaipu Binacional**

### **3.1 Histórico**

### **3.2 Contribuição de Itaipu nos requisitos da segurança energética brasileira**

#### **3.2.1 Diversificação da matriz energética**

#### **3.2.2 Garantia de suprimento**

#### **3.2.3 Preços acessíveis**

#### **3.2.4 Sustentabilidade**

#### **3.2.5 Aspectos Sociais**

## **CONCLUSÃO**

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

## **INTRODUÇÃO**

O advento da energia elétrica e os desenvolvimentos de tecnologia para a sua produção caracterizaram a segunda revolução industrial, ocorrida principalmente entre o final do século XIX e o início do século XX, a qual foi marcada pela criação do dínamo pelo Michael Faraday, o qual permitiu a geração de energia elétrica em larga escala e sua distribuição, pela substituição dos motores a vapor por motores elétricos, os quais aumentaram a eficiência e redução de custos dos processos produtivos e, por conseguinte, aceleração do desenvolvimento industrial, que proporcionou inúmeros avanços sociais, econômicos e tecnológicos em muitas partes do mundo.

Atualmente, com o avanço contínuo da modernização tecnológica e o aumento do padrão de vida, tornou-se ainda mais evidente a nossa dependência da energia elétrica. Esse



recurso se tornou imprescindível tanto para os processos de produção industrial quanto para as atividades cotidianas mais simples. Dessa forma, a eficiência, a confiabilidade e a continuidade do fornecimento de energia tornaram-se requisitos indispensáveis para garantir o ininterrupto desenvolvimento nacional. Nesse contexto, o tema da segurança energética está constantemente em pauta dentro dos planejamentos estratégicos de uma nação, principalmente diante do aumento do consumo energético, as questões ambientais, a escassez de recursos e a necessidade de investimentos em infraestrutura energética.

As usinas geradoras de energia, sejam elas de qualquer natureza, para garantir confiabilidade e continuidade de transmissão, devem estar integradas entre si e ao mercado consumidor, em um sistema no qual seja possível fazer o redirecionamento/desligamento das geradoras e cargas, de forma a otimizar a utilização da energia elétrica no país. Por isso, foi criado o Sistema Interligado Nacional em 1998, gerenciado pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico, cuja função é a transferência eficiente e confiável de eletricidade entre diferentes regiões, garantindo o suprimento contínuo de energia para os consumidores.

A matriz energética brasileira vem se diversificando ao longo do século XXI, após a crise energética de 2001, na tentativa de garantir o suprimento de forma eficiente, econômica e mais ininterrupta possível. Porém, ela ainda se apresenta extremamente dependente das fontes hidrelétricas, dentro das quais, podemos citar a maior usina hidrelétrica do país, Usina de Itaipu-Binacional. Essa dependência gera uma incerteza não só devido à imprevisibilidade do regime pluviométrico, mas também pelas possíveis falhas operacionais ou estruturais, acarretando um desligamento das redes de transmissão, afetando milhões de consumidores e causando prejuízos milionários ao país.

Exemplo desta questão, podemos citar o blecaute ocorrido em 2011, derivado de uma falha em um dos componentes do reator da Linha de Transmissão de 765kV que liga Foz do Iguaçu e Ivaiporã, afetando 12 estados brasileiros das regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Norte. Ou seja, uma usina da grandiosidade de Itaipu representa um valor estratégico imenso no Sistema Elétrico brasileiro, e como forma de estratégia de segurança energética, alternativas a esse tipo de evento devem ser desenvolvidas.

É importante ressaltar que a segurança energética é um tema de extrema relevância e urgência, visto que está diretamente ligada à sustentabilidade e ao futuro das nações. Nesse contexto, o aprofundamento na análise dos aspectos de segurança energética brasileira, com foco em uma usina tão emblemática como Itaipu, representa uma contribuição valiosa para a

compreensão de nossos desafios atuais e a formulação de estratégias eficazes para garantir a continuidade do desenvolvimento do nosso país.

Dentro deste contexto estratégico, o trabalho tem como objetivo testar a hipótese: a partir do racionamento de energia elétrica em 2001, aumentaram ou não a segurança energética brasileira, com base no estudo de caso da UHE Itaipu, como vistas as variáveis na Figura 1. Inicialmente, para tal, abordaremos o conceito de segurança energética do ponto de vista brasileiro e seus aspectos. Em seguida, apresentaremos as mudanças ocorridas no SIN e seus impactos no sistema elétrico como um todo, para no final, estudarmos o caso Itaipu e qual a sua participação na segurança energética nacional.

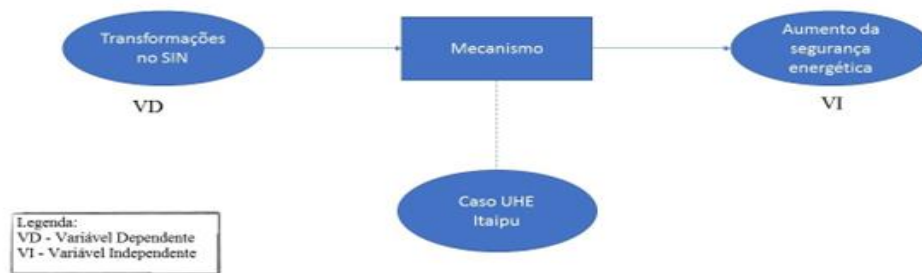


Figura 1 – Variáveis

A análise se dará por meio de um estudo de caso, com viés comparativo entre o SIN anterior e posterior ao racionamento supracitado por meio de revisão bibliográfica de artigos, trabalhos acadêmicos e, planos e relatórios das agências de controle atinente aos indicadores descritos na Tabela 1. Sobre o estudo de caso, Yin (2001) argumenta que se pode usar “quando deliberadamente quisesse lidar com condições contextuais - acreditando que elas poderiam ser altamente pertinentes ao seu fenômeno de estudo.”

Empregaremos, no nosso estudo, a técnica de métodos mistos, que segundo Creswell (2007), é a técnica na qual “A coleta de dados também envolve a obtenção tanto de informações numéricas (por exemplo, em instrumentos) como de informações de texto (por exemplo, em entrevistas), de forma que o banco de dados final represente tanto informações quantitativas como qualitativas.”.

Tabela 1 - Indicadores analisados

<b>Indicadores</b>
Diversificação da matriz

Garantia de Suprimento
Sustentabilidade
Preço

A divisão dos capítulos será da seguinte forma:

No primeiro capítulo será abordado o conceito de segurança energética e os seus requisitos, e como o Brasil tem tratado essa questão nos últimos vinte anos, de forma que possamos definir, do ponto de vista brasileiro, quais são os aspectos mais adequados à nossa realidade.

No segundo capítulo, serão mostradas como a matriz eletroenergética brasileira se configura, dados de operação e as transformações ocorridas no Sistema Interligado Nacional (SIN), dentre elas, a ampliação de outras fontes de energia renováveis.

No terceiro capítulo serão citados dados históricos do acordo Brasil-Paraguai, como contexto político-econômico de ambos os países, números da construção e operação da UHE Itaipu, e a contribuição de Itaipu nos requisitos da segurança energética brasileira.

## **CAPÍTULO 1. SEGURANCA ENERGÉTICA**

Será abordado nesse capítulo o conceito de segurança energética no Brasil, mas precisamos, inicialmente, compreender em que contexto esse termo foi introduzido, e algumas de suas definições gerais criadas ao longo do tempo, para em seguida, nos demais capítulos, com o conceito definido no âmbito interno, seguir com o estudo proposto.

### **1.1 Conceito de Segurança Energética**

O conceito de segurança energética tem raízes históricas que remontam às crises do petróleo da década de 1970, quando os países árabes da OPEP impuseram um embargo petrolífero que resultou em um aumento de 800 % nos preços em apenas alguns meses. Essas crises energéticas históricas desencadearam uma mudança de paradigma na percepção da importância da energia como um elemento vital para a estabilidade econômica e política das nações, principalmente para os importadores de petróleo. (FUSER, 2013 *apud* MURADÁS, 2023)

No cenário em que os Estados Unidos, o maior consumidor mundial de petróleo, consideram a garantia do fornecimento de energia uma prioridade estratégica na implementação da Doutrina Carter, a definição clássica de segurança energética ganhou novo propósito:

“assegurar o fornecimento adequado e confiável de energia a preços razoáveis e de forma a não comprometer os principais valores e objetivos nacionais” (YERGIN, 1998 *apud* GOMES, NEVES, 2022)

Para os atores globais tal conceito remonta ao “aporte confiável, amplo e diversificado e a preços acessíveis de suprimentos de petróleo e gás (e seus equivalentes futuros) para os Estados Unidos, seus aliados e parceiros – e a infra-estrutura adequada para levar esses suprimentos ao mercado” (KALICKI, GOLDWIN, 2005 *apud* FUSER, 2011)

Já na visão de Nina (2020, p.26-27), a dependência excessiva do petróleo importado e as consequências econômicas dessas crises levaram muitos países a reavaliarem suas estratégias de segurança energética, estimulando a busca por fontes alternativas de energia, a diversificação da matriz energética e o desenvolvimento de políticas energéticas mais robustas.

A resposta à crise de 1973 resultou na criação da Agência Internacional de Energia (AIE), uma resposta institucional à OPEP. A AIE buscava mitigar a vulnerabilidade dos países importadores de petróleo, promovendo a produção interna, eficiência energética e a formação de estoques estratégicos de energia. A AIE se tornou um centro técnico em políticas energéticas e definiu o conceito de segurança energética como aquele definido por Daniel Yergin. Isso reflete a ideia de que a segurança energética envolve a redução da vulnerabilidade a interrupções e flutuações de preços. (NINA, 2020, p.27)

Porém, segundo Nina (2020), a natureza econômica proeminente deste conceito deixa para trás uma série de conceitos políticos que são decisivos para a segurança energética nacional. Mesmo analisados nos seus próprios termos, os conceitos de “disponibilidade ininterrupta” e “preços acessíveis” podem ser expandidos numa gama de elementos capazes de infundir significados totalmente diferentes de acordo com a situação do país.

Por exemplo, segundo o mesmo autor, o termo “preço acessível”, pode ter aspectos diferentes entre os países, e embora o termo possa ser interpretado como um nível de preços que evita distorções graves do mercado, não existe um indicador que seja considerado ótimo mundialmente. Os importadores desejam reduzir ao máximo o custo da aquisição, enquanto exportadores e intermediários querem ter a maximização dos seus lucros. Logo, a questão dos preços ilustra um aspecto óbvio e importante: a segurança energética pode não significar a mesma coisa.

O segundo elemento, “disponibilidade ininterrupta”, é também mais complexo do que pode parecer à primeira vista, visto que eventuais interrupções no fornecimento podem

responder a inúmeras variáveis, intencionais ou não intencionais. Os problemas técnicos involuntários que afetam as infraestruturas energéticas, seja na geração, transmissão ou distribuição, podem surgir de falhas operacionais, manutenção inadequada, utilização de tecnologia obsoleta, catástrofes naturais ou eventos climáticos severos. As interrupções deliberadas no fornecimento podem ser causadas por atos criminosos como sabotagem, transferências clandestinas, terrorismo, pirataria ou, mais recentemente, ameaças cibernéticas, além de falhas na política energética. (NINA, 2020, p.29)

Como percebe-se, o tema segurança energética é complexo, e tal complexidade faz necessário o estudo direcionado aos aspectos e dimensões daquela situação ou país. Portanto, no próximo tópico, iremos verificar como o Brasil conceitua a segurança energética, para direcionarmos nosso estudo.

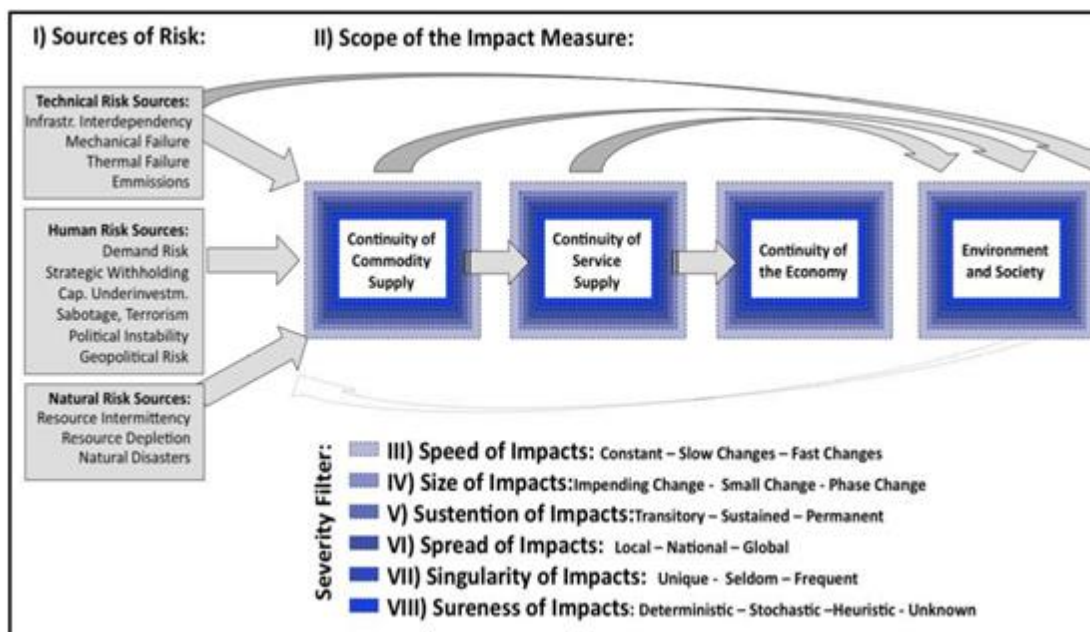
## **1.2 Segurança energética como gestão de riscos**

Winzer (2011) afirma que o termo “segurança energética” não foi ainda claramente definido, o que torna difícil de medi-lo e de balanceá-lo contra outras políticas de governo. Porém, segundo seu estudo sobre os diversos conceitos apresentados ao longo do tempo, ele percebeu que há um consenso de que a segurança está relacionada a riscos. Portanto, afirma que as ameaças na segurança energética estão ligadas ao impacto na cadeia de abastecimento de energia e descreve tal que a ideia comum de seu conceito é “ausência, proteção ou adaptabilidade a ameaças que são causadas ou tem impacto na cadeia de suprimentos”.

Entretanto, ele atenta ao leitor que mesmo com essa definição, a quantidade de ameaças pode ser imensa devido às diferentes interpretações dos autores, que delimitam a análise a um subconjunto da lista de possíveis ameaças. Essas diferenças conceituais, segundo o autor, estão compreendidas em uma ou mais das oito dimensões a seguir, e representadas esquematicamente na Figura 2:

- Fonte de risco;
- Âmbito da medida do impacto;
- Velocidade do impacto da ameaça;
- Tamanho do impacto da ameaça;
- Sustentação do impacto da ameaça;
- Propagação do impacto da ameaça;
- Singularidade do impacto da ameaça;
- Certeza da ameaça;

Figura 2 - Dimensões da Segurança Energética



Fonte: Winzer, 2011, p.10

As “fontes de risco” são os tipos de riscos avaliados nos estudos e se dividem em três categorias: as fontes de riscos técnicos, as quais são definidas por falhas em componentes estruturais como linhas de transmissão e geradores; as fontes de riscos humanos, definidas por atividades humanas como flutuações de demanda, retenção estratégica de suprimentos, terrorismo entre outros; e as fontes de riscos naturais, definidas por desastres naturais, esgotamento de reservas de combustíveis fósseis.

O “âmbito da medida do impacto” descreve como a segurança energética é medida, e é dividida em quatro categorias: continuidade do abastecimento de commodities, que é afetada pela alteração da disponibilidade ou do preço de commodities energéticas, como petróleo, gás, carvão ou eletricidade; continuidade no serviço de abastecimento, a qual é afetada pela mudança na disponibilidade ou o preço dos serviços energéticos, como aquecimento, iluminação, comunicação ou transporte, a depender da resiliência do consumidor final à interrupção do abastecimento, alteração na disponibilidade e preço de commodities; continuidade econômica do país, cujo impacto depende da repercussão na economia e desutilidade das interrupções causados pela alteração na disponibilidade e preço dos serviços de energia; e segurança humana e sustentabilidade ambiental, o quais se referem aos impactos do abastecimento de energia no bem-estar da sociedade e no meio ambiente.

A “velocidade do impacto da ameaça” diz respeito à escala de tempo em que os impactos do risco se materializam, e é dividida em três velocidades diferentes: escassez constante, que pode ser vista no potencial de energia renovável de um país; estresses lentos (longo prazo), os quais seriam, por exemplo, o esgotamento dos combustíveis fósseis, a acumulação de gases com efeito de estufa ou uma demanda crescente; e os choques rápidos, (curto prazo) seriam perturbações políticas, falhas técnicas ou intermitências.

O “tamanho do impacto da ameaça” se refere à magnitude das mudanças na escassez, dentro da área afetada, e se divide em três níveis: mudanças iminentes, que indicam a maior probabilidade de impactos negativos sem ter um impacto direto sobre os consumidores. As pequenas mudanças, como os riscos de volatilidade de preços e aumento marginal da temperatura global, têm um impacto nos consumidores, mas não mudam como o sistema funciona. Por fim, os riscos como interrupção de fornecimento ou aumento expressivo no aquecimento global podem ser vistos como “*phase changes*” visto seu impacto direto nos consumidores e mudam como o sistema funciona.

A “sustentação do impacto da ameaça” se refere ao tempo de persistência do impacto da ameaça, e se divide em três níveis: os impactos transitórios como os das pequenas interrupções e variações de preço no curto-prazo. Os impactos sustentados causados por ameaças que ocorrem em baixa velocidade ou ameaças rápidas que excedem determinado tamanho e duram um tempo considerável. E os impactos permanentes, como a redução dos níveis das fontes de combustível fóssil, que impedem o sistema de voltar ao seu estado original.

A “propagação do impacto da ameaça” diz respeito ao tamanho da maior unidade geográfica que é simultaneamente afetada, e se divide em três níveis: local, que representa impacto desde um consumidor até uma região inteira dentro de um país, por exemplo, uma falha de um componente técnico. A nível nacional, como problemas políticos que interferem na exportação, e conseqüentemente, importação. Já as ameaças ambientais, como tempestades solares ou mudanças climáticas, afetam todos os países simultaneamente, logo estão em nível global.

A “singularidade do impacto da ameaça” descreve a frequência das recorrências e são divididas em três níveis: as únicas, aquelas que nunca ocorreram antes, como esgotamento de combustíveis ou guerra nuclear; as infrequentes, que já aconteceram no passado, mas não são frequentes, como as catástrofes ambientais ou problemas políticos; as frequentes, que englobam, por exemplo, falhas técnicas ou alteração da velocidade do vento.

A “certeza das ameaças” é o nível de incerteza sobre elas e se divide em quatro níveis: as previsíveis, as quais podem ser calculadas, como o esgotamento de recursos através do taxa de extração pela quantidade disponível; as probabilísticas, como se verifica nos casos de intermitência de recursos ou de falhas técnicas, em que o momento exato é incerto, mas a probabilidade pode ser estimada através da análise de ocorrências passadas; as heurísticas, ameaças que podem ser antecipadas, mas difíceis de prever. Exemplos disso incluem convulsões políticas ou atos de terrorismo. Finalmente, algumas ameaças podem ser completamente desconhecidas, como o aquecimento global antropogênico, que não foi reconhecido como um risco potencial até os seus efeitos começarem a tornar-se evidentes.

Winzer (2011) também aponta que há diversas interdependências entre as dimensões, de modo que se o valor ao longo de uma das dimensões fosse completamente determinado pelo valor de outra dimensão, não faria sentido considerar estas dimensões como critérios separados.

A rapidez de uma ameaça muitas vezes está relacionada ao seu impacto, pois sistemas têm menos tempo para se adaptar. No entanto, a adaptação pode não ser possível, levando a interrupções mesmo em ameaças gradualmente crescentes, como esgotamento de recursos. A incerteza aumenta em ameaças singulares devido à falta de dados de medição, como as mudanças climáticas causadas pelo homem. Eventos de alta frequência tendem a ser mais previsíveis, mas existem exceções, como eventos raros que podem ser previstos com precisão, como tempestades solares. A singularidade e a rapidez de uma ameaça também estão relacionadas, enquanto ameaças lentas não podem ser frequentes, o contrário é possível.

Além disso, a disseminação geográfica das ameaças geralmente amplia seu impacto. Embora o dano acumulado por aumentos nos preços de commodities para um pequeno número de consumidores possa não afetar significativamente a economia de um país, aumentos simultâneos para todos os consumidores podem influenciar fortemente a continuidade da economia. Porém, ameaças de menor alcance local podem ter um grande impacto regional ou nacional, mas o inverso não é verdade, pois o âmbito dos impactos pode ser igualmente amplo se a menor propagação das ameaças for compensada por um maior tamanho de impacto a nível local.

### **1.3 Conceito Segurança Energética no Brasil**



Como visto no capítulo anterior, o conceito de segurança energética é multifacetado, dependente do contexto, e abrange uma vasta gama de variáveis. É amplamente reconhecido que o termo vai além de garantir um fornecimento estável de energia.

No Brasil, o planejamento energético teve início no final do século XIX, com a construção das primeiras usinas hidrelétricas. Ao longo do século XX, o setor energético brasileiro passou por diversas transformações, incluindo a criação do Ministério de Minas e Energia – MME (1960), da Eletrobrás em 1962, assinatura do Tratado de Itaipu em 1973, a implementação do Proálcool em 1975 e a privatização do setor na década de 1990. Durante esse período, o planejamento energético foi realizado principalmente pelo governo federal, por meio de planos quinquenais e programas setoriais. (Monteiro, 2017, p.21-28)

Na década de 2000, o planejamento energético brasileiro passou por uma mudança significativa com a criação da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) em 2004. A EPE é responsável por elaborar estudos e planos energéticos de longo prazo, considerando as perspectivas de oferta e demanda de energia elétrica, as alternativas de expansão do setor e as tendências tecnológicas. (Monteiro, 2017, p.32-33)

Contudo, o Brasil carece de uma abordagem específica sobre o conceito, as implicações da segurança energética no país e como lidar com a questão. O único documento em que o governo brasileiro busca detalhar com mais precisão o que significa segurança energética é a Matriz Energética Nacional 2030 (MEN-2030), elaborado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) e publicado pelo Ministério de Minas e Energia (MME) em 2007. (Paiva, Castro, Pedro, 2017, p.17)

Por segurança energética de um país compreender-se-á o adequado suprimento de energia necessário, a preços razoáveis e estáveis, para o seu desenvolvimento econômico sustentável. É importante ressaltar que o conceito de desenvolvimento sustentável, entende-se construído sobre outros três conceitos interdependentes e mutuamente sustentadores — desenvolvimento econômico, desenvolvimento social e proteção ambiental, incorrendo, portanto, no compromisso entre-gerações.

De maneira sucinta os cinco elementos tradicionais para a análise da segurança energética são os centros de demanda, a logística e fontes de suprimento energético, a geopolítica, a estrutura de mercado e a análise das instituições.

A segurança energética per si nos orienta então a buscar fontes alternativas de energia, maior competição na oferta de energia, eficiência energética, diversificação energética, a elaboração de planos de contingência e outras políticas. (MME, 2007)

Dentro do conceito apresentado, para compreender plenamente o termo no contexto do Brasil, é necessário considerar a estrutura da matriz energética nacional, e isto inclui a promoção da diversificação das fontes de energia e a abordagem das implicações da predominância das energias renováveis. Além disso, é essencial avaliar o papel do Brasil como

importador e exportador de recursos energéticos, bem como a necessidade de expandir a oferta doméstica de energia e, ao mesmo tempo, aderir aos compromissos internacionais para a sustentabilidade ambiental, cuja definição apresentada é ampla o suficiente para abranger qualquer aspecto relacionado ao desenvolvimento sustentável do país, seja direta ou indiretamente. (NINA,2020, p.115)

Desta forma, podemos identificar os requisitos dos citados na Tabela 1, que serão explorados no próximo tópico:

- Diversificação da matriz
- Garantia de Suprimento
- Sustentabilidade
- Preço

### **1.3.1 Elementos da segurança energética brasileira**

Neste tópico caracterizaremos a matriz energética brasileira, a garantia de suprimento, a sustentabilidade e o preço no que tange à segurança energética.

#### **a) Matriz energética brasileira**

O Brasil é um país com uma matriz energética diversificada, com uma grande participação de fontes renováveis em comparação com outros países. De acordo com dados do Balanço Energético Nacional 2023, as fontes renováveis somam 47,4% da energia ofertada no país, enquanto a média mundial de participação de energias renováveis nas matrizes fica em torno de 14,1%. Entre os países da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), esse índice é de 11,5%. Em termos de matriz elétrica, a participação das energias renováveis é ainda mais expressiva: 87,9% da oferta interna de eletricidade no Brasil provém dessas fontes. (EPE, 2023, p. 12,36).

Merece destaque, em especial, a hidroeletricidade, que responde por 61,9% da oferta de energia elétrica no país, enquanto a média mundial não ultrapassa 23,1%. Com suas mais de 1.300 usinas hidrelétricas distribuídas por todas as regiões hidrográficas do território, o Brasil é um dos maiores produtores de energia hidrelétrica do mundo. (EPE, 2023, p.35)

Além da hidroeletricidade, outras fontes renováveis importantes na matriz energética brasileira incluem a biomassa, que responde por 15,4% da oferta interna de energia, e a energia eólica, que tem crescido rapidamente nos últimos anos e já representa 2,3% da oferta interna de energia. A energia solar ainda tem uma participação pequena na matriz energética brasileira, 1,2%, mas tem crescido significativamente nos últimos anos, impulsionada por políticas públicas de incentivo e pela queda nos preços dos equipamentos. (EPE, 2023, p.16)

A diversificação da matriz energética brasileira é uma das principais estratégias do governo para aumentar a segurança energética do país e reduzir a dependência de fontes fósseis de energia, como o petróleo e o gás natural. Além disso, a diversificação da matriz energética é vista como uma forma de contribuir para a mitigação das mudanças climáticas, uma vez que as fontes renováveis emitem menos gases de efeito estufa do que as fontes fósseis.

Figura 3 - Oferta Interna de Energia 2022

## Repartição da Oferta Interna de Energia (OIE) 2022



\* Inclui importação de eletricidade  
\* Inclui as fontes solar fotovoltaica e solar térmica

Página 16



Fonte: EPE, 2023, p.16

### b) Garantia de fornecimento

Um dos objetivos centrais para alcançar o desenvolvimento sustentável completo é manter um fornecimento consistente e confiável de energia. As interrupções no fornecimento de energia representam um risco sistêmico que deve ser identificado para que sejam tomadas as medidas necessárias para serem mitigados. (PAIVA, CASTRO, LIMA, 2017, p. 24)

Embora seja possível enfrentar situações exigentes ou utilizar métodos não convencionais, a manutenção da segurança energética no sentido descrito é um aspecto integrante das políticas e medidas governamentais padrão. Essa segurança é intrínseca à garantia de um fornecimento de energia consistente e suficiente, necessitando de vigilância persistente e foco em tarefas rotineiras. (PAIVA, CASTRO, LIMA, 2017, p. 24)

Apesar dos avanços na diversificação da matriz energética, o Brasil ainda enfrenta desafios significativos na área de energia. Um dos principais desafios é a dependência do petróleo importado, cujo volume, segundo a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (2023), foi de 100,3 milhões de barris em 2022, o que o torna vulnerável às flutuações dos preços e disponibilidade desses combustíveis no mercado internacional.

Além disso, o país ainda é muito dependente da hidroeletricidade, o que pode ser um problema em períodos de seca, quando os reservatórios das usinas hidrelétricas podem ficar abaixo do nível ideal. Apesar de sua capacidade de geração de energia elétrica, o Brasil ainda é um importador líquido de energia elétrica. Segundo dados de 2023 do Balanço Energético Nacional, o país importou 1,9% da eletricidade consumida.

Outra área em que o Brasil tem buscado ampliar sua participação no mercado internacional de energia é a energia eólica. O país tem um grande potencial de produção de energia eólica, especialmente nas regiões litorâneas, e tem investido em projetos de construção de parques eólicos.

Dentro da dimensão “Fontes de Risco” de Winzer, 2011, há a presença do risco técnico cujas falhas de componentes comprometem o suprimento de energia e pode ter um impacto nacional, mesmo que por pouco tempo. Desta forma, a modernização e ampliação do Sistema Interligado Nacional juntamente com a promoção de novas energias renováveis contribui para a continuidade no fornecimento de energia elétrica.

Portanto, para enfrentar os desafios de suprimento, o governo brasileiro tem adotado uma série de medidas, incluindo a promoção de fontes alternativas de energia, como o etanol e o biodiesel. Além disso, o Brasil tem buscado ampliar sua participação no mercado internacional de energia, tanto na área de petróleo e gás quanto na área de energia renovável. O país tem investido em projetos de exploração de petróleo e gás em águas profundas, como o pré-sal, e tem buscado estabelecer parcerias com outros países para a produção e comercialização de biocombustíveis.

#### c) Sustentabilidade

A sustentabilidade tornou-se um conceito crucial no Brasil, especialmente no setor energético, onde o país enfrenta desafios significativos para equilibrar a segurança energética com a preservação ambiental (NINA, 2020, p.37). A sustentabilidade visa conservar o ambiente e os seus ecossistemas, promovendo a utilização responsável dos recursos naturais e garantindo ao mesmo tempo que as gerações futuras possam satisfazer as suas necessidades. No Brasil, a sustentabilidade é um conceito multidimensional que engloba aspectos econômicos, sociais e ambientais (RAÍZEN, 2023).

O Brasil também assumiu um compromisso significativo com a sustentabilidade em nível internacional, comprometendo-se a reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 37%

abaixo dos níveis de 2005 até 2025. Este compromisso demonstra a dedicação do país na promoção da sustentabilidade e no combate às alterações climáticas. (NINA, 2020, p.142).

Os investimentos em fontes de energia renováveis são um componente-chave das políticas energéticas sustentáveis do Brasil. O governo incentivou o desenvolvimento de tecnologias de energia renovável, como a energia solar, eólica e hidroelétrica, para reduzir a dependência do país de fontes de energia não renováveis e diminuir as emissões de gases com efeito de estufa (Raízen,2023).

O Brasil tem um grande potencial de produção de biocombustíveis, como o etanol e o biodiesel, e tem buscado promover a cooperação internacional nessa área. O país tem participado de fóruns internacionais sobre energia, como a Agência Internacional de Energia (AIE) e a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC), e tem buscado estabelecer parcerias com outros países e organizações para promover a cooperação em áreas como a pesquisa e desenvolvimento de tecnologias limpas e a promoção do comércio de biocombustíveis. (NINA, 2020, p. 142)

Além de fontes de energia renováveis e medidas de eficiência energética, o Brasil também pode implementar políticas e programas destinados a promover práticas energéticas sustentáveis. O Programa Brasileiro de Etiquetagem, por exemplo, foi lançado em 1985 e tinha como objetivo reduzir o consumo de energia por meio da etiquetagem de eletrodomésticos e equipamentos (ABESCO, 2023). Da mesma forma, o programa Procel incentiva o uso de equipamentos energeticamente eficientes por meio de certificação e rotulagem (SEBRAE, 2023). Estes programas podem ajudar a aumentar a consciencialização sobre a importância das práticas energéticas sustentáveis e incentivar indivíduos e empresas a adotarem-nas.

Estas medidas procuram reduzir a procura de eletricidade e maximizar a eficiência energética, contribuindo para a sustentabilidade ambiental e para a poupança energética. Ao adotar práticas de eficiência energética, como o uso de aparelhos energeticamente eficientes e a implementação de códigos de construção que promovam a eficiência energética, o Brasil pode reduzir seu consumo geral de energia e promover práticas energéticas sustentáveis (RAÍZEN, 2023).

A construção de centrais de energia renovável requer frequentemente grandes áreas de terreno, o que pode levar à deslocação da vida selvagem e à destruição de habitats naturais, cujo impacto é significativo na biodiversidade e na saúde geral dos ecossistemas. Porém, as fontes

renováveis oferecem menos riscos e mais segurança quando comparadas às fontes não renováveis. (LABECO, 2022)

Ao aumentar o acesso à tecnologia e ao fornecimento de energia renovável, o Brasil pode alcançar maior segurança energética e, ao mesmo tempo, promover a sustentabilidade ambiental. Porém, toda energia proveniente de fontes renováveis possui uma característica chamada intermitência, o que significa que não está disponível 24 horas por dia, 7 dias por semana. (RAÍZEN,2023)

O país possui recursos naturais abundantes que permitem o uso de energias renováveis, mas ainda depende fortemente de fontes não renováveis para garantir o abastecimento e a segurança de sua matriz energética. No entanto, a implementação de práticas energéticas sustentáveis pode ajudar a reduzir esta dependência e garantir um abastecimento de energia mais estável e seguro.

#### D)Aspectos Sociais e Preços acessíveis

A acessibilidade à energia a preços justos é crucial num mundo onde cerca de 20% da população ainda não tem acesso estável à eletricidade e 2,7 bilhões usam biomassa para cozinhar. A chamada "pobreza energética" é marcada pelo uso limitado de energia e falta de combustíveis limpos, e afeta a saúde, desenvolvimento econômico e ambiente, podendo causar instabilidade social e migrações forçadas. A "justiça energética" é um tema discutido, enfocando a imoralidade dessa pobreza, que prejudica atividades diárias, de modo a superar a pobreza energética, impulsionando o desenvolvimento ao aumentar consumo, renda, e favorecer pequenos negócios. (NINA, 2020, p.34)

No entanto, fornecer energia acessível pode ser negligenciado, especialmente em áreas rurais, devido aos custos. A relação entre pobreza e segurança energética é pouco explorada academicamente, mas países em desenvolvimento devem considerar dimensões sociais em suas políticas de segurança energética. (NINA, 2020, p.35)

No Brasil, o Programa Luz para Todos, lançado em 2003, é crucial para o acesso à eletricidade. Em parceria com autoridades, ANEEL, Eletrobras e distribuidoras regionais, o programa beneficiou mais de 16 milhões de pessoas, alcançando 99,7% dos brasileiros. O programa visa universalização completa, beneficiando diversos grupos, como agricultores, pescadores e comunidades isoladas. Instrumentos financeiros, como a Tarifa Social,

proporcionam descontos significativos nas contas de luz, melhorando qualidade de vida, renda familiar e oferecendo novas oportunidades. (NINA, 2020, p. 148)

Além dos aspectos da eletricidade, no Brasil, os preços dos derivados do petróleo para transporte estão ligados a fatores de mercado, impostos, misturas de etanol/biodiesel e margens de lucro. O episódio da greve dos caminhoneiros em 2018 ressaltou a importância dos preços dos combustíveis no transporte de cargas e na segurança energética. (NINA, 2020, p.149)

Cabe ressaltar, no entanto, que considerações sociais podem entrar em conflito com a manutenção de uma matriz energética limpa, como no caso do uso de carvão em países em desenvolvimento, e também a redução de preços pelo governo deve ser cautelosa para evitar desincentivar investimentos e ameaçar a segurança energética futura (NINA,2020, p.35). Por isso, Nina (2021, p.150), declara sobre o ambiente desafiador que o Brasil possui:

apesar da potencial abundância de recursos energéticos no país e na região sul-americana, chama a atenção a necessidade de um planejamento estratégico, de cunho não apenas técnico, mas sobretudo político, para que se possa fazer frente aos desafios multifacetados de um país que precisa manter a estrutura limpa de sua matriz energética e, ao mesmo tempo, promover o crescimento econômico e o consequente aumento do consumo *per capita* de energia.

## **CAPÍTULO 2 – SISTEMA ELÉTRICO BRASILEIRO**

No capítulo 1, conceituamos a segurança energética tanto na visão geral quanto nos aspectos que a compõem dentro do cenário brasileiro. Durante a sua caracterização nos requisitos nacionais, pudemos observar que a matriz energética brasileira é bem diversificada e composta de diversas fontes renováveis. O responsável pela conexão da maior parte dessas fontes é o Sistema Interligado Nacional, que compõe o Sistema Elétrico Brasileiro.

Portanto, o Sistema Elétrico Brasileiro, responsável pela transmissão de energia elétrica no país, que conecta Itaipu - nosso objeto de estudo no próximo capítulo - é um dos principais meios utilizados em prol da segurança energética nacional, e nesse capítulo dissertaremos sobre ele.

### **2.1 Histórico**

No contexto mais amplo da área energética, o Setor Elétrico Brasileiro apresenta características específicas. Ele é composto pelo Sistema Interligado Nacional (SIN), que



engloba as regiões Sul, Sudeste, Norte, Centro-Oeste e Nordeste, além de sistemas isolados. O SEB se destaca por possuir um sistema de geração de energia elétrica de grande escala, combinando fontes hidrelétricas, termoeletricas e eólicas, com uma predominância de usinas hidrelétricas operadas por diversos proprietários. (PAIVA, CASTRO, LIMA, 2017, p. 24)

O setor elétrico brasileiro remonta ao final do século XIX, quando as primeiras usinas hidrelétricas foram construídas no país. No entanto, foi apenas na década de 1930 que a eletricidade começou a se tornar uma parte significativa da vida brasileira, com a fixação de preços, as condições de outorga das concessões desses serviços públicos e o controle do lucro das empresas passando a ser objeto de constantes debates na imprensa. (LORENZO, 2001, p.149)

À medida que crescia a procura de eletricidade e aumentava a necessidade de uma distribuição eficiente, o Estado reconheceu a importância do setor da energia elétrica como componente estratégico para o avanço urbano-industrial e passou a responsabilizar-se por ele a partir da década de 1950. Com isso, o setor elétrico estadual foi gradualmente se formando e como uma holding com estrutura federal, estadual e municipal minoritária. (LEME, 2018, p. 5)

O cenário econômico brasileiro nas décadas de 1970 e 1980 foi marcado por transformações globais, como os choques do petróleo, que impactaram negativamente o crescimento econômico do país. Para enfrentar a crise, o governo brasileiro implementou o II Plano Nacional de Desenvolvimento (II PND) em 1974, buscando manter o crescimento por meio de investimentos em infraestrutura, incluindo o setor elétrico. (LORENZO, 2001, p. 158)

No entanto, a crise da dívida nos anos 1980 levou o Brasil a uma recessão, afetando profundamente o setor elétrico. As empresas concessionárias enfrentaram uma crise financeira devido à redução constante das tarifas e foram induzidas a um processo de endividamento progressivo para manter o crescimento econômico. A estatização do setor durante esse período facilitou a instrumentalização política das ações. (LORENZO, 2001, p. 158)

Na década de 1990, o governo brasileiro iniciou uma reforma institucional do setor elétrico, que visava a aumentar a participação da iniciativa privada no setor e a melhorar a eficiência e a qualidade dos serviços prestados. Essa reforma incluiu a privatização de empresas estatais, a criação de um mercado de energia elétrica e a introdução de novos modelos de contratação de energia. (LORENZO, 2001, p.162)

Em 1995, a Lei nº 8.987 foi promulgada para regulamentar as concessões de ativos públicos, incluindo os do setor de energia elétrica. O processo de privatização começou com a Escelsa, no Espírito Santo, no mesmo ano da edição da lei, e continuou em 1996 com a venda dos ativos da Light e da Cerj, no Rio de Janeiro. Nesse mesmo ano, foi criada a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), encarregada de regular o setor e intermediar conflitos entre partes interessadas, como geradoras, distribuidoras, consumidores e diferentes níveis de governo. (CARVALHO, 2022, p.50-51)

Para impulsionar a criação de competitividade, foram estabelecidos dois órgãos: o Operador Nacional do Sistema (ONS) e o Mercado Atacadista de Energia Elétrica (MAE). O ONS assumiu a responsabilidade de supervisionar e coordenar as operações das geradoras e transmissoras vinculadas ao Sistema Interligado Nacional (SIN), enquanto o MAE funcionava como uma plataforma de negociação semelhante a uma bolsa de valores para contratos futuros de energia elétrica entre fornecedores e consumidores. (CARVALHO, 2022, p.53)

No entanto, a ausência de construção de novas usinas combinada com o aumento na demanda resultante do crescimento econômico entre 1997 e 2000 resultou na gradual redução dos níveis dos reservatórios. Isso culminou em um cenário de escassez durante o período de poucas chuvas no verão de 2000/2001, levando o país a implementar medidas de racionamento de energia elétrica. (FALCETTA, 2015, p. 11)

Na década de 2000, o Ministério de Minas e Energia (MME) propôs um novo modelo institucional para o setor elétrico brasileiro, fundamentado em princípios de tarifas acessíveis, garantia de fornecimento de energia e promoção da concorrência na geração. Nesse período, foram estabelecidos dois ambientes para a contratação de energia: o Ambiente de Contratação Livre (ACL) e o Ambiente de Contratação Regulada (ACR). Além disso, foram criadas instituições-chave, como a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), que substituiu o Mercado Atacadista de Energia (MAE), e a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), responsável por estudos e planejamento para a expansão do setor. (BONFIM, 2016, p.16)

A reforma do sistema elétrico removeu obstáculos significativos que desencorajavam investimentos em fontes de energia limpa. Muitas dessas fontes possuíam um retorno sobre o investimento mais demorado. Por exemplo, a energia eólica, anteriormente considerada dispendiosa, tornou-se competitiva em relação às fontes de energia elétrica tradicionais. Não apenas beneficiou a oferta de energia, mas também promoveu a eficiência econômica ao incentivar contratações eficientes a longo e médio prazos. (DA SILVA, 2011, p.102-103)

O Novo Modelo do Setor Elétrico Brasileiro foi concebido como um modelo híbrido, favorecendo o funcionamento do mercado e dos agentes privados sempre que possível. Essa abordagem híbrida permitiu um equilíbrio na participação de entidades públicas e privadas. Esse equilíbrio tem garantido o fornecimento de energia de forma segura e econômica para o país, mantendo-se sustentável conforme o horizonte visível. (DA SILVA, 2011, p.102-103)

Hoje, o setor elétrico brasileiro é composto por um mix diversificado de fontes de energia, incluindo hidrelétricas, termelétricas, eólicas e solares. A participação da iniciativa privada no setor é significativa, com empresas nacionais e internacionais investindo em novas usinas e projetos de energia renovável. No entanto, o setor ainda enfrenta desafios significativos, como a necessidade de investimentos em infraestrutura e a busca por fontes de energia mais limpas e sustentáveis.

## **2.2 O Sistema Interligado Nacional (SIN)**

O Brasil opera um sistema elétrico abrangente baseado em hidroelétricas, termelétricas e energia eólica, com uma predominância de usinas hidrelétricas e uma estrutura de múltiplos proprietários. A principal forma de energia consumida, segundo a EPE em seu relatório do Balanço Energético Nacional 2023 (BEN 2023), foi a eletricidade. Na indústria, ele representou 21,6% do consumo de energia e nas residências, 46,2%, em 2022.

O núcleo desse sistema é o Sistema Interligado Nacional (SIN), que se divide em quatro subsistemas: Sul, Sudeste/Centro-Oeste, Nordeste e a maior parte da região Norte. O planejamento da operação do SIN é realizado pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), o qual é fiscalizado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). (ONS, 2023)

A interconexão desses subsistemas, por meio de uma extensa rede de transmissão, permite a transferência de energia entre eles, aproveitando os benefícios sinérgicos e explorando a diversidade dos regimes hidrológicos das bacias. Essa integração estratégica de recursos de geração e transmissão garante o fornecimento seguro e econômico de energia ao mercado (ONS, 2023).

A capacidade instalada de geração no SIN é principalmente composta por usinas hidrelétricas distribuídas em dezesseis bacias hidrográficas em várias regiões do país. Nos últimos anos, a instalação de usinas eólicas, especialmente no Nordeste e Sul, tem crescido significativamente, aumentando sua importância para a oferta de energia. As usinas térmicas, geralmente localizadas próximas aos principais centros de consumo, desempenham um papel estratégico ao contribuir para a segurança do SIN. Elas são acionadas conforme as condições hidrológicas, permitindo a gestão dos estoques de água armazenados nos reservatórios das

hidroelétricas, garantindo o fornecimento futuro. Os sistemas de transmissão unem essas diversas fontes de produção de energia, possibilitando o abastecimento eficiente do mercado consumidor. (ONS, 2023)

### **2.2.1 Evolução do SIN**

O sistema elétrico brasileiro passou por uma série de desenvolvimentos e interligações ao longo das décadas, com o objetivo de fortalecer a segurança energética e a integração regional. Até o início da década de 1980, os sistemas elétricos das regiões Sul e Sudeste estavam fracamente interligados, com uma conexão de 230 kV que ocorria através da Usina Hidrelétrica de Xavantes e da subestação de Assis. (DOMINGUES, 2003, p.58)

No entanto, a construção da Usina Hidrelétrica de Itaipu trouxe consigo a necessidade de criar um sistema de transmissão capaz de escoar a energia produzida por essa gigantesca usina e, ao mesmo tempo, reforçar a interligação entre as regiões Sul e Sudeste. (DOMINGUES, 2003, p.58)

Além da interligação Sul-Sudeste, o Brasil também conta com outras interligações relevantes, como a interligação Norte-Nordeste, que foi estabelecida em 1981 e permitiu o repasse de excedentes de energia da Companhia Hidroelétrica do São Francisco (Chesf) para a Eletronorte, reduzindo a necessidade de usinas termelétricas no sistema Norte-Nordeste. (DOMINGUES, 2003, p. 59)

A interligação Norte-Sul, estabelecida em 1999, conectou os sistemas Norte-Nordeste e Sul-Sudeste, formando o Sistema Interligado Nacional (SIN). Essa interligação melhorou a integração dos sistemas elétricos do Brasil e permitiu o compartilhamento de energia entre essas regiões, o que ampliou a capacidade de transmissão, culminando em uma extensão de 66.954,3 km de linhas de transmissão, na configuração mostrada na Figura 4. (ONS, 2001)

Figura 4 – SIN em 1999

Sistema Interligado Nacional (SIN). S.I. 1999  
Acervo ONS



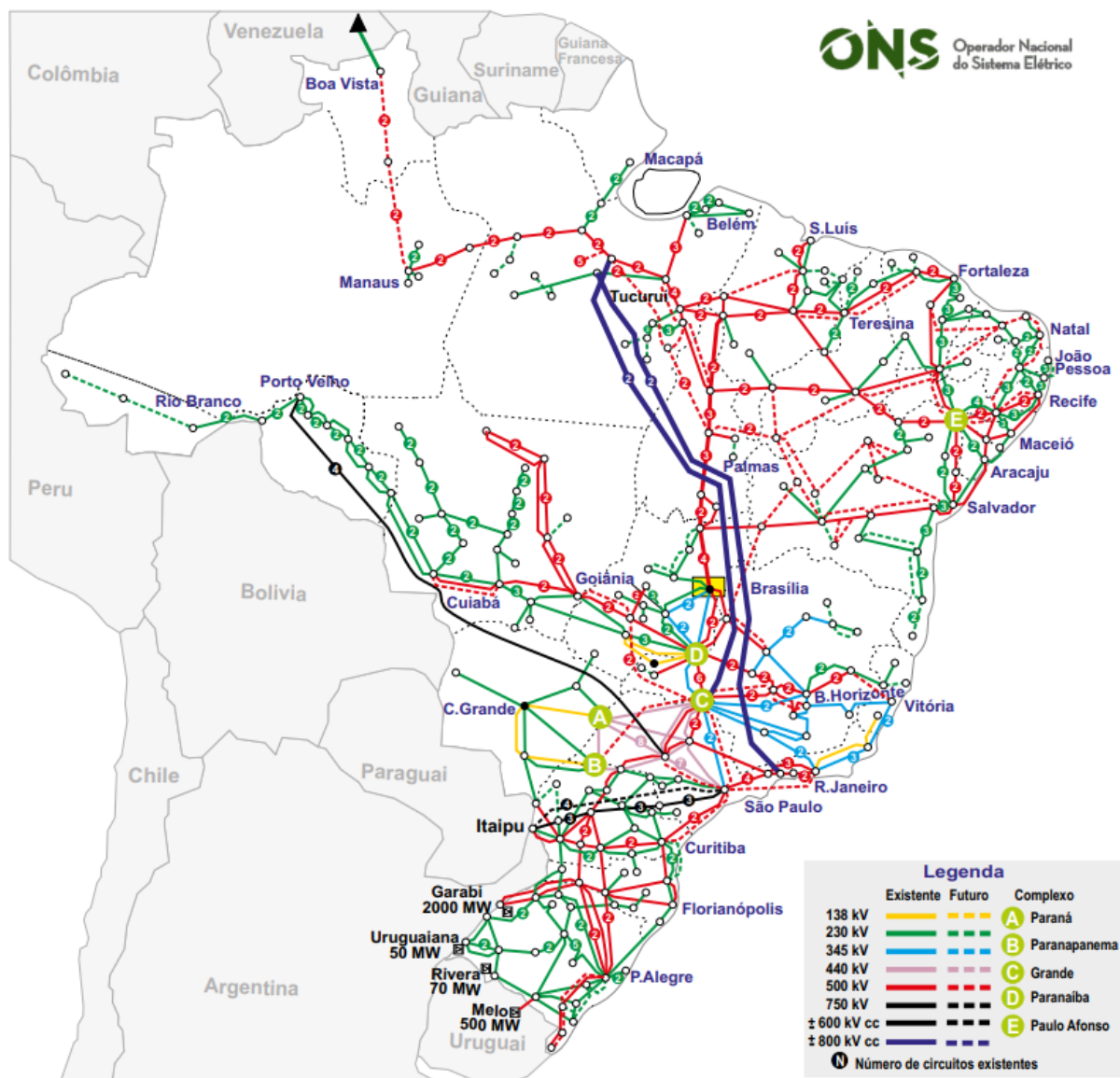
Fonte: BRANDI, 2003

Após a reestruturação do setor de energia no Brasil, foram introduzidos leilões de transmissão, cujo planejamento para a expansão das redes é determinado por entidades governamentais como o Ministério de Minas e Energia (MME) e a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), mas sua implementação ocorre descentralizadamente através de leilões de concessão de transmissão. Essa abordagem atraiu investimentos privados tanto de empresas nacionais quanto estrangeiras, de modo que nos últimos dezessete anos, a capacidade do Sistema Interligado Nacional dobrou. (MELO et al, 2022; P.14)

Entender a evolução do SIN, portanto, é relevante para compreender o caminho trilhado, e os principais fatos que contribuíram não apenas para o aumento das margens de segurança do sistema, mas também permitiram maior capacidade de intercâmbio, otimizando o despacho hidrotérmico e reforçando a confiabilidade dos principais centros de carga, culminando na

configuração do ano de 2022 mostrada na Figura 5, e conseqüentemente, na diminuição dos riscos sistêmicos. (MELO et al, 2022; P.14)

Figura 5 – SIN em 2022



Fonte – ONS, 2022

### 2.3 Matriz Elétrica Brasileira

Historicamente, o Brasil sempre teve uma forte presença de usinas hidrelétricas em sua matriz elétrica, aproveitando seus vastos recursos hídricos. Com o crescimento da demanda por energia elétrica, fez-se necessária a incorporação de usinas termelétricas em sua matriz para fornecer energia durante períodos de seca ou quando a demanda é alta. Essas usinas geralmente são alimentadas por gás natural, carvão ou óleo combustível.

Como visto no início deste capítulo, o setor elétrico brasileiro passou por diversos desafios e mudanças, que consubstanciaram na formação do Sistema Interligado Nacional. Em contribuição ao objetivo deste trabalho, colocaremos o marco temporal que data na criação do





<b>1999</b>	58.997	8.507	19	0	657	68.180
<b>2022</b>	109.721	46.284	23.744	7.387	1.990	189.127

Fonte: Gerada pelo autor a partir de dados da EPE (2023)

Apesar da predominância de fontes tradicionais renováveis, como hidrelétrica e biomassa, no Sistema Elétrico Brasileiro, a introdução das novas fontes renováveis está transformando o perfil de geração do país. Enquanto as variações significativas nas fontes hídrica e de biomassa ocorrem em períodos longos, como estações e anuais, as novas fontes apresentam variações importantes em um curto espaço de tempo, resultando em intermitência intradiária. Isso implica na necessidade de adaptar o modelo atual para incorporar essas variações, que, até então, eram pouco relevantes e não consideradas. (LOSENKANN, HALLACK, 2018)

Ademais, devido aos desafios na construção de novas hidrelétricas, a energia eólica emergiu como a principal área de expansão da capacidade de geração no Brasil. Sua integração, devido à complementaridade com as hidrelétricas existentes, garante a estabilidade do sistema elétrico diante da variabilidade nos ventos e nos recursos hídricos, facilitando a incorporação das usinas eólicas à rede nacional de energia. A armazenagem de água nos reservatórios assegura o fornecimento de eletricidade durante períodos de ventos fracos, compensando a intermitência. O sucesso da energia eólica no Brasil pode ser atribuído não apenas à complementaridade com a energia hídrica, mas também à constância e força dos ventos na região Nordeste, responsáveis por 90% da energia eólica gerada no país. (LOSENKANN, HALLACK, 2018)

O poder na geopolítica energética está se deslocando para os países que investem em energia renovável e conseguem diversificação, autossuficiência e capacidade de exportação. A autossuficiência reduz a vulnerabilidade externa e permite que os Estados exerçam influência sobre outras nações. Na prática, países com excedente de eletricidade podem usá-lo como ferramenta geopolítica através das exportações, de modo que as decisões presentes sobre investimentos em energias fósseis ou renováveis moldarão o futuro dos Estados. A longo prazo, países ainda dependentes de hidrocarbonetos poderão ser os maiores perdedores, enquanto importadores líquidos de energia podem futuramente ter acesso mais amplo a fontes renováveis, conferindo-lhes uma posição mais segura e diversificada. (STEGEN 2018 *apud* ABRÃO, 2022, p.122)

Visto que o Brasil ainda é dependente de fontes hídricas para fornecimento de energia, dentro das quais se destaca a maior usina hidrelétrica do Brasil, e segunda maior do mundo, a Usina Hidrelétrica de Itaipu, no próximo capítulo trataremos sobre sua influência na segurança energética nacional.

## **Capítulo 3 – Itaipu Binacional**

Inicialmente, abordaremos brevemente os aspectos históricos sobre o acordo entre Brasil e Paraguai, que culminou na construção da hidrelétrica binacional de Itaipu, além de alguns dados operacionais. Em seguida, abordaremos os quatro requisitos elencados como definidores do conceito de segurança energética sob a ótica de Itaipu.

### **3.1 Histórico**

Entre 1964 e 1985, o setor elétrico brasileiro experimentou transformações profundas. Não apenas houve um crescimento notável, mas também ocorreram mudanças nos principais atores que impulsionaram a expansão do setor, bem como nos métodos adotados para tal expansão. Durante o período de 1930 a 1964, o setor elétrico, que era predominantemente público, passou a ser promovido e controlado pelo governo federal. No entanto, entre 1964 e 1985, as empresas estatais ganharam destaque, e empresas internacionais também voltaram a desempenhar um papel no setor, mesmo que de forma indireta por meio de financiamento. (DA SILVA, 2011, p. 67)

Durante esse intervalo, ocorreram grandes empreendimentos, incluindo a construção da Usina de Itaipu, que se destacou como uma das obras emblemáticas desse período. Além disso, o país testemunhou uma expansão significativa na capacidade instalada para geração de energia elétrica, marcando uma fase de crescimento e desenvolvimento notáveis no setor elétrico brasileiro. (DA SILVA, 2011, p. 68)

Nos anos 60, o Brasil e o Paraguai enfrentaram tensões diplomáticas elevadas devido a uma disputa de fronteiras, na qual o Paraguai reivindicava um território que o Brasil considerava seu. Em 1966, assinaram a Ata das Cataratas para estudar os recursos hídricos da região em conjunto, mas não resolveram a questão da fronteira seca. A solução começou a ser vislumbrada quando o embaixador brasileiro Mário Gibson Barboza percebeu que um projeto de hidrelétrica inundaria a área disputada. (SOARES, 2021, p. 17)

Em 1969, o Tratado da Bacia do Prata foi assinado, visando o desenvolvimento equilibrado dos países da região. Porém, a Argentina questionou o projeto Itaipu, preocupada com seus próprios recursos, e na Conferência da Bacia do Prata de 1971, estabeleceu-se que o aproveitamento de rios internacionais exigia acordo bilateral e que não prejudicasse outro Estado da Bacia. (SOARES, 2021, p. 18)

Em 1973, o Tratado de Itaipu foi assinado, garantindo a venda exclusiva de excedente energético entre Brasil e Paraguai, cujas obras começaram em 1975, financiadas pelo Brasil com amortização da dívida paraguaia. Finalmente, em 1984, a Usina Hidrelétrica de Itaipu foi inaugurada, simbolizando o compartilhamento hídrico bem-sucedido entre Brasil e Paraguai. Essa iniciativa não apenas resolveu um conflito potencial, mas também serviu de exemplo global de cooperação e integração regional, com o Brasil liderando o caminho. (SOARES, 2021, p. 19)

### **3.2 Contribuição de Itaipu nos requisitos da segurança energética brasileira**

A Itaipu se manifesta primeiramente em sua capacidade de produção de energia, alcançando 14.000 MW. Em 2021, um ano marcado pela severa escassez hídrica no Brasil, a usina gerou 66.369 gigawatts-hora de energia, que representa 8% de toda a demanda brasileira e 85% da demanda paraguaia, fornecendo energia suficiente para abastecer o Brasil por 42 dias ou o Paraguai por três anos e nove meses. Estes números ilustram não apenas a magnitude da produção de Itaipu, mas também sua importância crucial para a estabilidade energética de ambos os países. (PEPITONE, 2022)

Os dados da Itaipu-Binacional são expostos a seguir:

a) Reservatório:

Volume de água no nível máximo normal:	29 bilhões de m <sup>3</sup>
Extensão:	170 km
Área no nível máximo normal:	1.350 km <sup>2</sup>
Comportas:	14 unidades
Dimensões das comportas: 21 m/altura e 20 m/largura	

b) Barragem:

Altura:	196 m
Comprimento total: 7.919 m	

c) Bacia Hidrográfica:

Área: 820.000 km<sup>2</sup>

d) Unidades geradoras

Quantidade:		20
Potência:	700	MW
Tensão:	18	kV
Frequência:	50 e 60 Hz	

e) Turbinas

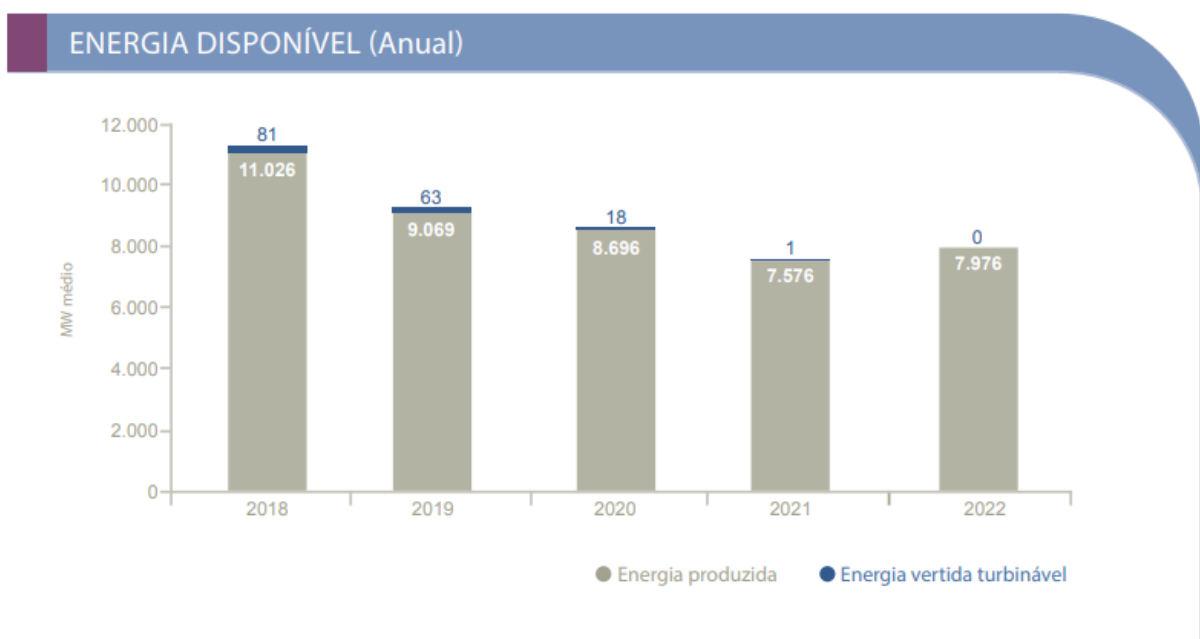
Vazão nominal: 690 m<sup>3</sup> de água/s

f) Materiais

Volume de concreto utilizado: 12,7 milhões de m<sup>3</sup>

Segundo Itaipu (2022), em seu relatório anual, os números referentes à disponibilidade de energia elétrica no ano de 2022 foram:

Gráfico 2 – Disponibilidade de energia e participação no mercado paraguaio



Fonte: Itaipu, 2022

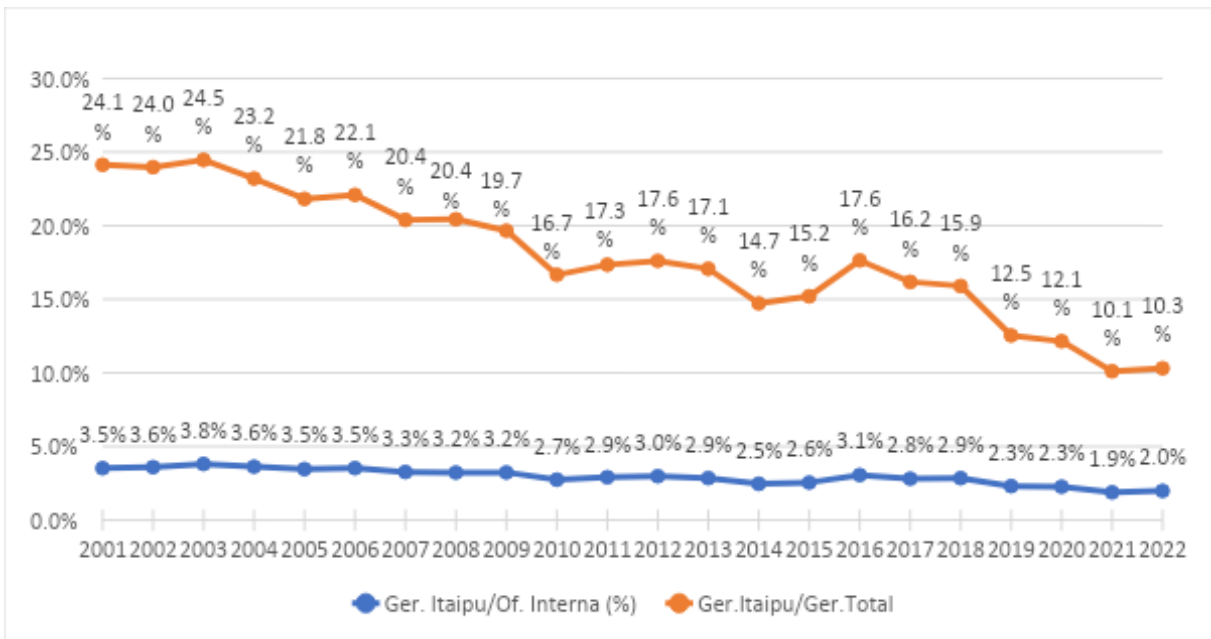
Através dos dados da seção anterior, podemos perceber o papel de relevância da hidrelétrica no cenário elétrico nacional. Portanto, analisaremos, nesta seção, a sua participação na promoção da segurança energética nacional a partir do ano de 2001, quanto aos quesitos: diversificação da matriz energética, garantia de suprimento, sustentabilidade, e, aspectos Sociais e preços acessíveis.

### **3.2.1 Diversificação da matriz energética**

A matriz elétrica brasileira, inserida na matriz energética, é majoritariamente composta por fontes hidrelétricas, porém a partir da criação da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) e regulamentação do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia (Proinfa) em 2004, o planejamento energético brasileiro tem se voltado para a diversificação dessa matriz com a introdução de novas fontes, principalmente para produção de energia elétrica. (GUERRA, SILVA, 2017, p. 47)

Para demonstrar o grau de participação da eletricidade gerada em Itaipu em relação à energia gerada no país, e verificar sua contribuição na diversificação da matriz energética foi feito o Gráfico 3 com a relação percentual entre os valores da geração de Itaipu e da oferta interna de energia nacional, e da geração de Itaipu e da geração de eletricidade total entre 2001 e 2022.

Gráfico 3 - Relação geração de energia elétrica de Itaipu/oferta interna de energia nacional e geração de energia elétrica de Itaipu/geração hidrelétrica total nacional



Fonte - Dados do BEN - Séries Históricas e Matrizes

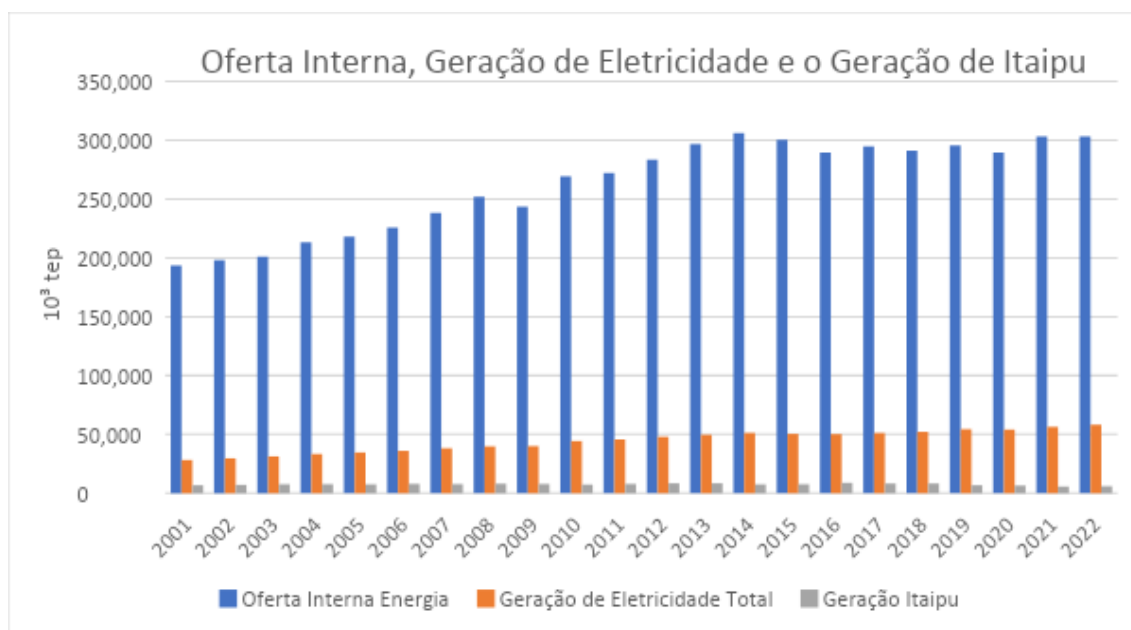
No Gráfico 3, observamos a participação em percentual da geração de energia elétrica de Itaipu tanto na oferta interna de energia quanto na geração de eletricidade nacional, a qual, dentro do período determinado, apresenta uma tendência de queda, iniciando em 3,5% em 2001 até 2,0% em 2022 a relação Geração de Itaipu/Oferta Interna, e inicia em 24,1% em 2001 e cai para 10,3% em 2022.

Verificando a crescente oferta interna em contrapartida à diminuição da participação da geração da usina no todo, podemos concluir que o Brasil tem buscado diversificar sua matriz energética com a introdução de novas fontes de energia. Especificamente no âmbito da geração de eletricidade, a diminuição da porcentagem da relação entre a geração de Itaipu e de fonte total corrobora com o crescimento do número de usinas hidrelétricas e inserção de novas fontes de energia elétrica nesse período na busca de menor dependência e adequação à demanda como citado anteriormente, fato que expõe uma menor relevância para a segurança energética brasileira.

### 3.2.2 Garantia de Suprimento

Como visto no Cap.1, a garantia de suprimento diz respeito a manter uma produção consistente e confiável. Exemplo desta consistência, apresentamos o Gráfico 4, o qual mostra a produção de energia hidrelétrica de Itaipu, além das ofertas de energia interna e geração de eletricidade total do país.

Gráfico 4 - Oferta interna de energia, Geração de Eletricidade Total e Geração de Itaipu



Fonte – Dados do BEN - Séries Históricas e Matrizes

O Gráfico 4 nos mostra a relação entre a oferta de energia, em 10<sup>3</sup>tep, de Itaipu e a oferta interna de energia a partir de 2001, na qual, o ano de menor oferta de Itaipu foi em 2021, com 5,71 milhões de tep (tonelada equivalente de petróleo), enquanto o de maior foi em 2016, com 8,87 milhões de tep, correspondendo a uma média de 7,70 milhões de tep no período analisado. Em relação à oferta interna, temos que em virtude do aumento da matriz energética como um todo, a menor se dá em 2001 com 193,5 milhões de tep e a maior em 2014 com 306,1 milhões de tep.

Organizações que possuem instalações geradoras de energia elétrica são consideradas organizações de alta confiabilidade, cujo risco operacional muitas vezes escapa ao controle direto, obrigando-as a revisitar constantemente sua capacidade de monitorar, antecipar e responder a eventos de risco que possam ameaçar a segurança de seus sistemas. Isso se deve ao fato de que seus sistemas de segurança física são geralmente sobredimensionados ou duplicados, o que reduz significativamente a probabilidade de ocorrência de catástrofes. No entanto, isso não diminui o impacto socioeconômico caso barreiras não planejadas sejam rompidas ou ocorram situações imprevistas. (Hollnagel, 2006 *apud* Portela, 2016, p.19)

Segundo o estudo de Wingler (2011), no qual ele aponta a “fonte de risco” como uma das oito dimensões da análise conceitual da ameaça, temos três tipos de fontes: riscos técnicos,

riscos humanos e riscos naturais. Devido à infinidade de ameaças e riscos envolvidos, abordaremos aqueles citados em documentos oficiais e referências do tema.

No seu trabalho, Soriano e Valencio (2012), apontam que os riscos relacionados à segurança física da barragem são muitos, mas discorrem sobre aqueles que advém da proliferação do mexilhão dourado, da intensificação das chuvas e de um eventual ataque terrorista.

Inicialmente, sobre o mexilhão dourado, Soriano e Valencio (2012), o risco mencionado está relacionado à presença invasora do mexilhão dourado (*Limnoperna fortunei*-Dunker 1857), um molusco de água doce originário da China, que foi introduzido no Brasil em 1999, inicialmente no Rio Grande do Sul. Desde então, essa espécie se disseminou por todo o país, alcançando o rio Paraguai em 1997/1998 e chegando à Usina de Itaipu Binacional em 2001, além de outras usinas hidrelétricas a montante de Itaipu em 2002.

No caso específico da Usina de Itaipu, a presença e proliferação do mexilhão dourado podem causar uma série de problemas. O molusco tem a capacidade de entupir ou reduzir tubulações, prejudicando o fluxo de água e o funcionamento dos equipamentos. A presença desses organismos também está associada ao aumento da corrosão de tubulações, ligas metálicas, concreto e polímeros, além de reduzir a vida útil dos equipamentos devido ao aumento da manipulação durante a manutenção. A Usina de Itaipu Binacional tem adotado várias medidas para controlar a proliferação do mexilhão dourado, incluindo o aumento da vazão em tubulações, a aplicação de hipoclorito em baixas concentrações, o uso de tintas anti-incrustantes e a aplicação de gás ozônio. No entanto, apesar desses esforços, a eliminação completa dessa espécie invasora do ambiente do lago de Itaipu continua sendo um desafio, e o controle populacional do molusco permanece um problema não completamente resolvido até o momento. (Soriano e Valencio, 2012, p.217)

Quanto à intensificação das chuvas, Soriano e Valencio (2012), atentam que as mudanças climáticas recentes têm impactado significativamente o ritmo climático, especialmente na região onde está situada a Usina Hidrelétrica de Itaipu. Previsões indicam que as chuvas podem se concentrar mais na bacia do Paraná, o que poderia resultar em um aumento súbito nos volumes de água a serem retidos pelas barragens, não apenas em Itaipu, mas também nas barragens a montante, criando a possibilidade do chamado 'efeito dominó', onde o rompimento de uma barragem poderia aumentar a velocidade e a força das águas que se dirigem à próxima



barragem. Além disso, a urbanização inadequada, expansão agrícola e destruição da mata ciliar na bacia do Paraná têm contribuído para o aumento das vazões dos rios.

Quanto à segurança da barragem, a própria empresa expõe que ela é mantida por meio de um programa abrangente de vigilância e manutenção no qual a usina possui um banco de dados com mais de 30 anos de leituras de instrumentação, e quando possíveis problemas são identificados, estudos adicionais são realizados, novos instrumentos são adicionados e protocolos de manutenção são ajustados. A área ao redor do reservatório também é monitorada por estações sísmicas desde 1978, confirmando a baixa sismicidade. O monitoramento hidrológico é feito por uma rede extensa de estações, proporcionando previsibilidade às vazões afluentes. (ITAIPU BINACIONAL, 2015)

Um grupo consultivo internacional, o Board de consultores civis, formado por especialistas em engenharia de barragens, avalia regularmente a segurança da usina. Itaipu também implementa o Plano de Ação de Emergência (PAE), elaborando e mantendo planos de ação para contingências identificadas, com o qual simulados e treinamentos são coordenados, envolvendo profissionais e empresas terceirizadas. A usina conta com uma brigada de incêndio treinada, inclusive cooperando com comunidades vizinhas em emergências. Desta forma, a atuação da empresa através da sua abordagem proativa e medidas contínuas garantem a segurança operacional da usina. (ITAIPU BINACIONAL, 2015)

Em relação a um eventual ataque terrorista, Soriano e Valenci (2012) apud ROSEIRA (2006), destacam que a diversidade cultural de Foz do Iguaçu, impulsionada pela construção de Itaipu, trouxe grupos sociais variados de diferentes partes do Brasil e comunidades árabe, chinesa, coreana e japonesa. No entanto, essa mistura é frequentemente marcada por estigmas e desconfiança, tornando a região uma das mais complexas da América do Sul.

Desde a década de 1960, uma comunidade árabe se estabeleceu na região, especialmente em Foz do Iguaçu e Ciudad del Este, e após o atentado ao World Trade Center em 2001, surgiram especulações sobre a possível ligação de alguns membros locais com o terrorismo internacional, gerando desconfiança nacional e internacional. A presença de Marwan Al Safadi, especialista em explosivos identificado pela Polícia Federal brasileira em 1995, agravou essas preocupações.

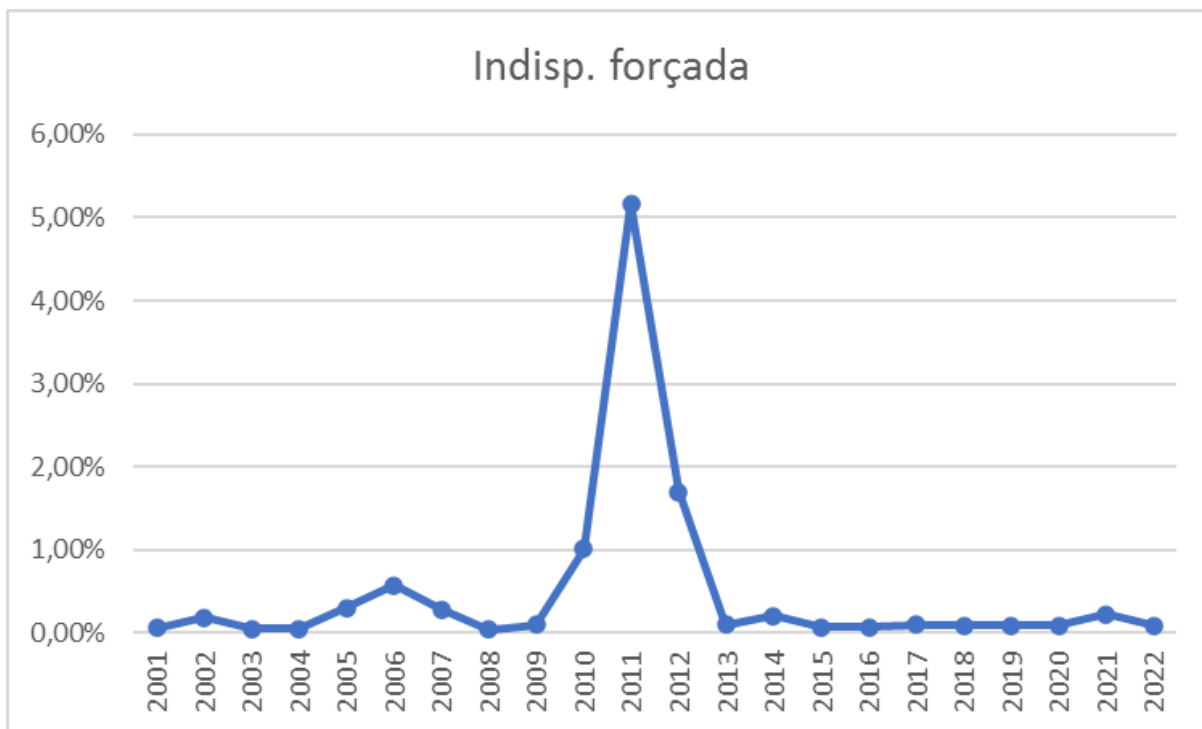
Essas questões foram amplamente divulgadas pela mídia, especialmente nos Estados Unidos, que associou a comunidade árabe local a grupos terroristas. A Região da Tríplice Fronteira foi rotulada como uma "terra sem lei", uma área remota e "estranha" onde as

autoridades pareciam incapazes de impor qualquer tipo de ordem. As visitas públicas à UHE Itaipu Binacional foram suspensas após o atentado ao WTC, algo inédito em sua história. Como Itaipu Binacional é símbolo do progresso técnico do Cone Sul e ordenador do espaço regional e consideradas cruciais para estratégias geopolíticas passadas, gera preocupações sobre a segurança das estruturas visto ser um potencial alvo de valor para demonstrações de cunho extremista.

No ano de 2015, foram registrados dois casos de navios desconhecidos que entraram na área de segurança do reservatório, provocando ação de interceptação conjunta pela Marinha do Brasil, Polícia Federal e Segurança Corporativa. Portanto, a constante presença e atuação dos Órgãos de Segurança, a interoperabilidade com as Forças Armadas, que realizam atividades subsidiárias nas fronteiras, coíbem atuação de possíveis atentados terroristas.

Em relação aos riscos técnicos gerados por problemas técnicos nos equipamentos, como transformadores, disjuntores ou linhas de transmissão, que podem causar interrupções no fornecimento de energia, Itaipu apresenta um índice interno de indisponibilidade forçada, o qual é o percentual de tempo do período de observação durante o qual as Unidades Geradoras permaneceram indisponíveis devido a desligamentos forçados (falhas). Por política da empresa, eles impõem como meta esse índice  $<0,5\%$ . E como podemos observar no Gráfico 5, entre os anos de 2001 e 2022, apesar de 90% das turbinas apresentarem mais de 35 anos de operação, esse índice continua dentro da meta com apenas 4 anos em que a média foi acima devido a falhas mais complexas. Logo, vemos o esforço da empresa em realizar suas manutenções preventivas e qualidade do material empregado na construção que contribuem para a garantia do suprimento nesse quesito.

Gráfico 5 – Indisponibilidade Forçada.



Fonte – Dados relatórios anuais Itaipu Binacional.

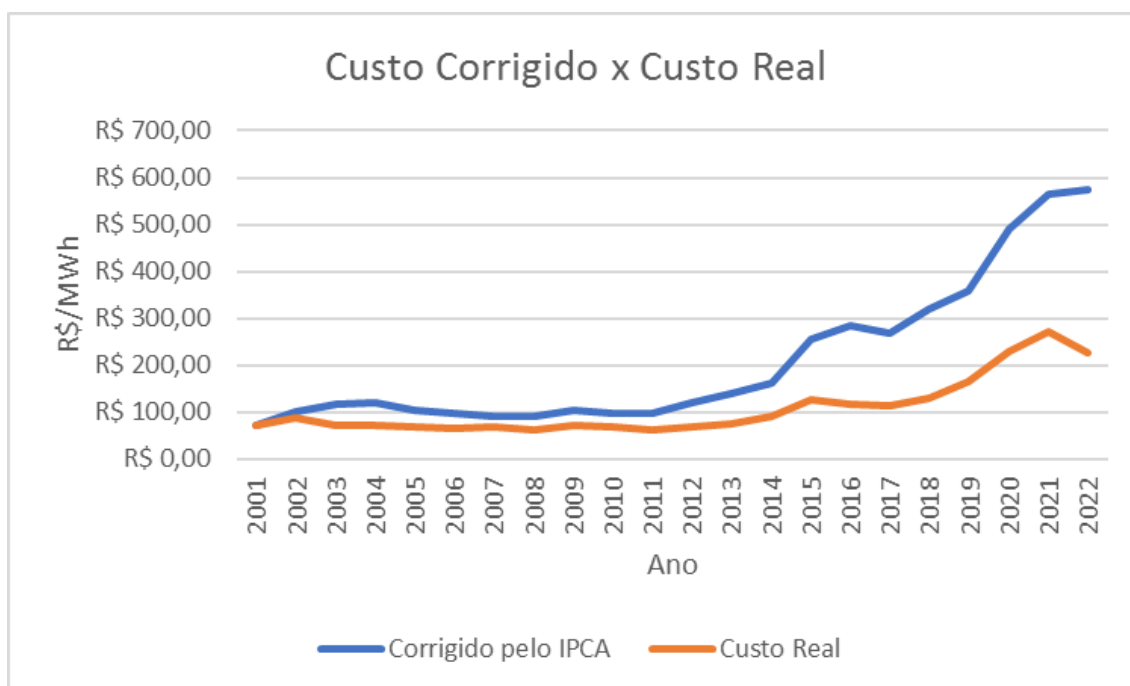
Quanto às falhas humanas, um grupo de trabalho da Comitê Brasileiro da Comissão de Integração Energética Regional fez um estudo conduzido na Usina Itaipu Binacional durante o período de 2006 a 2015 analisou as manobras operacionais de quatro tipos específicos, destacando a quantidade de falhas de manobra que resultaram em perda de produção de energia, confiabilidade ou danos em equipamentos. O resultado mostrou que as falhas representam apenas 0,025%, enquanto as manobras bem-sucedidas compõem 99,975% do total, indicando claramente que a gestão proativa da segurança é uma abordagem altamente eficaz para manter a operação confiável.

Portanto, percebemos que a empresa trabalha constantemente para a manutenção do suprimento de energia elétrica através de ações preventivas e corretivas nos diferentes aspectos.

### 3.2.3 Preços acessíveis

Sobre o preço da eletricidade, este difere de um país para outro devido a vários fatores, incluindo os recursos energéticos disponíveis em cada região, as políticas de impostos e encargos em nível nacional e regional, as características geográficas específicas de cada área de concessão, a distribuição geográfica, a intensidade do consumo e o perfil dos consumidores, e a eficiência das empresas operadoras. (Instituto Acende Brasil, 2020, p. 28)

Gráfico 6 - Custo Corrigido x Custo Real



Fonte: Relatórios Anuais ITAIPU.

No Gráfico 6, nós podemos observar o custo médio anual (em R\$/MWh) da energia repassada ao Brasil e Paraguai, no qual uma linha representa o valor do custo de 2001 - que tomamos como base - corrigidos pelo valor da inflação anual e em seguida pela cotação média anual do dólar, chamado de “Corrigido pelo IPCA”, visto que, nos relatórios anuais da empresa, esse dado é exposto em U\$/MWh. A outra linha representa somente os valores divulgados pela empresa transformados para R\$/MWh, chamado de “Custo real”.

O valor ajustado pelo IPCA permanece acima dos valores reais em toda a trajetória, indicando que o preço da energia gerada por Itaipu continua abaixo do que seria ajustado pela inflação. Isso contribui para manter os preços nacionais de energia elétrica em patamares mais baixos.

### 3.2.4 Sustentabilidade

Apesar de a energia produzida por hidrelétricas ser considerada renovável e ecologicamente "limpa" com índices reduzidos de emissões de gases do efeito estufa, como o CO<sub>2</sub>, tornando-a uma opção sustentável, o consenso é que usinas de grande porte têm impactos significativos no ecossistema. No entanto, a construção de barragens gera impactos ambientais, incluindo mudanças no solo e impactos na fauna e flora local. Além disso, há o risco de rompimento das barragens, podendo ocorrer devido a falhas estruturais na construção ou a eventos como terremotos. (SCHULTZ, BURCHARDT, DE OLIVEIRA apud REBOLLAR, 2011).

Conforme informações da Itaipu, o lago resultante da usina alterou três aspectos climáticos: a umidade e a temperatura, impactando a fauna isolada; a redução da biodiversidade devido às espécies vegetais submersas; e mudanças na pesca, levando à extinção de algumas espécies. (KLIEMANN, 2009, p.47)

A Itaipu Binacional é responsável por preservar, conservar e recuperar a área afetada para melhorar a qualidade de vida da população. Preocupada com a comunidade em termos ambientais, a empresa implementou diversos programas sociais e ambientais, como o "Canal da Piracema" e o "Cultivando Água Boa", visando promover o equilíbrio entre desenvolvimento e sustentabilidade. (KLIEMANN, 2009, p.46)

Segundo informações da Agência Estadual de Notícias (2007), a Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos é uma das principais colaboradoras do Programa "Cultivando Água Boa", lançado em 2003 pela Itaipu Binacional em conjunto com as prefeituras dos 29 municípios na Bacia Hidrográfica do Paraná III. O programa tem como objetivo envolver grupos vulneráveis, como comunidades indígenas, pescadores, quilombolas, catadores de recicláveis e pequenos produtores. Suas atividades estão voltadas para a restauração de microbacias, proteção de nascentes, replantio de matas ciliares, conservação de solos, melhorias em estradas, estabelecimento de abastecimentos comunitários, implementação de cisternas para reutilização de água, promoção de sistemas de produção sustentável, incentivo ao consumo responsável e educação ambiental. Dada sua importância, o programa foi reconhecido pela ONU como a melhor prática global em gestão de recursos hídricos. Além disso, é considerado uma tecnologia socioambiental que está sendo replicada em várias regiões do Brasil e também em países como Guatemala, República Dominicana, Uruguai, Argentina e Paraguai. (ITAIPU, 2016)

A construção da barragem de Itaipu bloqueou a migração das espécies de peixes durante o período de reprodução no Rio Paraná. Para resolver esse problema, foi criado o “Canal da Piracema” dentro do parque, utilizando materiais reciclados das obras da hidrelétrica, como telhas de barro, madeira, pedras e tijolos. Esse canal, construído pela Usina de Itaipu na margem brasileira da barragem, serve como uma rota artificial que possibilita a subida e descida de peixes, permitindo o acesso a boa parte das 45 espécies de alevinos existentes no grande lago formado pela barragem. (KLIEMANN et al, 2007 apud DALBERTO, 2005).

Os esforços em projetos para a recuperação de nascentes, a preservação da mata ciliar e o monitoramento da qualidade da água nas proximidades da hidrelétrica de Itaipu são notáveis. Em 2015, a gestão exemplar desses recursos hídricos foi reconhecida com o prêmio "Água para a Vida" concedido pela Organização das Nações Unidas (ONU). (PEPITONE, 2022, p.3)

Além disso, a área protegida de Itaipu, abrangendo mais de 100 mil hectares exclusivamente na margem brasileira da usina, recebeu em 2019 o título de Reserva da Biosfera da Mata Atlântica da Unesco, o mais alto reconhecimento ambiental global. Esse status permitiu que Itaipu participasse em eventos de relevância internacional, como a Conferência das Partes (COP 26) em 2021 e a Expo Dubai, em março deste ano. A preservação dessa área tem evitado a emissão de aproximadamente 5 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente anualmente na atmosfera. (PEPITONE, 2022, p.3)

Na área de proteção ao redor do reservatório, na margem brasileira, mais de 24 milhões de árvores foram plantadas. Em reconhecimento aos esforços na recuperação de biomas degradados ou ameaçados, Itaipu recebeu o título de Empresa Amiga da Mata Atlântica, concedido pela Reserva Biosfera da Mata Atlântica, parte do programa O Homem e a Biosfera (MAB) da Unesco. (KLIEMANN, 2009)

Além de preservar a flora, a empresa também está comprometida com a proteção da fauna regional. No Refúgio Biológico de Itaipu, aproximadamente 800 animais de 42 espécies foram reproduzidos até agora. Atualmente, os esforços de reprodução estão focados em espécies ameaçadas de extinção no Brasil e em animais raros na região, como a harpia, a onça-pintada, a anta e pequenos felinos. (PEPITONE, 2022, p.4)

Um aspecto distintivo de Itaipu em comparação com outras usinas hidrelétricas é o seu Parque Tecnológico, que proporciona as condições necessárias para promover o desenvolvimento sustentável na região sob sua influência. Através de investimentos em pesquisas de alta qualidade, incluindo experimentos na produção de hidrogênio verde e outras

fontes alternativas de energia, bem como iniciativas como o desenvolvimento de baterias de sódio, o Parque Tecnológico de Itaipu, que é membro do Pacto Global da ONU, está preparando a empresa para a transição energética. Esse processo visa a completa descarbonização da produção de energia elétrica no Brasil. (PEPITONE, 2022, p.4)

A empresa adota normas internacionais para elaborar seus relatórios de sustentabilidade, permitindo comparações com outros relatórios e oferecendo uma visão mais clara das atividades da empresa. Embora haja uma interconexão entre os programas, foi observada a necessidade de uma maior conformidade com os objetivos estabelecidos para assegurar o pleno desenvolvimento das ações do programa. (CIPOLAT et al, 2010, p. 14)

Ao comparar os índices gerais e os específicos do setor elétrico fornecidos pelo GRI, foi constatado que todos os índices aplicáveis à empresa estão em conformidade com suas práticas. Nota-se que alguns índices não se aplicam à empresa devido à sua natureza como uma hidrelétrica de caráter público internacional, sem relação direta com os consumidores finais. (CIPOLAT et al, 2010, p. 14)

É evidente que a Itaipu possui uma ampla gama de programas e ações voltadas para a preservação do meio ambiente, da sociedade e do aspecto financeiro, demonstrando seu alinhamento com as estratégias organizacionais. (CAPPELLARI, STEFANI, DE CASTRO, 2021, p. 86)

É importante destacar que as iniciativas da Itaipu são de natureza voluntária, devido à sua regulação por um tratado internacional e ao seu sistema de gestão específico, que a obriga a cumprir determinadas exigências. Apesar disso, a usina procura alinhar suas ações com as obrigações estabelecidas pela legislação brasileira e paraguaia, esforçando-se para atender aos requisitos dessas leis em todas as suas operações. (CAPPELLARI, STEFANI, DE CASTRO, 2021, p.86)

Dessa forma, a usina se destaca por promover iniciativas sustentáveis, servindo como exemplo inspirador para empresas nacionais e internacionais, bem como para a comunidade com a qual interage. Essas ações incentivam uma abordagem mais ética e responsável nos negócios, contribuindo para a qualidade econômica e socioambiental para as gerações futuras, e com a segurança energética do país. (CAPPELLARI, STEFANI, DE CASTRO, 2021, p.87)

O compromisso da Itaipu com a sustentabilidade, inclusive, permitiu que a ELETROBRÁS permanecesse no Índice de Sustentabilidade Empresarial (ISE) da Bolsa de

Valores de São Paulo, uma seleção de empresas reconhecidas por seu engajamento em responsabilidade social e sustentabilidade corporativa. (CIPOLAT et al, 2010, p. 8)

### **3.2.5 Aspectos sociais**

Desde a assinatura do Tratado de Itaipu em 1973 e ao longo de todo o processo de construção, o Rio Paraná foi desviado, deixando seu leito original seco para permitir a construção da barragem. Com a conclusão dessa obra, um reservatório foi formado em apenas 14 dias em 1982, cobrindo uma área de 1350 km<sup>2</sup> (780 km<sup>2</sup> no Brasil e 570 km<sup>2</sup> no Paraguai). Durante esse processo, a água subiu mais de 100 metros, transformando drasticamente a dinâmica desse ecossistema. Esse evento resultou na perda irreparável de paisagens naturais, incluindo a famosa Sete Quedas, e na remoção de muitas propriedades agrícolas, a maioria delas pequenas e de solo fértil. Apesar disso, as compensações financeiras oferecidas a esses agricultores foram consideradas inadequadas em relação aos valores reais das terras. (STORTO, COCATO, 2017, p.39)

Esse foi um processo que beneficiou uma parte da população ao proporcionar energia elétrica, mas ao mesmo tempo prejudicou significativamente os moradores locais. Um total de 42.000 pessoas que viviam em propriedades agrícolas familiares nas áreas ribeirinhas do Rio Paraná foram expropriadas de suas terras, sendo aproximadamente 38.000 delas provenientes de áreas rurais. (STORTO, COCATO, 2017, p.40 apud ZAAR, 2001)

As compensações para essa população local foram realizadas por meio de contratos. O processo teve início com as propriedades destinadas a comércio e serviços, o que deixou a região sem acesso aos recursos básicos e à infraestrutura necessária. No lado brasileiro, mais de 40 mil pessoas foram impactadas por essa situação. (STORTO, COCATO, 2017, p.40 apud TESCHE et al, 2003)

Por meio da exploração do potencial hidráulico do Rio Paraná, os governos brasileiro e paraguaio recebem compensações financeiras, conhecidas como royalties, desde 1985. Esses pagamentos têm um impacto socioeconômico significativo. Desde então, mais de US\$12 bilhões foram distribuídos aos dois países. No Brasil, esses fundos beneficiaram 347 municípios em cinco estados (Paraná, Mato Grosso do Sul, São Paulo, Minas Gerais e Goiás), além do Distrito Federal. (PEPITONE, 2022, p.5)

Além dos royalties, a Itaipu contribui para o desenvolvimento regional por meio da construção de infraestruturas significativas. Uma das maiores realizações é a segunda ponte



sobre o Rio Paraná, uma estrutura imponente que estabelece uma nova conexão entre o Brasil e o Paraguai, que com 760 metros de comprimento e um vão-livre de 470 metros, é o maior da América do Sul. Conhecida como Ponte da Integração, essa obra não apenas fortalecerá os laços econômicos, mas também sociais e culturais do Brasil com os países do Cone Sul. (PEPITONE, 2022, p.5)

A população de Foz do Iguaçu registrou um aumento de 385% ao longo de duas décadas, passando de 28.080 para 136.320 habitantes. Esse crescimento indica uma reconfiguração significativa na regionalização do espaço onde a Usina está localizada, afetando os níveis local, regional, nacional e internacional. Conforme afirmado por Domareski, Lopes e Anjos (2011), esse impacto não se restringe apenas aos habitantes locais, que são deslocados, realocados e veem suas formas de vida e subsistência modificadas. Ele também se manifesta na chegada de migrantes originários de várias regiões, gerando mudanças abruptas nos espaços urbanos circundantes. Essas transformações repentinas exigem políticas de gestão territorial eficientes e bem planejadas para garantir que os direitos básicos, como educação, saúde, habitação e saneamento, sejam atendidos para todos os residentes. (STORTO, COCATO, 2017, p.48)

Os municípios impactados pela construção da barragem de Itaipu e que receberam royalties apresentaram um desempenho superior em termos de renda e desenvolvimento humano, conforme medido pelo Índice de Desenvolvimento Humano (IDH). (WEDY, MACHADO, FRANCIOSI, 2016, p.183)

Sob a perspectiva econômica e do desenvolvimento humano, especialmente ao considerar o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), é incontestável que a Usina de Itaipu teve um impacto positivo para o Brasil, Argentina e Paraguai, e especialmente para os municípios paranaenses diretamente afetados pela construção da barragem. (WEDY, MACHADO, FRANCIOSI, 2016, p.183)

## **Considerações Finais**

É evidente que a energia desempenha um papel fundamental nas economias modernas e está intrinsecamente ligada à política, economia e questões ambientais. Constatamos que a segurança energética é uma preocupação global, envolvendo a diversificação das fontes de energia, a busca por fontes renováveis e a redução da dependência de combustíveis fósseis. Contudo ainda não apresenta um conceito definido visto que a interpretação dos produtores de

conhecimento muda de acordo com a época em que vivem ou com contexto global em que seu país se encontra em relação à segurança energética.

No Brasil, é crucial que sejam elaborados mais documentos oficiais, especialmente aqueles que guiam as políticas energéticas, para definir e esclarecer o conceito de segurança energética no contexto atual. Isso se torna necessário devido às mudanças ocorridas no Sistema Elétrico Brasileiro (SEB) desde a última publicação do documento que abordava esse significado no cenário nacional.

As transformações, tanto burocráticas quanto estruturais, destacam a busca pela segurança energética por meio do aumento e da diversificação das fontes de energia, a fim de atender à crescente demanda e evitar novos episódios de racionamento, como ocorreu em 2001.

A transição para energias renováveis, como solar e eólica, não representa apenas uma necessidade econômica e ambiental, mas também uma oportunidade para redesenhar a geopolítica energética. Isso possibilita promover a independência e a sustentabilidade para o Brasil, que ainda depende da importação de energia.

A palavra "dependência", oposta à "independência", neste contexto, nos faz refletir sobre a concentração de fontes de energia elétrica no setor hídrico, que ainda representa 58% da capacidade instalada total. Isso deixa o Brasil vulnerável às variações anuais no regime de chuvas, tornando necessário o uso intensivo de usinas termoeletricas. Esse cenário contribui para a piora dos indicadores ambientais e para o aumento no custo da energia, uma vez que as usinas termoeletricas são mais poluentes e onerosas.

Neste cenário, a usina de Itaipu representa um ativo crucial para a geração hidrelétrica no Brasil. Durante o evento de 2001, essa usina respondia por quase um quarto da produção brasileira. Contudo, com a diversificação da matriz elétrica do país, sua relevância tem diminuído. Ainda assim, sua produção continua sendo significativa e desempenha um papel fundamental no fornecimento de energia quando outras fontes intermitentes estão produzindo em níveis baixos. Além disso, a usina de Itaipu é uma fonte estável e confiável devido às suas características hidrográficas e às medidas adotadas para mitigar possíveis interrupções no fornecimento.

Itaipu contribui de maneira significativa para os demais aspectos relacionados à segurança energética. Em termos de sustentabilidade, embora a construção da usina tenha causado danos ao meio ambiente, esforços estão sendo feitos para reparar esses danos por meio

de programas e iniciativas sustentáveis. No aspecto social, a usina compensa as cidades da região pelos danos por meio de royalties, indenizações e programas sociais, o que contribui para o desenvolvimento e qualidade de vida local. Além disso, em relação aos preços, apesar do aumento nos custos, especialmente com a alta do dólar, os valores não ultrapassam o que seria corrigido pelo Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA). Isso ajuda a manter o controle sobre as tarifas de energia elétrica para os consumidores. Desta forma, Itaipu se mostra ainda como ativo relevante no cenário energético brasileiro e contribui nos vários aspectos relacionados à segurança energética brasileira.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRÃO, R. A. F. A geopolítica das energias renováveis: o Brasil em meio a um cenário global em transformação: **Monções: Revista de Relações Internacionais da UFGD**, v. 11, n. 22, p. 118–150, 15 dez. 2022.

ABESCO. **Eficiência Energética – Boa para a economia, para o meio ambiente e para a sociedade**. Disponível em: < [www.abesco.com.br](http://www.abesco.com.br) > Acesso em 03 de outubro de 2023

BRANDI, P.; CENTRO DA MEMÓRIA DA ELETRICIDADE NO BRASIL; OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO (BRAZIL) (EDS.). **História da operação do Sistema Interligado Nacional**. Rio de Janeiro: Operador Nacional do Sistema Elétrico: Eletrobrás, Centro da Memória da Eletricidade no Brasil, Memória da Eletricidade, 2003.

BURCHARDT, A. M.; OLIVEIRA, S. D. ENERGIAS RENOVÁVEIS E SUSTENTABILIDADE: UMA REVISÃO. **Salão do Conhecimento Unijuí 2022**, 2022.

CAPPELLARI, N.; STEFANI, S. R.; CASTRO, M. D. A institucionalização da sustentabilidade organizacional na Itaipu Binacional. **Revista Eletrônica de Ciência Administrativa**, v. 20, n. 1, p. 117–139, 1 jan. 2021a.

CAPPELLARI, N.; STEFANI, S. R.; CASTRO, M. D. A institucionalização da sustentabilidade organizacional na Itaipu Binacional. **Revista Eletrônica de Ciência Administrativa**, v. 20, n. 1, p. 117–139, 1 jan. 2021b.

CARVALHO, M. A. M. **SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO**: Monografia Bacharel em Economia—Belo Horizonte: Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, 2022.

CIPOLAT, C. et al. Indicadores de Desempenho Social do Global Reporting Initiative (GRI) e as Ações de Sustentabilidade da Itaipu Binacional. **Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia**, n. 7a, 2010.

CRESWELL, J. W. **Projeto De Pesquisas: Métodos Qualitativo, Quantitativo E Misto**. 2. ed. [s.l.] Artmed, 2007.

DE LORENZO, H. C. O SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO: PASSADO E FUTURO. **Perspectivas**, n. 24–25, p. 147–170, 2002 2001.

DELGADO, F.; WEISS, M. A GEOPOLÍTICA DAS ENERGIAS RENOVÁVEIS: CONSIDERAÇÕES INICIAIS. 2018.

DIAS, B. S.; DIAS, S. I. S. Planejamento urbano, regional e socio-ambiental visões de 2009. **Planejamento Urbano. Regional e Socioambiental: visões de 2009**, n. 1, p. 79, 2009.

DOMINGUES, P. C. M. **A INTERCONEXÃO ELÉTRICA DOS SISTEMAS ISOLADOS DA AMAZÔNIA AO SISTEMA INTERLIGADO NACIONAL**. Mestrado em Engenharia de Produção—Florianópolis: UFSC, 2003.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Nacional de Energia – 2030**. Rio de Janeiro: 2007, 408p.

FALCETTA, F. A. M. **Evolução da capacidade de regularização do sistema hidrelétrico brasileiro**. Mestrado em Engenharia Hidráulica—São Paulo: Universidade de São Paulo, 7 jun. 2016.

GOMES, P. H. M.; NEVES, A. L. V. UM MODELO IDEAL PARA O REFINO? UMA AVALIAÇÃO DA SEGURANÇA ENERGÉTICA NO SETOR PETROLÍFERO BRASILEIRO (1994-2022). **OIKOS**, v. 21, n. 2, p. 44–59, 2022.

GUERRA, L. C. B.; SILVA, S. C. A. ANÁLISE DO PROCESSO DE REESTRUTURAÇÃO DO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO. **EmpíricaBR - Revista Brasileira de Gestão, Negócio e Tecnologia da Informação**, v. 1, n. 1, p. 39–55, 14 nov. 2017.

ITAIPU BINACIONAL. **Itaipu binacional**. Disponível em: < <http://www.itaipu.gov.br/>>. Acesso em 15 de outubro de 2023.

ITAIPU BINACIONAL. **Relatório de Sustentabilidade 2022**. Disponível em: < <http://www.itaipu.gov.br/>>. Acesso em 16 de outubro de 2023.

ITAIPU BINACIONAL. **Relatório Anual Itaipu binacional 2005**. Disponível em: < <http://www.itaipu.gov.br/>>. Acesso em 15 de outubro de 2023.

ITAIPU BINACIONAL. **Relatório Anual Itaipu binacional 2010**. Disponível em: < <http://www.itaipu.gov.br/>>. Acesso em 15 de outubro de 2023.

ITAIPU BINACIONAL. **Relatório Anual Itaipu binacional 2015**. Disponível em: < <http://www.itaipu.gov.br/>>. Acesso em 15 de outubro de 2023.

ITAIPU BINACIONAL. **Relatório Anual Itaipu binacional 2020**. Disponível em: < <http://www.itaipu.gov.br/>>. Acesso em 15 de outubro de 2023.

ITAIPU BINACIONAL. **Relatório Anual Itaipu binacional 2022**. Disponível em: < <http://www.itaipu.gov.br/>>. Acesso em 15 de outubro de 2023.

JOHN W. CRESWELL. **Projeto De Pesquisas: Métodos Qualitativo, Quantitativo E Misto**. 2. ed. [s.l.] Artmed, 2007.

LEME, A. A. O setor elétrico brasileiro entre as transformações contemporâneas: o caso da crise elétrica em 2001. **CRÍTICA E SOCIEDADE**, v. 8, n. 1, p. 4–34, 1 jul. 2020.

MME; EPE. **Balanco Energético Nacional 2023**, 2023

MURADÁS, L. X. **A ENERGIA COMO PODER NA DINÂMICA ECONÔMICA MUNDIAL**. Monografia Bacharel em Ciências Econômicas—Santa Cruz do Sul: UNISC, 2023.

NINA, A. M. **A diplomacia brasileira e a segurança energética nacional**. Brasília, DF: Fundação Alexandre de Gusmão, 2021.

ONS (2001). **Operador Nacional do Sistema Elétrico**. Disponível em: < [www.ons.org.br](http://www.ons.org.br)>

ONS (2022). **Operador Nacional do Sistema Elétrico**. Disponível em: <[www.ons.org.br](http://www.ons.org.br)>

ONS (2023). **Operador Nacional do Sistema Elétrico**. Disponível em: <[www.ons.org.br](http://www.ons.org.br)>

PAIVA, I. et al. Aspectos Teóricos e Analíticos da Segurança Energética e os Desafios do Setor Elétrico Brasileiro. **Texto De Discussão do Setor Elétrico**, n. 71, 2017.

PORTELA, J. C.; ALEGRE, P. **ABORDAGENS DE SEGURANÇA OPERACIONAL DA USINA HIDRELÉTRICA ITAIPU BINACIONAL SOB A PERSPECTIVA DA ENGENHARIA DE RESILIÊNCIA**. Mestrado em Engenharia de Produção—Porto Alegre: UFRGS, 2016.

RAÍZEN. **Como funciona a segurança energética no Brasil e no mundo**. Disponível em: <[www.raizen.com.br/blog/seguranca-energetica](http://www.raizen.com.br/blog/seguranca-energetica)> Acesso em 03 de outubro de 2023.

SEBRAE. **Práticas sustentáveis para manter a eficiência energética nas empresas**. Disponível em: <<https://sebrae.com.br>> Acesso em 03 de outubro de 2023.

SILVA, B. G. D. **Evolução do setor elétrico brasileiro no contexto econômico nacional: uma análise histórica e econométrica de longo prazo**. Mestrado em Energia—São Paulo: Universidade de São Paulo, 19 dez. 2011a.

SILVA, B. G. D. **Evolução do setor elétrico brasileiro no contexto econômico nacional: uma análise histórica e econométrica de longo prazo**. Mestrado em Energia—São Paulo: Universidade de São Paulo, 19 dez. 2011b.

SOARES, E. C. **ESCOLA DE COMANDO E ESTADO-MAIOR DO EXÉRCITO**. Trabalho de Conclusão de Curso do Programa de Pós-graduação lato sensu em Ciências Militares, com ênfase em Defesa Nacional—Rio de Janeiro: Escola de Comando e Estado-Maior do Exército, 2021.



SORIANO, É.; VALENCIO, N. F. L. D. S. CONVERGÊNCIAS E DIVERGÊNCIAS ACERCA DAS INTERPRETAÇÕES DO RISCO: O CASO DA UHE ITAIPU BINACIONAL. **Geography Department, University of São Paulo**, p. 208–236, 2012.

STORTO, C.; COCATO, G. P. USINA HIDRELÉTRICA DE ITAIPU: UMA PERSPECTIVA A RESPEITO DOS SEUS IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS. **Geographia Opportuno Tempore**, v. 3, n. 1, p. 37–51, 2 nov. 2017.

WEDY, G.; MACHADO, C.; FRANCIOSI, M. R. USINA DE ITAIPU: UMA ANÁLISE DO CUSTO-BENEFÍCIO DE SUA INSTALAÇÃO E FUNCIONAMENTO NA PERSPECTIVA DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. **Revista Internacional de Direito Ambiental**, v. 5, n. 13, 2016.

WINZER, C. Conceptualizing energy security. **Energy Policy**, v. 46, p. 36–48, jul. 2012.

YIN, R.K. **Metodologia da pesquisa estudo de caso**. 2ed, Bookman, 2001.