

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

GABRIEL GOMES RODRIGUES

AVALIAÇÃO DA POTÊNCIA GERADA POR ÁREA OCUPADA ENTRE USINAS  
TERMELÉTRICAS A GÁS NATURAL E USINA TERMOSOLAR

Uberlândia

2022

GABRIEL GOMES RODRIGUES

AVALIAÇÃO DA POTÊNCIA GERADA POR ÁREA OCUPADA ENTRE USINAS  
TERMELÉTRICAS A GÁS NATURAL E USINA TERMOSOLAR

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Instituto de Ciências  
Agrárias da Universidade Federal de  
Uberlândia como requisito parcial para  
obtenção do título de Bacharel em  
Engenharia Ambiental.

Área de concentração: Energia Elétrica

Orientador: Prof. Dr. Valério Luiz Borges

Uberlândia

2022

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU  
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

|              |   |
|--------------|---|
| R696<br>2022 | <p>Rodrigues, Gabriel Gomes, 1999-<br/>AVALIAÇÃO DA POTÊNCIA GERADA POR ÁREA OCUPADA ENTRE<br/>USINAS TERMELÉTRICAS A GÁS NATURAL E USINA TERMOSOLAR<br/>[recurso eletrônico] / Gabriel Gomes Rodrigues. - 2022.</p> <p>Orientadora: Valério Luiz Borges.<br/>Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -<br/>Universidade Federal de Uberlândia, Graduação em<br/>Engenharia Ambiental.<br/>Modo de acesso: Internet.<br/>Inclui bibliografia.<br/>Inclui ilustrações.</p> <p>1. Engenharia ambiental. I. Borges, Valério Luiz, 1979-<br/>, (Orient.). II. Universidade Federal de Uberlândia.<br/>Graduação em Engenharia Ambiental. III. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDU: 628.5</p> |
|--------------|---|

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:  
Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091  
Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar ao meu Deus, o único Deus, Deus de Israel Criador dos céus, da terra, dos homens, dos anjos, do universo e tudo que nele há.

Ao Senhor da minha vida, Jesus, o Filho e Cordeiro de Deus que tira o pecado do mundo e traz a paz.

Ao Espírito de Deus, Espírito Santo que comunica a vontade soberana de Deus com os homens. Sou grato pela oportunidade de a cada dia poder acordar e vencer desafios, tais que me prepararam para o hoje.

A minha preciosa mãe, que me proporcionou todo amparo e carinho durante os longos dias, e me incentivou para que eu não desistisse. Ao meu amado pai, homem que me ensinou valores que não poderiam ser mais preciosos nem se escritos em folhas de ouro.

Todos meus familiares que sempre ofereceram momentos fantásticos, trazendo alegria. Especialmente às minhas avós pelo apoio e ânimo.

Agradeço a minha companheira, *Aline Baron* que comigo sempre permaneceu, prestando suporte e apoio em momentos difíceis, e corroborando para que situações fascinantes ocorressem.

Agradeço ao meu estimado orientador, Professor Dr. *Valério Luiz Borges* por entregar a mim o crédito, acreditando em meu potencial, ensinando lições preciosas e me orientando com extrema atenção e capricho.

A todos que estiveram ao meu lado me auxiliando durante o percurso, dando sugestões, dicas e compartilhando experiências.

Por fim, à Universidade Federal de Uberlândia e ao ICIAG pela estrutura e encaminhamento necessário para cumprir cada etapa do processo.

A todos, muito obrigado!!!

*“Porque Deus amou o mundo de tal maneira, que deu o seu Filho Unigênito, para que todo aquele que Nele crer não pereça, mas tenha a vida eterna.”*

*João 3:16*

## RESUMO

No presente estudo foi realizado a comparação analítica entre dois tipos de geração elétrica, Usina Termosolar e Usinas Termelétricas a Gás Natural, as análises foram fundadas em dados acessados do projeto real de duas usinas construídas, uma termelétrica a gás natural em Cuiabá e uma termosolar no Rio Paraná na divisa entre MS e SP. A avaliação se deu basicamente por meio da geração que elas podem alcançar e da área que elas ocupam para produzir tal quantidade de energia. Utilizou-se dados da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) para complementação, como potência instalada, e mediu-se a área que as usinas ocupam, por meio do software Google Earth Pro. O objetivo do estudo é mensurar a proporção de geração de energia por área ocupada. O resultado encontrado foi de que uma usina termelétrica a gás natural consegue produzir uma quantidade maior de energia por área, em relação a usina termosolar.

**Palavras-chave:** Geração de energia, energia elétrica, Usina Termelétrica.

## ABSTRACT

In the present work, an analytical comparison was carried out between two types of electric generation, Thermosolar Plant and Natural Gas Thermoelectric Plants, the analyzes were based on data accessed from the real project of two plants built, a natural gas thermoelectric plant in Cuiabá and a thermosolar in the Paraná River on the border between MS and SP. The evaluation was basically based on the generation they can reach and the area they occupy to produce such amount of energy. Data from ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) was used for complementation, such as installed power, and the area occupied by the plants was measured using the Google Earth Pro software. The objective of the study is to measure the proportion of energy generation per occupied area. The result found was that a natural gas thermoelectric plant can produce a greater amount of energy per area, compared to a solar thermoelectric plant.

**Keywords:** Power generation, electricity, thermoelectric plant.

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ANEEL: Agência Nacional de Energia Elétrica

C: Carbono

CGH: Central Geradora Hidrelétrica com Capacidade Reduzida

CGU: Central Geradora Undi-Elétrica

CNEN: Comissão Nacional de Energia Nuclear

COP: Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas

EOL: Central Geradora Eólica

EPE: Empresa de Pesquisa Energética

Fcsp: Fator do Concentrador Solar Parabólico

Fute: Fator da Usina Termelétrica a Gás Natural

GW: Gigawatt

GWh: Gigawatt-hora

H: Hidrogênio

h: Hora

H<sub>2</sub>O: Água

ha: Hectare

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

JSON: Javascript Object Notation

kg: Quilograma

Km: Quilômetro

kW: Quilowatt

kWh: Quilowatt-hora

m: Metro

MCTI: Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação

MPMS: Ministério Público do Mato Grosso

MWh: Megawatt-hora

O: Oxigênio

P: Pressão

PCH: Pequena Central Hidrelétrica

PEC: Proposta de Emenda à Constituição

ppm: Parte por Milhão

Q: Energia

R\$: Real

S: Enxofre

SIN: Sistema Interligado Nacional

TWh: Terawatt-hora

UFV: Central Geradora Solar Fotovoltaica

UHE: Usina Hidrelétrica de Energia

USP: Universidade de São Paulo

UTE: Usina Termelétrica

UTN: Usina Termonuclear

W: Trabalho

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 1</b> - Termelétrica a Gás de Cuiabá, Âmbar Energia LTDA.....                    | 23 |
| <b>Figura 2</b> - Usina Termosolar de Porto Primavera.....                                 | 24 |
| <b>Figura 3</b> - UEG Araucária .....  | 29 |
| <b>Figura 4</b> - UTE Baixada Fluminense.....  | 30 |
| <b>Figura 5</b> - Usina de Campos dos Goytacazes .....                                     | 30 |
| <b>Figura 6</b> - UTE Sepé Tiaraju .....   | 31 |
| <b>Figura 7</b> - Termoceará .....   | 31 |
| <b>Figura 8</b> - UTE GNA I .....  | 32 |
| <b>Figura 9</b> - UTE Aureliano Chaves.....  | 32 |
| <b>Figura 10</b> - UTE Jaraqui.....  | 33 |
| <b>Figura 11</b> - UTE Juiz de Fora .....  | 34 |
| <b>Figura 12</b> - UTE Norte Fluminense.....   | 34 |
| <b>Figura 13</b> - Relação entre as áreas necessárias para gerar energia em cada tipo..... | 36 |

## LISTA DE TABELAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabela 1</b> – Relação de consumidores de energia elétrica por setor em 2020 ..... | 19 |
| <b>Tabela 2</b> – Quantidade de usinas por tipo de geração .....                      | 20 |
| <b>Tabela 3</b> – Quantidade de usinas por tipo de combustível .....                  | 20 |
| <b>Tabela 4</b> – Relação entre a potência energética e área ocupada. ....            | 26 |
| <b>Tabela 5</b> – Fatores de cada empreendimento.....                                 | 28 |
| <b>Tabela 6</b> – Dados de diferença entre área calculada e medida. ....              | 28 |

## LISTA DE GRÁFICOS

|  |    |
|--|----|
| <b>Gráfico 1</b> – Consumo de energia elétrica por setor em 2020 .....                   | 16 |
| <b>Gráfico 2</b> – Potência outorgada para cada usina termelétrica.....                  | 37 |
| <b>Gráfico 3</b> – Relação entre as áreas encontradas no intervalo de 0 a 1 ha. ....     | 38 |
| <b>Gráfico 4</b> – Relação entre as áreas encontradas no intervalo de 0 a 13000 ha. .... | 38 |
| <b>Gráfico 5</b> – Relação de área pela potência.....                                    | 39 |

## SUMÁRIO

|  |    |
|--|----|
| <b>SUMÁRIO</b> .....                                     | 12 |
| <b>1. INTRODUÇÃO</b> .....                               | 13 |
| <b>2. JUSTIFICATIVA</b> .....                            | 14 |
| <b>3. OBJETIVO</b> .....                                 | 14 |
| <b>3.1. Objetivos Específicos</b> .....                  | 14 |
| <b>4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....                    | 14 |
| <b>4.1. Legislação sobre Energia no Brasil</b> .....     | 14 |
| <b>4.2. Setor Elétrico Brasileiro</b> .....              | 15 |
| <b>4.3. Tipos de Geradoras de Energia Elétrica</b> ..... | 21 |
| <b>5. METODOLOGIA</b> .....                              | 22 |
| <b>5.1. Obtenção dos Dados</b> .....                     | 22 |
| <b>5.2. Tratamento dos Dados</b> .....                   | 24 |
| <b>6. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....                   | 26 |
| <b>7. CONCLUSÃO</b> .....                                | 40 |
| <b>8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....               | 41 |

## 1. INTRODUÇÃO

Desde o princípio da nossa história, a eletricidade sempre esteve em nosso meio, em termos relativos podemos dizer que a pouco tempo conseguimos manipular e utilizar a eletricidade diretamente em nosso favor. Começamos essa caminhada através de um filósofo grego chamado Tales de Mileto. Ele descobriu a eletricidade estática por meio do atrito entre um pedaço de âmbar e a pele de um animal, vendo a atração que era gerada entre outros objetos após o atrito.

Com passar do tempo, o conhecimento foi se ampliando até o descobrimento de energia elétrica por meio de reações químicas, que resultou na primeira bateria de íon-lítio criada por Alessandro Volta, batizando a unidade de tensão elétrica, o “volt”.

A sociedade atual do século XXI é muito dependente da energia elétrica, para comunicação, movimentação, sobrevivência, entre outras coisas. Essa necessidade alinhada com as bilhões de pessoas existentes no mundo, faz com que a demanda energética mundial seja extremamente alta, e isso conduz diversos cientistas e estudantes ao caminho das pesquisas para que seja possível aumentar a eficiência dos processos.

No Brasil, o acesso à energia elétrica ainda não se enquadra como um direito social para todos os brasileiros, porém, desde dezembro de 2017 está em tramitação no Senado a PEC 44, que adicionará o acesso à energia elétrica aos direitos sociais previstos no art. 6º da Constituição da República Federativa do Brasil (BRASIL, 2017).

Tem-se no Brasil atualmente cerca de 3105 Usinas Termelétricas, porém não há ainda Usinas Termosolares em operação conforme listado no banco de dados de monitoramento da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). A potência instalada total somando todas as usinas no Brasil é de 179,2 GW (a capacidade que o país tem para produzir energia pode chegar a esse valor) sendo 44,6 GW advindos de Termelétricas, comparados aos 54,2 GW de demanda (ANEEL, 2021).

O objeto de estudo desse trabalho foi a termelétrica a gás natural da Âmbar Energia LTDA em Cuiabá – MT e a termosolar que está sendo construída em Rosana - SP pela companhia CESP ao lado da UHE Eng. Sérgio Motta, e o objetivo foi de comparar a capacidade de geração elétrica pela área ocupada entre elas.

## **2. JUSTIFICATIVA**

Vemos atualmente a matriz energética no Brasil e no mundo aumentar em todos os lados. É necessário que essa expansão seja firmemente estudada para que seja feita da melhor forma, pois a tecnologia cresce exponencialmente e conseqüentemente a necessidade de energia aumenta, em conjunto com esse crescimento, tendo em mente também que a maior parte das tecnologias criadas são totalmente dependentes de eletricidade.

Precisamos então buscar a forma mais eficiente possível para cobrir o aumento, ou seja, fazer isso acontecer da melhor forma possível para o planeta e população, é por isso que entramos então no nicho científico buscando estudos que nos conduzam para esse alvo.

Caminharemos sentido à essa eficiência por meio do presente estudo com os seguintes objetivos apresentados abaixo.

## **3. OBJETIVO**

Realizar uma comparação técnica entre uma Usina Termelétrica Solar e Usina Termelétrica a Gás Natural.

### **3.1. Objetivos Específicos**

Tem-se como princípio analisar e comparar a relação de potência de cada geradora citada, com base no espaço que elas precisam para realizar essa geração e também por meio dos fatores calculados.

Discutir os resultados encontrados a partir das análises praticadas ao longo do estudo.

## **4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **4.1. Legislação sobre Energia no Brasil**

A respeito do marco organizacional sobre as questões de energia elétrica brasileira temos leis que garantem a organização, as competências e deveres do governo. Por meio do art. 5º da Lei nº 3.782, de 22 de julho de 1960 tem-se a criação do Ministério de Minas e Energia, e a Lei nº 4.904, de 17 de dezembro de 1965 abrange a respeito da organização

deste ministério, sendo o Ministro de Estado das Minas e Energia responsável pela formulação, direção e execução da política nacional nos assuntos referentes a minas e energia.

Estando vinculada ao Ministério de Minas e Energia, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) foi instituída pela Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996, e disciplina o regime das concessões de serviços públicos de energia elétrica e dá outras providências, ou seja, ela tem por finalidade regular e fiscalizar a produção, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica, em conformidade com as políticas e diretrizes do governo federal.

A comercialização de energia elétrica no Brasil foi disposta pela Lei nº 10.848, de 15 de março de 2004, discorrendo a respeito da comercialização de energia elétrica entre concessionários, permissionários e autorizados de serviços e instalações de energia elétrica, bem como destes com seus consumidores, no Sistema Interligado Nacional (SIN).

Para prestação de serviços na área de estudos e pesquisas destinadas a subsidiar o planejamento do setor energético temos a criação da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) criada em 2004 com base na Lei nº 10.847, de 15 de março de 2004.

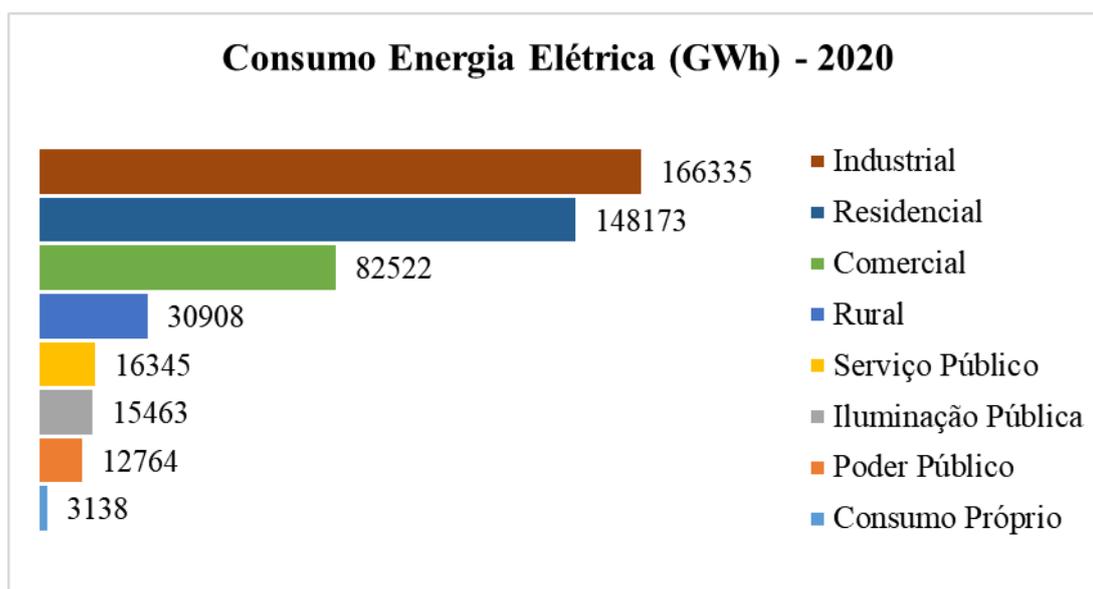
Para o transporte de gás natural no território brasileiro temos a Lei nº 14.134, de 8 de abril de 2021, que institui normas para a exploração das atividades econômicas de transporte de gás natural por meio de condutos e de importação e exportação de gás natural, bem como para a exploração das atividades de escoamento, tratamento, processamento, estocagem subterrânea, acondicionamento, liquefação, regaseificação e comercialização de gás natural.

#### **4.2. Setor Elétrico Brasileiro**

O Brasil possui uma geração elétrica anual de 621 TWh, contra um consumo total de 475 TWh com um total de 86'665'000 consumidores de acordo com o Anuário de Estatística de Energia Elétrica de 2021. O Gráfico 1 representa o consumo de energia elétrica por setor ou classe, ou seja, como o consumo dos 475 TWh estão distribuídos.

Conforme o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2019, 99,8% da população era atendida por energia elétrica (dados elaborados pelo programa governamental Objetivos de Desenvolvimento Sustentável).

**Gráfico 1 – Consumo de energia elétrica por setor em 2020**



Fonte: Anuário de Estatística Energia Elétrica 2021.

Abaixo estão as definições das classes de consumo utilizadas no Gráfico 1.

*“Industrial: Caracteriza-se pelo fornecimento à unidade consumidora em que seja desenvolvida atividade industrial, conforme definido na Classificação Nacional de Atividades Econômicas – CNAE, assim como o transporte de matéria-prima, insumo ou produto resultante do seu processamento, caracterizado como atividade de suporte e sem fim econômico próprio, desde que realizado de forma integrada fisicamente à unidade consumidora industrial.*

*Residencial: Caracteriza-se pelo fornecimento à unidade consumidora com fim residencial, ressalvado o rural residencial, considerando-se as seguintes subclasses: I – residencial; II – residencial baixa renda, conforme disposições legais e regulamentares vigentes; III – residencial baixa renda indígena; IV – residencial baixa renda quilombola; e V – residencial baixa renda benefício de prestação continuada da assistência social – BPC.*

*Comercial: Caracteriza-se pelo fornecimento à unidade consumidora em que seja exercida atividade comercial ou de prestação de serviços, à exceção dos serviços públicos ou de outra atividade não prevista nas demais classes, devendo ser consideradas as seguintes subclasses: I – comercial; II – serviços de transporte, exceto tração elétrica; III – serviços de comunicações e telecomunicações; IV – associação e entidades*

*filantrópicas; V – templos religiosos; VI – administração condominial: iluminação e instalações de uso comum de prédio ou conjunto de edificações; VII – iluminação em rodovias: solicitada por quem detenha concessão ou autorização para administração em rodovias; VIII – semáforos, radares e câmeras de monitoramento de trânsito, solicitados por quem detenha concessão ou autorização para controle de trânsito; e IX – outros serviços e outras atividades.*

*Rural: Caracteriza-se pelo fornecimento à unidade consumidora que desenvolva atividade relativa à agropecuária, incluindo o beneficiamento ou a conservação dos produtos agrícolas oriundos da mesma propriedade, sujeita à comprovação perante a distribuidora, considerando-se as seguintes subclasses: I – agropecuária rural: localizada na área rural, cujo consumidor desenvolva atividade relativa à agropecuária, incluída a conservação dos produtos agrícolas e o fornecimento para: a) instalações elétricas de poços de captação de água, para atender propriedade rural com objetivo agropecuário, desde que não haja comercialização da água; e b) serviço de bombeamento de água destinada à atividade de irrigação. II – agropecuária urbana: localizada na área urbana e cujo consumidor desenvolva atividade relativa à agropecuária, observados os seguintes requisitos: a) a carga instalada na unidade consumidora deve ser predominantemente destinada à atividade agropecuária; e b) o titular da unidade consumidora deve possuir registro de produtor rural, expedido por órgão público ou outro documento hábil que comprove o exercício da atividade agropecuária. III – rural residencial: localizada na área rural, com fim residencial, utilizada por trabalhador rural ou aposentado nesta condição, incluída a agricultura de subsistência; IV – cooperativa de eletrificação rural: atividade relativa à agropecuária, que atenda os requisitos estabelecidos na legislação e regulamentos aplicáveis, ou outra atividade na mesma área, desde que a potência disponibilizada seja de até 45 kVA; V – agroindustrial: independente de sua localização, que se dedicar a atividades agroindustriais, em que sejam promovidos a transformação ou beneficiamento de produtos advindos diretamente da agropecuária, mesmo que oriundos de outras propriedades, desde que a potência disponibilizada seja de até 112,5 kVA; VI – serviço público de irrigação rural: localizada na área rural em que seja desenvolvida a atividade de bombeamento d'água, para fins de irrigação, e explorada por entidade pertencente ou vinculada à Administração Direta, Indireta ou Fundações de Direito Público da União, dos Estados, DF ou dos Municípios; e VII – escola agrotécnica: localizada na*

*área rural, em que sejam desenvolvidas as atividades de ensino e pesquisa direcionada à agropecuária, sem fins lucrativos, e explorada por entidade pertencente ou vinculada à Administração direta, indireta ou Fundações de Direito Público da União, dos Estados, DF ou dos Municípios. VIII – aquicultura: independente de sua localização, que se dedicar a atividade de cultivo de organismos em meio aquático e atender, no caso de localizar-se em área urbana, cumulativamente, aos seguintes requisitos: a) a carga instalada na unidade consumidora deve ser predominantemente destinada à atividade aquicultura; e b) o titular da unidade consumidora deve possuir registro de produtor rural, expedido por órgão público ou outro documento hábil, que comprove o exercício da atividade de aquicultura.*

*Serviço Público: Caracteriza-se pelo fornecimento exclusivo para motores, máquinas e cargas essenciais à operação de serviços públicos de água, esgoto, saneamento e tração elétrica urbana ou ferroviária, explorados diretamente pelo Poder Público ou mediante concessão ou autorização, considerando-se as seguintes subclasses: I – tração elétrica; e II – água, esgoto e saneamento.*

*Iluminação Pública: De responsabilidade de pessoa jurídica de direito público ou por esta delegada mediante concessão ou autorização, caracteriza-se pelo fornecimento para iluminação de ruas, praças, avenidas, túneis, passagens subterrâneas, jardins, vias, estradas, passarelas, abrigos de usuários de transportes coletivos, logradouros de uso comum e livre acesso, inclusive a iluminação de monumentos, fachadas, fontes luminosas e obras de arte de valor histórico, cultural ou ambiental, localizadas em áreas públicas e definidas por meio de legislação específica, exceto o fornecimento de energia elétrica que tenha por objetivo qualquer forma de propaganda ou publicidade, ou para realização de atividades que visem a interesses econômicos.*

*Poder Público: Independente da atividade a ser desenvolvida, caracteriza-se pelo fornecimento à unidade consumidora solicitado por pessoa jurídica de direito público que assuma as responsabilidades inerentes à condição de consumidor, incluindo a iluminação em rodovias e semáforos, radares e câmeras de monitoramento de trânsito, exceto aqueles classificáveis como serviço público de irrigação rural, escola agrotécnica, iluminação pública e serviço público, considerando-se as seguintes subclasses: I – poder público federal; II – poder público estadual ou distrital; e III – poder público municipal.*

*Consumo Próprio: Caracteriza-se pelo fornecimento destinado ao consumo de energia elétrica das instalações da distribuidora.” Trecho retirado do Anuário de Estatística de Energia Elétrica de 2021.*

Abaixo está a Tabela 1 com a relação do número de consumidores de energia elétrica conforme cada setor alocado no Brasil, sendo o consumo residencial o detentor do maior número de consumidores de energia no Brasil, ou seja, a maior parte da energia gerada vai para os lares brasileiros.

**Tabela 1** – Relação de consumidores de energia elétrica por setor em 2020

| <b>Setor</b>              | <b>Consumidores<br/>(mil)</b> |
|---------------------------|-------------------------------|
| <b>Consumo Próprio</b>    | 10                            |
| <b>Iluminação Pública</b> | 98                            |
| <b>Serviço Público</b>    | 114                           |
| <b>Industrial</b>         | 469                           |
| <b>Poder Público</b>      | 599                           |
| <b>Rural</b>              | 4715                          |
| <b>Comercial</b>          | 5853                          |
| <b>Residencial</b>        | 74808                         |

Fonte: Anuário de Estatística Energia Elétrica 2021.

Abaixo na Tabela 2 está a relação de usinas em cada modo de geração elétrica, seguido da potência total instalada em cada modo, com sua respectiva porcentagem que aquele modo contribui para a potência total instalada no Brasil. Em seguida, na Tabela 3 está a quantidade de usinas termelétricas que operam com os combustíveis listados.

**Tabela 2 – Quantidade de usinas por tipo de geração**

| <b>Usinas Geradoras de Energia em 2021</b>                         |             |                                |                               |
|--|-------------|--------------------------------|-------------------------------|
| <b>Tipo</b>  | <b>Qtd.</b> | <b>Potência Instalada (MW)</b> | <b>Potência Instalada (%)</b> |
| <b>Usina Hidrelétrica de Energia (UHE)</b>                         | 219         | 103026,5                       | 57,5                          |
| <b>Usina Termelétrica (UTE)</b>                                    | 3100        | 44566,1                        | 24,9                          |
| <b>Central Geradora Eólica (EOL)</b>                               | 753         | 19437,9                        | 10,8                          |
| <b>Pequena Central Hidrelétrica (PCH)</b>                          | 424         | 5499,6                         | 3,1                           |
| <b>Central Geradora Solar Fotovoltaica (UFV)</b>                   | 4357        | 3837,7                         | 2,1                           |
| <b>Usina Termonuclear (UTN)</b>                                    | 2           | 1990                           | 1,1                           |
| <b>Central Geradora Hidrelétrica com Capacidade Reduzida (CHG)</b> | 731         | 865,2                          | 0,5                           |
| <b>Central Geradora Undi-Elétrica (CGU)</b>                        | 1           | 0,05                           | 0,0                           |
| <b>Total</b>   |             | 179223,1                       | 100                           |

Fonte: Agência Nacional de Energia Elétrica.

**Tabela 3 – Quantidade de usinas por tipo de combustível**

| <b>Tipo</b>                     | <b>Total Usinas</b> | <b>Potência Total (MW)</b> |
|---------------------------------|---------------------|----------------------------|
| <b>Gás natural</b>              | 166                 | 16261,4                    |
| <b>Agroindustriais</b>          | 431                 | 11890,7                    |
| <b>Petróleo</b>                 | 2319                | 9033,7                     |
| <b>Carvão mineral</b>           | 22                  | 3582,8                     |
| <b>Floresta</b>                 | 109                 | 3409,1                     |
| <b>Resíduos sólidos urbanos</b> | 31                  | 213,0                      |
| <b>Outros Fósseis</b>           | 4                   | 166,0                      |
| <b>Resíduos animais</b>         | 15                  | 4,7                        |
| <b>Biocombustíveis líquidos</b> | 3                   | 4,7                        |

Fonte: Agência Nacional de Energia Elétrica.

Quanto aos tipos de combustíveis utilizados, existe algumas variedades em seus subtipos, estando estes listados abaixo.

- **Gás natural:** Gás natural e calor de processo – GN.
- **Agroindustriais:** Casca de arroz, capim elefante, biogás – AGR e bagaço de cana de açúcar.
- **Petróleo:** Óleo diesel, óleo combustível, gás de refinaria, gás de alto forno – PE e outros energéticos de petróleo.

- **Carvão mineral:** Gás de alto forno – CM, carvão mineral e calor de processo – CM.
- **Floresta:** Resíduos florestais, licor negro, lenha, gás de alto forno – Biomassa, carvão vegetal e biogás – Floresta.
- **Resíduos sólidos urbanos:** resíduos sólidos urbanos – RU, carvão – RU e biogás – RU.
- **Outros fósseis:** Calor de processo – OF.
- **Resíduos de animais:** Biogás – RA.
- **Biocombustíveis líquidos:** Óleos vegetais e etanol.

### 4.3. Tipos de Geradoras de Energia Elétrica

Os tipos de unidades que produzem energia no Brasil estão listados abaixo, com seu respectivo significado.

*“Usina Hidrelétrica de Energia (UHE): são aquelas de potencial hidráulico de potência superior a 5.000 kW e igual ou inferior a 50.000 kW, em regime de produção independente ou autoprodução, sem características de pequena central hidrelétrica – PCH (definição dada pela Lei nº 13.360/2016, que alterou a Resolução Normativa nº 412 de 5/10/2010 da ANEEL)*

*Usina Termelétrica (UTE): são os empreendimentos que utilizam para geração de energia elétrica a energia liberada por qualquer produto que possa gerar calor, como bagaço de diversos tipos de plantas, restos de madeira, óleo combustível, óleo diesel, gás natural, urânio enriquecido e carvão natural.*

*Central Geradora Eólica (EOL): são empreendimentos que transformam a energia cinética do vento em energia elétrica.*

*Pequena Central Hidrelétrica (PCH): são aqueles empreendimentos destinados a autoprodução ou produção independente de energia elétrica, cuja potência seja superior a 5.000 kW e igual ou inferior a 30.000 kW e com área de reservatório de até 13 km<sup>2</sup>, excluindo a calha do leito regular do rio. O aproveitamento hidrelétrico com área de reservatório superior a 13 km<sup>2</sup>, excluindo a calha do leito regular do rio, será considerado como PCH se o reservatório for de regularização, no mínimo, semanal ou cujo dimensionamento, comprovadamente, foi baseado em outros objetivos que não o de*

*geração de energia elétrica (definição dada pela Lei nº 13.360/2016, que alterou a Resolução Normativa nº 673 de 4/8/2015 da ANEEL).*

*Central Geradora Solar Fotovoltaica (UFV): são empreendimentos que transformam a energia do sol em energia elétrica por meio do efeito fotovoltaico. O efeito fotovoltaico é a criação de tensão elétrica ou de uma corrente elétrica correspondente num material, após a sua exposição à luz.*

*Usinas Termonuclear (UTN): são usinas termelétricas que utilizam como fonte a energia liberada pela fissão nuclear do urânio. Sua outorga é uma atribuição do Poder Executivo (ou Poder Concedente, vê o que fica melhor), previamente ouvidos os órgãos competentes. Cabe à Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), autarquia federal brasileira vinculada ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) a função de regular o uso da energia nuclear no Brasil.*

*Centrais Geradoras Hidrelétricas com Capacidade Reduzida (CGH): são os aproveitamentos hidrelétricos com potência igual ou inferior a 5.000 KW (definição dada pela Lei nº 13.360/2016, que alterou a Resolução Normativa nº 673 de 4/8/2015 da ANEEL).” Trecho retirado do dicionário de metadados da ANEEL.*

Central Geradora Undi-Elétrica (CGU): Central geradora de energia elétrica a partir do movimento das ondas do mar.

## **5. METODOLOGIA**

### **5.1. Obtenção dos Dados**

Os resultados desse estudo foram obtidos por meio do acesso direto ao projeto que está sendo executado na Usina Hidrelétrica Eng. Sergio Motta, porém não está disponível ao público, e no projeto da Âmbor que está em operação na cidade de Cuiabá – MT, através do contato com funcionário que disponibilizou todas informações pertinentes, mas também não está disponível ao público, quanto as demais usinas os dados foram obtidos das fontes citadas, em sua maioria ANEEL.

A usina da Âmbor Energia LTDA em Cuiabá – MT está localizada na latitude 15° 40' 43,63''S e longitude 56° 01' 10,69''O, potência de 480 MW e possui uma área total de 176345m<sup>2</sup> com perímetro de 2411m (Dados obtidos pelo software Google Earth Pro). O gás natural chega na usina por meio de gasodutos a uma pressão de 90bar e 30°C,

consome-se na operação 20kg/s de gás natural e 700kg/s de ar nas turbinas de ciclo Brayton. Em relação de emissão de gases, por se tratar de uma combustão completa, pela chaminé é liberado gás carbônico e água, sem emissão de enxofre ou qualquer outro gás, pois poluentes atmosféricos são retirados no composto durante seu processo de tratamento antes de ser encaminhado ao seu destino final conforme monografia de Dayane Raquel sobre Gás natural, o combustível do novo milênio. A usina consome cerca de 500m<sup>3</sup>/h de água para o resfriamento, sendo essa água previamente tratada apenas para retirada de carga orgânica. Abaixo tem-se a Figura 1 da termelétrica a gás natural.

**Figura 1** - Termelétrica a Gás de Cuiabá, Âmbar Energia LTDA



Fonte: Google Earth Pro. Image © 2021 Maxar Technologies

A usina de Porto Primavera localizada na divisa de Mato Grosso do Sul com São Paulo próximo a cidade de Rosana – SP nas coordenadas 22° 29' 9,43''S e 52° 57'

23,18''O, está projetada para gerar aproximadamente 250 kW e possui uma área total de 20'597m<sup>2</sup> e perímetro de 589m (Dados obtidos pelo software Google Earth Pro).

O empreendimento contempla cerca de 6 linhas para instalação de espelhos com 8 espelhos em cada linha, o espelho possui 12m de comprimento e 5,2m de largura, sendo o total de 48 espelhos. Pode-se ver o empreendimento na Figura 2 abaixo.

**Figura 2** - Usina Termosolar de Porto Primavera



Fonte: Google Earth Pro. Image © 2021 Maxar Technologies

## 5.2. Tratamento dos Dados

Para realizar o tratamento nos dados obtidos por meio do site da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), foi utilizado a linguagem de programação Python 3.9.1 por meio do editor de código-fonte Visual Studio Code desenvolvido pela Microsoft.

Os dados obtidos por meio do site da ANEEL estão em formato JSON (JavaScript Object Notation), um formato leve de troca de informações entre sistemas. Nesse formato os dados são armazenados em forma de dicionário, que é uma espécie de estrutura de

dados, é devido ao formato dessa estrutura que os dados puderam ser tratados com a linguagem Python. Nessa estrutura, os valores de interesse são atribuídos à uma chave, e o dicionário possui várias chaves com seus respectivos dados atribuídos, logo, o arquivo possui diversos dicionários guardados.

O código escrito no editor de códigos é formado por diversas variáveis, condições e estruturas de repetição, para que se tornasse possível a leitura, tratamento e impressão dos resultados.

Para captação dos dados em formato JSON, se utilizou a biblioteca “json” por meio de sua importação no código. Em seguida com o código conseguindo fazer a leitura, o tratamento e a impressão dos dados, para facilitar a leitura, se desfrutou também da biblioteca “openpyxl” presente em python, biblioteca essa responsável por transformar as informações finais em uma tabela no Excel.

Parte do texto que está presente no arquivo obtido no site da ANEEL em formato JSON e o código-fonte escrito para o tratamento podem ser observados nos textos abaixo.

- Código para obter a quantidade de usinas para cada tipo de geração.

```
import json
from openpyxl import Workbook

arq_excel = Workbook()
planilha = arq_excel.active
planilha.title = 'Dados'
planilha.append(['Tipo', 'SubTipo', 'Quantidade', 'Potência'])

with open('c:/Users/gabri/Downloads/UsinaTermeletricaTipo.json') as arq:
    obj = json.load(arq)

obj.reverse()
lista = []
x = False

for elemento in obj:
    for elemento2 in lista:
        if elemento2['SubTipo'] == elemento['nomSubTipoUsina']:
            x = True

    if not x:
        lista.append({'Tipo':elemento['nomTipoUsina'],
'SubTipo':elemento['nomSubTipoUsina'],
'Quantidade':elemento['qtdUsinaTermeletrica'],
'Potencia':elemento['mdaPotenciaInstaladakW']})
        x = False

for x in lista:
```



empreendimento, mas há risco de contaminação do solo por parte do fluido que é utilizado para transferência de calor nos tubos, quando não há manutenção da tubulação ou isolamento correto do solo, também se discute a questão de que o local do empreendimento inibe o crescimento de vegetação rasteira, devido a sua ampla extensão de placas que promovem sombra ao solo. Esse tipo de usina também é sensível à intempéries climáticas devido ao material utilizado nos espelhos. Outra desvantagem ocorre em dias onde a irradiação solar é menor, como em dias nublados, diminuindo assim a geração de energia. Apesar de tudo podemos dizer que a energia gerada por uma Usina Termosolar é consideravelmente limpa, devido suas baixas emissões atmosféricas.

Em contraste com a Termosolar temos a Termelétrica a Gás, não podemos dizer que ela possui emissões quase nulas, mas sabe-se que a queima do gás natural não libera vários tipos de gases, apenas C (carbono) que se une ao O<sub>2</sub> (oxigênio) formando CO<sub>2</sub> (gás carbônico) e H<sub>2</sub> (hidrogênio) que se une ao O (oxigênio) formando H<sub>2</sub>O (água), que ao final corrobora também para fixação do mesmo durante a fase fotossintética das plantas. Por outro lado, há também um consumo considerável de água que faz parte de algumas etapas do processo, mas em contrapartida essa água não é contaminada por parte da atividade, retornando para atmosfera na forma gasosa, ou em alguns casos sendo reutilizada. Em termos de vegetação, se a área escolhida para o empreendimento possuir unidades arbóreas, será necessário a supressão, porém isso pode ser compensado e/ou indenizado em um local próximo, como define a própria análise de valoração ambiental feita pelo governo do Mato Grosso do Sul (Nota Técnica do MPMS sobre Valoração de Dano Ambiental – Volume II).

Se utilizássemos a termelétrica a gás em estudo de forma replicada para suprir o sistema energético brasileiro que atualmente é abastecido apenas por Usinas Termelétricas (Segunda linha da Tabela 2, 44566,08 MW), utilizando a proporção potência/área obtido na Tabela 4, precisaríamos então de uma área equivalente à 16,37 km<sup>2</sup> ou 1637 ha, e se usássemos o modelo da termosolar em análise para suprir essa mesma necessidade, precisaríamos de uma área com cerca de 3683,14 km<sup>2</sup> ou 368'314 ha, ou seja, 224 vezes maior comparada à anterior.

Como forma de ampliar a comparação feita a partir do estudo e obter uma maior relevância aos dados, utilizou-se 11 usinas termelétricas a combustível com suas respectivas áreas retiradas do software Google Earth Pro e a geração outorgada conforme dados da ANEEL, e se fez a seguinte comparação descrita abaixo.

Foi calculado também o fator de geração de energia/área para cada usina termelétrica a combustível, em seguida obteve-se a média desses fatores. Os dados encontrados estão apresentados na Tabela 5 abaixo.

**Tabela 5 – Fatores de cada empreendimento.**

| Empreendimento                    | Pot. Outorgada (kW) | Área (ha) | Fator (kW/m <sup>2</sup> ) |
|-----------------------------------|---------------------|-----------|----------------------------|
| UEG Araucária                     | 484150              | 17.2      | 2,8148                     |
| UTE Baixada Fluminense            | 530000              | 27.8      | 1,9065                     |
| Usina de Campos dos Goytacazes    | 25000               | 3.38      | 0,7396                     |
| UTE Sepé Tiaraju                  | 248573              | 9.9       | 2,5108                     |
| Termoceará                        | 220000              | 15        | 1,4667                     |
| UTE GNA I                         | 1338300             | 32.5      | 4,1178                     |
| UTE Aureliano Chaves              | 226000              | 8.75      | 2,5829                     |
| UTE Jaraqui                       | 75477               | 5.32      | 1,4187                     |
| UTE Juiz de Fora                  | 87048               | 4.32      | 2,0150                     |
| UTE Norte Fluminense              | 826780              | 14.8      | 5,5864                     |
| UTE Âmbar                         | 480000              | 17.63     | 2,7226                     |
| <b>Média</b>                      |                     |           | 2,5347                     |
| <b>Desvio padrão da amostra</b>   |                     |           | 1,3494                     |
| <b>Desvio padrão da população</b> |                     |           | 1,2866                     |

Fonte: ANEEL.

A diferença entre as áreas calculadas por meio do fator encontrado a partir dos dados da Âmbar (2.7219 kW/m<sup>2</sup>) e as áreas medidas através do software também foram encontradas, conforme demonstrado na Tabela 6. A coluna Área representa a área medida e a coluna Fator representa a área calculada.

**Tabela 6 – Dados de diferença entre área calculada e medida.**

| Empreendimento                 | Área (ha) | Fator (ha) | Diferença de Área (ha) |
|--------------------------------|-----------|------------|------------------------|
| UEG Araucária                  | 17.2      | 17.79      | -0.59                  |
| UTE Baixada Fluminense         | 27.8      | 19.47      | 8.33                   |
| Usina de Campos dos Goytacazes | 3.38      | 0.92       | 2.46                   |
| UTE Sepé Tiaraju               | 9.9       | 9.13       | 0.77                   |
| Termoceará                     | 15        | 8.08       | 6.92                   |
| UTE GNA I                      | 32.5      | 49.17      | -16.67                 |
| UTE Aureliano Chaves           | 8.75      | 8.30       | 0.45                   |
| UTE Jaraqui                    | 5.32      | 2.77       | 2.55                   |
| UTE Juiz de Fora               | 4.32      | 3.20       | 1.12                   |
| UTE Norte Fluminense           | 14.8      | 30.38      | -15.58                 |
| <b>Média</b>                   |           |            | -1.0239                |

Fonte: Google Earth Pro.

A diferença entre as áreas acima, foram obtidas por meio da subtração entre a área medida com software e a calculada com a média da Tabela 5. Os valores negativos significam que área calculadas por meio do fator trouxe um resultado maior do que o esperado ou medido, logo algumas usinas apresentaram área menor do que a área que seria necessário para gerar a quantidade de energia correspondente, ou seja, teoricamente, tais usinas precisariam de uma área menor do que a da Usina Termelétrica a Gás da Âmbar para gerar a mesma quantidade de energia, podendo isso ser aplicado, de modo contrário, para usinas que apresentaram valores positivos para diferença de área.

Ao final, encontra-se então uma média negativa de -1,0239 ha, isso significa que a média entre as diferenças mostra que a tendência no geral, seria de que a área calculada corrobore para um valor de área maior do que o esperado para geração da respectiva quantidade de energia elétrica.

Abaixo estão as Figuras 3 até a Figura 12 das usinas utilizadas pela Tabela 6. As áreas foram demarcadas correspondendo ao local que a usina utiliza para geração de energia, podendo englobar alguma vegetação dentro da área ou dispersar da marcação alguma rodovia ou estrada que não fizer referência ao local da usina

**Figura 3 - UEG Araucária**



Fonte: Google Earth Pro. Image © 2022 Maxar Technologies

**Figura 4 - UTE Baixada Fluminense**



Fonte: Google Earth Pro. Image © 2022 Maxar Technologies

**Figura 5 - Usina de Campos dos Goytacazes**



Fonte: Google Earth Pro. Image © 2022 Maxar Technologies

**Figura 6 - UTE Sepé Tiaraju**



Fonte: Google Earth Pro. Image © 2022 Maxar Technologies

**Figura 7 - Termoçar**



Fonte: Google Earth Pro. Image © 2022 Maxar Technologies

**Figura 8 - UTE GNA I**



Fonte: Google Earth Pro. Image © 2022 Maxar Technologies

**Figura 9 - UTE Aureliano Chaves**



Fonte: Google Earth Pro. Image © 2022 Maxar Technologies

**Figura 10 - UTE Jaraqui**



Fonte: Google Earth Pro. Image © 2022 Maxar Technologies

**Figura 11 - UTE Juiz de Fora**



Fonte: Google Earth Pro. Image © 2022 Maxar Technologies

**Figura 12 - UTE Norte Fluminense**



Fonte: Google Earth Pro. Image © 2022 Maxar Technologies

Quanto as demais usinas utilizadas estão citadas no Anexo 1 ao final do trabalho apresenta as usinas termelétricas a gás com seus respectivos nomes e sua referência para ser apresentadas no Anexo 2. O segundo anexo portanto traz as potências outorgadas e com o fator médio encontrado na Tabela 5 e o fator da termosolar encontrado na Tabela

4, são apresentados então as áreas calculadas. O fator das UTE's ( $F_{ute}$ ) representa a área que seria necessário para uma Usina Termelétrica a Gás gerar aquela potência, logo o fator da termosolar ( $F_{csp}$ ) representa, portanto, a área que seria necessária para uma Usina Termosolar gerar aquela potência.

Ao final do Anexo 2 encontra-se a potência outorgada total, somando a potência de cada usina, e em seguida a área que todas as termelétricas a gás e ao lado a área que todas as termosolares teriam que ocupar para produzir essa energia. Obteve-se então uma potência total de 17'012 MW, a diferença encontrada quando comparado a Tabela 3 está periodicidade da medição realizado pelo sistema da ANEEL.

A área das termoelétricas para suprir essa geração seria de 617,18 ha, e das termosolares de 140'597,43 ha, ou seja, uma diferença de 139'926,25 ha, para entendimento de dimensão dessas áreas segue alguns exemplos reais do tamanho que elas ocupariam. Na Figura 14 abaixo temos dois círculos, ao centro a menor área com raio de 1450 m aproximadamente e o outro a maior com raio de 21'150 m aproximadamente, e a cidade a mostra na imagem é a cidade de Uberlândia – MG.

**Figura 13** - Relação entre as áreas necessárias para gerar energia em cada tipo



Fonte: Google Earth Pro. Image Landsat/Copernicus

Em segmento, uma área de 671,18 ha plantados de floresta nativa fixaria da atmosfera cerca de 1'738,36 toneladas de carbono por ano, e uma área de 140'597,43 ha sequestraria por volta 364'146,23 toneladas de carbono por ano, e a diferença entre as áreas de 139'926,25 ha sequestraria 362'409 toneladas de carbono por ano, conforme estudo (LIMA LUIZA M.T., *et al.* 2007), onde foi demonstrado uma média de 2,59 toneladas de carbono por ano de sequestro por espécies nativas.

Da mesma forma, em estudo feito pela Embrapa, citado nas referências, cujo dados foram confirmados pela NASA, a área da Terra no ano de 2017 ocupada por lavouras era de 1,87 bilhão de hectares, e a população mundial havia atingido 7,6 bilhões de pessoas no ano de 2016, logo, concluiu-se no estudo que, cada hectare alimentaria em média 4 pessoas (EMBRAPA, 2017). Portanto, relacionando-se esses valores aos valores de área

encontrados, a área menor supriria a alimentação de aproximadamente 2'684 pessoas, a área maior de 562'389 pessoas, e a diferença entre elas de 559'705 pessoas.

Abaixo está o Gráfico 3, referente as usinas referenciadas no Anexo 1 com suas potências outorgadas em ordem crescente, onde percebemos que boa parte das usinas possuem um potencial outorgado relativamente alto em relação ao todo.

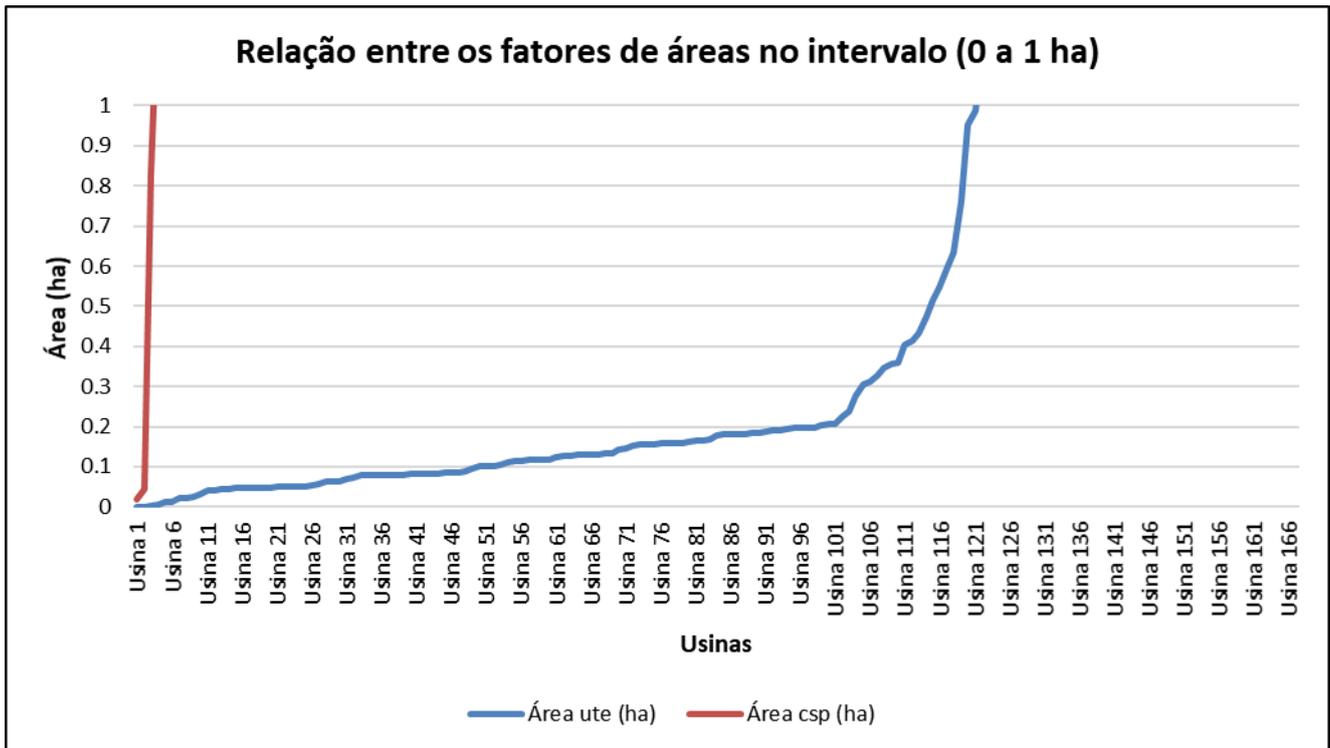
**Gráfico 2 – Potência outorgada para cada usina termelétrica.**



Fonte: ANEEL

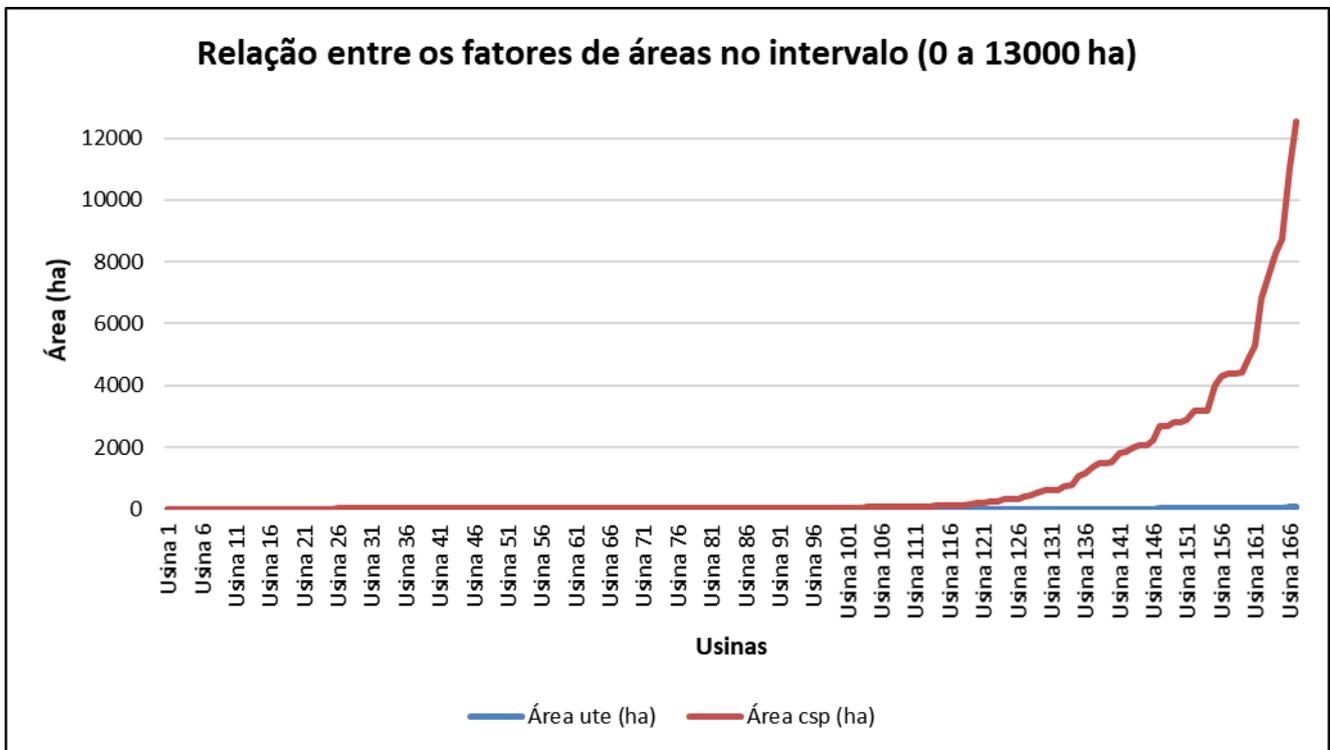
Abaixo estão os Gráficos 3 e 4 com a relação entre os fatores de áreas obtidos, duas amplitudes diferentes foram expostas devido às grandes dimensões de diferenças, em uma delas o intervalo do eixo y do gráfico que representa o número relacionado à área ocupada foi de 0 até 1 há, no outro o intervalo foi de 0 até 13'000 ha, onde conseguimos observar a extrema diferença de área necessária para respectiva produção energética.

**Gráfico 3** – Relação entre as áreas encontradas no intervalo de 0 a 1 ha.



Fonte: ANEEL.

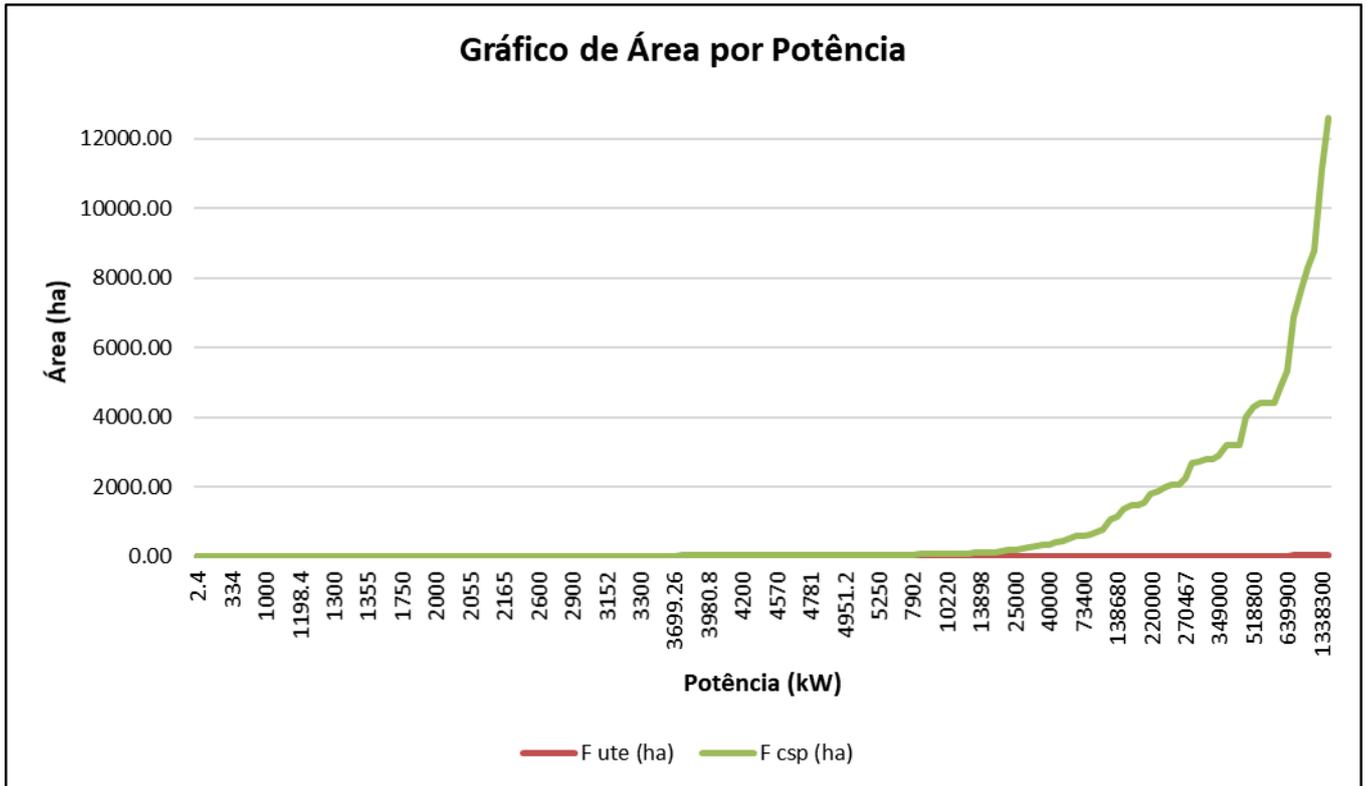
**Gráfico 4** – Relação entre as áreas encontradas no intervalo de 0 a 13000 ha.



Fonte: ANEEL.

Abaixo estão representados em um gráfico as áreas encontradas por meio dos fatores relacionadas à potência outorgada de cada usina termelétrica. Percebe-se neste gráfico a relação de que quanto maior potência maior área requisitada, como esperado, vemos novamente a discrepância entre as áreas.

**Gráfico 5 – Relação de área pela potência.**



Fonte: ANEEL.

## 7. CONCLUSÃO

Os resultados apontaram que o sistema termelétrico a gás requer de uma área ocupacional menor para geração de energia quando comparado ao sistema termosolar. A energia termosolar conforme demonstrado acima requer de um local 209 vezes maior para uma produção equivalente à termelétrica a gás.

Em suma, mesmo as medições de área terem o seu intervalo de incertezas quanto à precisão, variação na obtenção das áreas pelo software, esse intervalo não poderia influenciar os dados ao ponto de a geração de energia por área serem próximos. Logo, podemos concluir que um sistema de geração termelétrico a gás pode proporcionar o alcance para suprir uma demanda elevada de energia elétrica, e se porventura fosse colocado em questão ao lado de uma termosolar, seria de excelente escolha o tipo a gás. Também escala de geração de gás carbônico, produção de 2,77kg de gás carbônico para cada quilograma queimado (Cruz, Dayane), é desproporcional à geração de energia.

Cada sistema foi projetado para atender casos específicos e/ou pontuais, por isso não podemos descartar por completo o sistema termosolar, apesar dos resultados, mas realizar a escolha desse sistema, tendo a possibilidade de encaixe dos dois tipos (Gás e termosolar), seria ecologicamente incorreto e não sustentável, quando falamos de uma área que precisará de uma supressão em sua gleba vegetal.

Por fim, o estudo pretende alcançar ideias e objetivos para tomada de decisões e início ou complementação de diversos outros estudos e pesquisas, sempre a favor da sustentabilidade e cuidado com meio ambiente.

## **8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Dados de geração de energia elétrica.** Disponível em: <<https://dadosabertos.aneel.gov.br/dataset/>>. Acesso em: 19 nov. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Dicionário de siglas de geração de energia elétrica.** Disponível em <<https://dadosabertos.aneel.gov.br/dataset/>>. Acesso em: 05 dez. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa nº 412, de 5 de outubro de 2010.** Estabelece procedimentos para registro, elaboração, aceite, análise, seleção e aprovação de projeto básico e para autorização de aproveitamento de potencial de energia hidráulica de 1.000 até 50.000 kW, sem características de PCH. Brasília, DF, 2010.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa nº 673, de 4 de agosto de 2015.** Estabelece os requisitos e procedimentos para a obtenção de outorga de autorização para exploração de aproveitamento de potencial hidráulico com características de Pequena Central Hidrelétrica – PCH. Brasília, DF, 2015.

BRASIL. **Lei Federal nº 3.782, de 22 de julho de 1960.** Cria os Ministérios da Indústria e do Comércio e das Minas e Energia, e dá outras providências. Brasília, DF, 1960.

BRASIL. **Lei Federal nº 4.904, de 17 de dezembro de 1965.** Dispõe sobre a organização do Ministério das Minas e Energia, e dá outras providências. Brasília, DF, 1965.

BRASIL. **Lei Federal nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996.** Institui a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, disciplina o regime das concessões de serviços públicos de energia elétrica e dá outras providências. Brasília, DF, 1996.

BRASIL. **Lei Federal nº 10.847, de 15 de março de 2004.** Autoriza a criação da Empresa de Pesquisa Energética – EPE e dá outras providências. Brasília, DF, 2004.

BRASIL. **Lei Federal nº 10.848, de 15 de março de 2004.** Dispõe sobre a comercialização de energia elétrica, altera as Leis nº 5.655, de 20 de maio de 1971, 8.631, de 4 de março de 1993, 9.074, de 7 de julho de 1995, 9.427, de 26 de dezembro de 1996, 9.478, de 6 de agosto de 1997, 9.648, de 27 de maio de 1998, 9.991, de 24 de julho de 2000, 10.438, de 26 de abril de 2002, e dá outras providências. Brasília, DF, 2004.

**BRASIL. Lei nº 13.360, de 17 de novembro de 2016.** Altera a Lei nº 5.655, de 20 de maio de 1971, a Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002, a Lei nº 9.648, de 27 de maio de 1998, a Lei nº 12.111, de 9 de dezembro de 2009, a Lei nº 12.783, de 11 de janeiro de 2013, a Lei nº 9.074, de 7 de julho de 1995, a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989, a Lei nº 9.491, de 9 de setembro de 1997, a Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996, a Lei nº 10.848, de 15 de março de 2004, a Lei nº 11.488, de 15 de junho de 2007, a Lei nº 12.767, de 27 de dezembro de 2012, a Lei nº 13.334, de 13 de setembro de 2016, a Lei nº 13.169, de 6 de outubro de 2015, a Lei nº 11.909, de 4 de março de 2009, e a Lei nº 13.203, de 8 de dezembro de 2015; e dá outras providências. Brasília, DF, 2016.

**BRASIL. Lei nº 14.134, de 8 de abril de 2021.** Dispõe sobre as atividades relativas ao transporte de gás natural, de que trata o art. 177 da Constituição Federal, e sobre as atividades de escoamento, tratamento, processamento, estocagem subterrânea, acondicionamento, liquefação, regaseificação e comercialização de gás natural; altera as Leis nº 9.478, de 6 de agosto de 1997, e 9.847, de 26 de outubro de 1999; e revoga a Lei nº 11.909, de 4 de março de 2009, e dispositivo da Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002. Brasília, DF, 2021.

**BRASIL. Proposta de Emenda à Constituição nº44, de 06 de dezembro de 2017.** Altera o art. 6º da Constituição da República Federativa do Brasil para que o acesso à energia elétrica seja direito social. Brasília, DF, 2017.

**EMBRAPA. NASA confirma dados da Embrapa sobre área plantada no Brasil.** 2017. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/30972114/nasa-confirma-dados-da-embrapa-sobre-area-plantada-no-brasil>>

**EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Anuário Estatístico de Energia Elétrica de 2021.** Documento com dados relacionados ao consumo de energia elétrica na rede de distribuição nos últimos cinco anos, com ênfase em 2020 (ano-base). Disponível em: < [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Anuário\\_2021.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Anuário_2021.pdf)>.

**LIMA LUIZA M.T., et al. Levantamento de estimativas de absorção de carbono por florestas nativas e comerciais no Brasil.** 2007.

MINISTÉRIO PÚBLICO DO MATO GROSSO DO SUL. **Nota Técnica de Valoração de Dano Ambiental - Volume II**. Elaborado em apoio do Centro de Apoio Operacional das Promotorias de Justiça do Meio Ambiente, da Habitação e Urbanismo e do Patrimônio Histórico e Cultural (CAOMA). Disponível em: <<https://www.mpms.mp.br/downloads/assecom/metodologia-valoracao-parte-ii.pdf>>

PNAD. Proporção da população que tem acesso à eletricidade em seus domicílios. O acesso à eletricidade aborda questões críticas importantes em todas as dimensões do desenvolvimento sustentável, envolvendo uma ampla gama de impactos sociais e econômicos, incluindo a facilitação do desenvolvimento de atividades geradoras de renda baseadas no domicílio e o alívio da carga das tarefas domésticas. Disponível em: <<https://odsbrasil.gov.br/objetivo7/indicador711>>Inst

CRUZ, Dayane Raquel da. Monografia de gás natural, o combustível do novo milênio 2ª. Universidade Candido Mendes. Rio de Janeiro, 2008.

#### Anexo 1 – Referenciação das 157 usinas apresentadas

| <b>Nome do Empreendimento</b>   | <b>Usinas</b>   |
|---|-----------------|
| <b>Polimix Ambiental</b>  | <b>Usina 1</b>  |
| <b>Sistema backup de geração da Estação de Compressão de Biguaçu/SC</b>   | <b>Usina 2</b>  |
| <b>Microturgn</b>   | <b>Usina 3</b>  |
| <b>Condomínio La Vista</b>  | <b>Usina 4</b>  |
| <b>Centro Operacional Região Metropolitana de São paulo</b>               | <b>Usina 5</b>  |
| <b>Weatherford</b>  | <b>Usina 6</b>  |
| <b>PCT Canário I</b>  | <b>Usina 7</b>  |
| <b>Sistema backup de geração da Estação de Compressão de Araucária/PR</b> | <b>Usina 8</b>  |
| <b>Palácio Tangara Desenvolvimento Imobiliário e Exploração Hoteleira</b> | <b>Usina 9</b>  |
| <b>Aeroporto de Maceió</b>  | <b>Usina 10</b> |
| <b>Petrorecôncavo</b>   | <b>Usina 11</b> |
| <b>GE Celma</b>   | <b>Usina 12</b> |

|   |                 |
|---|-----------------|
| <b>Inapel Embalagens</b>  | <b>Usina 13</b> |
| <b>Sistema backup de geração da Estação de Compressão de Gás Natural de Paulínia/SP</b> | <b>Usina 14</b> |
| <b>Jardim Das Perdizes</b>  | <b>Usina 15</b> |
| <b>Sistema backup de geração da Estação de Compressão de Capão Bonito/SP</b>            | <b>Usina 16</b> |
| <b>SANTA MONICA INDUSTRIA TÊXTIL E COMERCIO</b>   | <b>Usina 17</b> |
| <b>Sistema backup de geração da Estação de Compressão de Campo Grande/MS</b>            | <b>Usina 18</b> |
| <b>Sistema backup de geração da Estação de Compressão de Penápolis/SP</b>               | <b>Usina 19</b> |
| <b>Inapel</b>   | <b>Usina 20</b> |
| <b>Ahlstrom</b>   | <b>Usina 21</b> |
| <b>Bangu Shopping</b>   | <b>Usina 22</b> |
| <b>Central de Cogeração Shopping Caxias</b>   | <b>Usina 23</b> |
| <b>Edifício Sky</b>   | <b>Usina 24</b> |
| <b>Supershopping Osasco</b>   | <b>Usina 25</b> |
| <b>Sistema backup de geração da Estação de Compressão de São Carlos/SP</b>              | <b>Usina 26</b> |
| <b>VISTA GUANABARA</b>  | <b>Usina 27</b> |
| <b>MOINHOS SHOPPING</b>   | <b>Usina 28</b> |
| <b>Operadora São Paulo Renaissance</b>  | <b>Usina 29</b> |
| <b>Sesc Senac-Cass</b>  | <b>Usina 30</b> |
| <b>Shopping Interlagos</b>  | <b>Usina 31</b> |
| <b>Edifício Vista Faria Lima</b>  | <b>Usina 32</b> |
| <b>Industria Piraquê Queimados</b>  | <b>Usina 33</b> |
| <b>Bourbon Shopping Assis Brasil</b>  | <b>Usina 34</b> |
| <b>Itacel</b>   | <b>Usina 35</b> |
| <b>Paraibuna</b>  | <b>Usina 36</b> |
| <b>Sistema backup de geração da Estação de Compressão de Iacanga/SP</b>                 | <b>Usina 37</b> |
| <b>Sistema backup de geração da Estação de Compressão de Mirandópolis/SP</b>            | <b>Usina 38</b> |

|   |                 |
|---|-----------------|
| <b>Ed. Berrini One</b>                          | <b>Usina 39</b> |
| <b>Bangu Shopping 2</b>                         | <b>Usina 40</b> |
| <b>Shopping Center Vale</b>                     | <b>Usina 41</b> |
| <b>Yuni GTIS Leopoldo Green</b>                 | <b>Usina 42</b> |
| <b>Cesar Park Business Hotel/Globenergy</b>     | <b>Usina 43</b> |
| <b>Vitória Apart Hospital</b>                   | <b>Usina 44</b> |
| <b>Anamã</b>                                    | <b>Usina 45</b> |
| <b>Caapiranga / Am / Am</b>                     | <b>Usina 46</b> |
| <b>Gás Caapiranga</b>                           | <b>Usina 47</b> |
| <b>Rumo Logística Operadora Multimodal</b>      | <b>Usina 48</b> |
| <b>Hospital Mater Dei - Contorno I</b>          | <b>Usina 49</b> |
| <b>SHOPPING JARDIM GUADALUPE</b>                | <b>Usina 50</b> |
| <b>Central de Co-geração Shopping - Aracaju</b> | <b>Usina 51</b> |
| <b>Shopping Tacaruna</b>                        | <b>Usina 52</b> |
| <b>COGERAÇÃO ENERGY CENTER MERCEDES BENZ</b>    | <b>Usina 53</b> |
| <b>IGW/Service Energy</b>                       | <b>Usina 54</b> |
| <b>Shopping Nova Iguaçu</b>                     | <b>Usina 55</b> |
| <b>Braskem PVC-AL</b>                           | <b>Usina 56</b> |
| <b>Souza Cruz Cachoeirinha</b>                  | <b>Usina 57</b> |
| <b>Engevix-Blu 1</b>                            | <b>Usina 58</b> |
| <b>Norte Shopping</b>                           | <b>Usina 59</b> |
| <b>Salinas Perynas</b>                          | <b>Usina 60</b> |
| <b>COGERAÇÃO TECNOGRÊS</b>                      | <b>Usina 61</b> |
| <b>CINAL/TRIKEM</b>                             | <b>Usina 62</b> |
| <b>Carioca Shopping</b>                         | <b>Usina 63</b> |
| <b>Gás Anamã</b>                                | <b>Usina 64</b> |
| <b>Gás Anori</b>                                | <b>Usina 65</b> |
| <b>Rhodia Acetow Energy</b>                     | <b>Usina 66</b> |
| <b>Stepie Ulb</b>                               | <b>Usina 67</b> |
| <b>Asfor</b>                                    | <b>Usina 68</b> |
| <b>Shopping Taboão</b>                          | <b>Usina 69</b> |
| <b>Praia da Costa</b>                           | <b>Usina 70</b> |
| <b>Cogeração De Millus Av. Brasil</b>           | <b>Usina 71</b> |

|  |                  |
|--|------------------|
| <b>Bayer</b>   | <b>Usina 72</b>  |
| <b>O Boticário - Fábrica São José dos Pinhais</b>                            | <b>Usina 73</b>  |
| <b>O Boticário Camaçari</b>  | <b>Usina 74</b>  |
| <b>Industria Piraquê Turiaçu</b>   | <b>Usina 75</b>  |
| <b>Ed. EZ Towers</b>   | <b>Usina 76</b>  |
| <b>Cenu</b>  | <b>Usina 77</b>  |
| <b>Policam</b>   | <b>Usina 78</b>  |
| <b>Ponta do Costa</b>  | <b>Usina 79</b>  |
| <b>Pamesa</b>  | <b>Usina 80</b>  |
| <b>Bourbon Shopping São Paulo</b>  | <b>Usina 81</b>  |
| <b>Torre Eldorado</b>  | <b>Usina 82</b>  |
| <b>Piraí</b>   | <b>Usina 83</b>  |
| <b>KIMBERLY CLARK BRASIL INDUSTRIA E<br/>COMERCIO DE PRODUTOS DE HIGIENE</b> | <b>Usina 84</b>  |
| <b>Anori / Am</b>  | <b>Usina 85</b>  |
| <b>Codajás / Am</b>  | <b>Usina 86</b>  |
| <b>Atalaia</b>   | <b>Usina 87</b>  |
| <b>S. A. V. - Unisinos</b>   | <b>Usina 88</b>  |
| <b>Wtorre Morumbi</b>  | <b>Usina 89</b>  |
| <b>Shopping Campo Grande</b>   | <b>Usina 90</b>  |
| <b>Millennium</b>  | <b>Usina 91</b>  |
| <b>Iguatemi Fortaleza</b>  | <b>Usina 92</b>  |
| <b>Rio de Janeiro Refrescos Coca Cola</b>                                    | <b>Usina 93</b>  |
| <b>TS5 Tower 4</b>   | <b>Usina 94</b>  |
| <b>PROJAC Central Globo de Produção</b>                                      | <b>Usina 95</b>  |
| <b>UT UGPU Itabirito</b>   | <b>Usina 96</b>  |
| <b>Vulcabras</b>   | <b>Usina 97</b>  |
| <b>CEG</b>   | <b>Usina 98</b>  |
| <b>Globo</b>   | <b>Usina 99</b>  |
| <b>Condomínio World Trade Center</b>   | <b>Usina 100</b> |
| <b>Porto do Pecém</b>  | <b>Usina 101</b> |
| <b>Macaíba (Antiga Termo Toalia)</b>   | <b>Usina 102</b> |
| <b>Shopping Recife</b>   | <b>Usina 103</b> |

|   |                  |
|---|------------------|
| <b>Imcopa</b>   | <b>Usina 104</b> |
| <b>UGPU</b>   | <b>Usina 105</b> |
| <b>Jaguariúna</b>   | <b>Usina 106</b> |
| <b>Iguatemi Bahia</b>   | <b>Usina 107</b> |
| <b>PQU</b>  | <b>Usina 108</b> |
| <b>Casa de Geradores de Energia Elétrica F-242</b>              | <b>Usina 109</b> |
| <b>Balsa</b>  | <b>Usina 110</b> |
| <b>Biancogrês</b>   | <b>Usina 111</b> |
| <b>Jacareí</b>  | <b>Usina 112</b> |
| <b>Indupa (Antiga Solvay)</b>                                   | <b>Usina 113</b> |
| <b>RJR</b>  | <b>Usina 114</b> |
| <b>Brahma</b>   | <b>Usina 115</b> |
| <b>Rhodia Paulínia</b>  | <b>Usina 116</b> |
| <b>Goodyear</b>   | <b>Usina 117</b> |
| <b>CENPES - Petrobrás</b>                                       | <b>Usina 118</b> |
| <b>Contagem</b>   | <b>Usina 119</b> |
| <b>Auto Geração Azulão</b>                                      | <b>Usina 120</b> |
| <b>Campos (Antiga Roberto Silveira)</b>                         | <b>Usina 121</b> |
| <b>Prosperidade I</b>   | <b>Usina 122</b> |
| <b>Mogi</b>   | <b>Usina 123</b> |
| <b>Coari - CEA</b>  | <b>Usina 124</b> |
| <b>Suzano</b>   | <b>Usina 125</b> |
| <b>Ipatinga</b>   | <b>Usina 126</b> |
| <b>Termocabo</b>  | <b>Usina 127</b> |
| <b>Parnaíba IV</b>  | <b>Usina 128</b> |
| <b>Refinaria Duque de Caxias - REDUC</b>                        | <b>Usina 129</b> |
| <b>Manauara</b>   | <b>Usina 130</b> |
| <b>Ponta Negra</b>  | <b>Usina 131</b> |
| <b>Jaraqui</b>  | <b>Usina 132</b> |
| <b>Juiz de Fora</b>   | <b>Usina 133</b> |
| <b>Unidade de Tratamento de Gás Monteiro Lobato<br/>(UTGCA)</b> | <b>Usina 134</b> |
| <b>Camaçari</b>   | <b>Usina 135</b> |

|   |                  |
|---|------------------|
| <b>Celpav IV</b>                                      | <b>Usina 136</b> |
| <b>Aparecida Parte I</b>                              | <b>Usina 137</b> |
| <b>William Arjona</b>                                 | <b>Usina 138</b> |
| <b>CTE II</b>   | <b>Usina 139</b> |
| <b>Termobahia (Antiga Celso Furtado)</b>              | <b>Usina 140</b> |
| <b>Termo Ceará</b>                                    | <b>Usina 141</b> |
| <b>Ibirité (Aureliano Chaves)</b>                     | <b>Usina 142</b> |
| <b>Luiz Oscar Rodrigues de Melo (Antiga Linhares)</b> | <b>Usina 143</b> |
| <b>Canoas (Antiga Sepé Tiaraju)</b>                   | <b>Usina 144</b> |
| <b>Cubatão (Euzébio Rocha)</b>                        | <b>Usina 145</b> |
| <b>MC2 Nova Venécia 2</b>                             | <b>Usina 146</b> |
| <b>Vale do Açú (Antiga Jesus Soares Pereira)</b>      | <b>Usina 147</b> |
| <b>Fortaleza</b>                                      | <b>Usina 148</b> |
| <b>Maranhão IV (Antiga MC2 Joinville)</b>             | <b>Usina 149</b> |
| <b>Maranhão V (Antiga MC2 João Neiva)</b>             | <b>Usina 150</b> |
| <b>Termo Norte II</b>                                 | <b>Usina 151</b> |
| <b>Três Lagoas (Antiga Luiz Carlos Prestes)</b>       | <b>Usina 152</b> |
| <b>Seropédica (Antiga Barbosa Lima Sobrinho)</b>      | <b>Usina 153</b> |
| <b>Nova Piratininga (Antiga Fernando Gasparian)</b>   | <b>Usina 154</b> |
| <b>Araucária</b>                                      | <b>Usina 155</b> |
| <b>Maranhão III</b>                                   | <b>Usina 156</b> |
| <b>Cuiabá (Antiga Mário Covas)</b>                    | <b>Usina 157</b> |
| <b>Baixada Fluminense</b>                             | <b>Usina 158</b> |
| <b>Termopernambuco</b>                                | <b>Usina 159</b> |
| <b>Mauá 3</b>   | <b>Usina 160</b> |
| <b>Uruguaiana</b>                                     | <b>Usina 161</b> |
| <b>Norte Fluminense</b>                               | <b>Usina 162</b> |
| <b>Termomacaé (Antiga Mário Lago)</b>                 | <b>Usina 163</b> |
| <b>Santa Cruz</b>                                     | <b>Usina 164</b> |
| <b>Termorio (Antiga Governador Leonel Brizola)</b>    | <b>Usina 165</b> |
| <b>GNA I (Antiga Novo Tempo GNA II)</b>               | <b>Usina 166</b> |
| <b>Porto de Sergipe I</b>                             | <b>Usina 167</b> |

**Anexo 2 – Áreas encontradas a partir da potência outorgada e dos fatores calculados**

| <b>Usinas</b>   | <b>Potência Out. (kW)</b> | <b>F ute (ha)</b> | <b>F csp (ha)</b> |
|-----------------|---------------------------|-------------------|-------------------|
| <b>Usina 1</b>  | <b>2.4</b>                | <b>0.00</b>       | <b>0.02</b>       |
| <b>Usina 2</b>  | <b>5.2</b>                | <b>0.00</b>       | <b>0.04</b>       |
| <b>Usina 3</b>  | <b>100</b>                | <b>0.00</b>       | <b>0.83</b>       |
| <b>Usina 4</b>  | <b>160</b>                | <b>0.01</b>       | <b>1.32</b>       |
| <b>Usina 5</b>  | <b>334</b>                | <b>0.01</b>       | <b>2.76</b>       |
| <b>Usina 6</b>  | <b>334</b>                | <b>0.01</b>       | <b>2.76</b>       |
| <b>Usina 7</b>  | <b>520</b>                | <b>0.02</b>       | <b>4.30</b>       |
| <b>Usina 8</b>  | <b>520</b>                | <b>0.02</b>       | <b>4.30</b>       |
| <b>Usina 9</b>  | <b>600</b>                | <b>0.02</b>       | <b>4.96</b>       |
| <b>Usina 10</b> | <b>790</b>                | <b>0.03</b>       | <b>6.53</b>       |
| <b>Usina 11</b> | <b>1000</b>               | <b>0.04</b>       | <b>8.26</b>       |
| <b>Usina 12</b> | <b>1063</b>               | <b>0.04</b>       | <b>8.79</b>       |
| <b>Usina 13</b> | <b>1120</b>               | <b>0.04</b>       | <b>9.26</b>       |
| <b>Usina 14</b> | <b>1150</b>               | <b>0.05</b>       | <b>9.50</b>       |
| <b>Usina 15</b> | <b>1192</b>               | <b>0.05</b>       | <b>9.85</b>       |
| <b>Usina 16</b> | <b>1198.4</b>             | <b>0.05</b>       | <b>9.90</b>       |
| <b>Usina 17</b> | <b>1200</b>               | <b>0.05</b>       | <b>9.92</b>       |
| <b>Usina 18</b> | <b>1200</b>               | <b>0.05</b>       | <b>9.92</b>       |
| <b>Usina 19</b> | <b>1200</b>               | <b>0.05</b>       | <b>9.92</b>       |
| <b>Usina 20</b> | <b>1204</b>               | <b>0.05</b>       | <b>9.95</b>       |
| <b>Usina 21</b> | <b>1300</b>               | <b>0.05</b>       | <b>10.74</b>      |
| <b>Usina 22</b> | <b>1300</b>               | <b>0.05</b>       | <b>10.74</b>      |
| <b>Usina 23</b> | <b>1300</b>               | <b>0.05</b>       | <b>10.74</b>      |
| <b>Usina 24</b> | <b>1300</b>               | <b>0.05</b>       | <b>10.74</b>      |
| <b>Usina 25</b> | <b>1300</b>               | <b>0.05</b>       | <b>10.74</b>      |
| <b>Usina 26</b> | <b>1355</b>               | <b>0.05</b>       | <b>11.20</b>      |
| <b>Usina 27</b> | <b>1426</b>               | <b>0.06</b>       | <b>11.79</b>      |
| <b>Usina 28</b> | <b>1600</b>               | <b>0.06</b>       | <b>13.22</b>      |
| <b>Usina 29</b> | <b>1600</b>               | <b>0.06</b>       | <b>13.22</b>      |

|                 |               |             |              |
|-----------------|---------------|-------------|--------------|
| <b>Usina 30</b> | <b>1600</b>   | <b>0.06</b> | <b>13.22</b> |
| <b>Usina 31</b> | <b>1750</b>   | <b>0.07</b> | <b>14.46</b> |
| <b>Usina 32</b> | <b>1800</b>   | <b>0.07</b> | <b>14.88</b> |
| <b>Usina 33</b> | <b>1964</b>   | <b>0.08</b> | <b>16.23</b> |
| <b>Usina 34</b> | <b>2000</b>   | <b>0.08</b> | <b>16.53</b> |
| <b>Usina 35</b> | <b>2000</b>   | <b>0.08</b> | <b>16.53</b> |
| <b>Usina 36</b> | <b>2000</b>   | <b>0.08</b> | <b>16.53</b> |
| <b>Usina 37</b> | <b>2000</b>   | <b>0.08</b> | <b>16.53</b> |
| <b>Usina 38</b> | <b>2000</b>   | <b>0.08</b> | <b>16.53</b> |
| <b>Usina 39</b> | <b>2024.8</b> | <b>0.08</b> | <b>16.73</b> |
| <b>Usina 40</b> | <b>2054.4</b> | <b>0.08</b> | <b>16.98</b> |
| <b>Usina 41</b> | <b>2055</b>   | <b>0.08</b> | <b>16.98</b> |
| <b>Usina 42</b> | <b>2055</b>   | <b>0.08</b> | <b>16.98</b> |
| <b>Usina 43</b> | <b>2100</b>   | <b>0.08</b> | <b>17.36</b> |
| <b>Usina 44</b> | <b>2100</b>   | <b>0.08</b> | <b>17.36</b> |
| <b>Usina 45</b> | <b>2165</b>   | <b>0.09</b> | <b>17.89</b> |
| <b>Usina 46</b> | <b>2165</b>   | <b>0.09</b> | <b>17.89</b> |
| <b>Usina 47</b> | <b>2200</b>   | <b>0.09</b> | <b>18.18</b> |
| <b>Usina 48</b> | <b>2254.4</b> | <b>0.09</b> | <b>18.63</b> |
| <b>Usina 49</b> | <b>2400</b>   | <b>0.09</b> | <b>19.83</b> |
| <b>Usina 50</b> | <b>2595.2</b> | <b>0.10</b> | <b>21.45</b> |
| <b>Usina 51</b> | <b>2600</b>   | <b>0.10</b> | <b>21.49</b> |
| <b>Usina 52</b> | <b>2600</b>   | <b>0.10</b> | <b>21.49</b> |
| <b>Usina 53</b> | <b>2680</b>   | <b>0.11</b> | <b>22.15</b> |
| <b>Usina 54</b> | <b>2825</b>   | <b>0.11</b> | <b>23.35</b> |
| <b>Usina 55</b> | <b>2852</b>   | <b>0.11</b> | <b>23.57</b> |
| <b>Usina 56</b> | <b>2900</b>   | <b>0.11</b> | <b>23.97</b> |
| <b>Usina 57</b> | <b>2952</b>   | <b>0.12</b> | <b>24.40</b> |
| <b>Usina 58</b> | <b>3000</b>   | <b>0.12</b> | <b>24.79</b> |
| <b>Usina 59</b> | <b>3000</b>   | <b>0.12</b> | <b>24.79</b> |
| <b>Usina 60</b> | <b>3000</b>   | <b>0.12</b> | <b>24.79</b> |
| <b>Usina 61</b> | <b>3152</b>   | <b>0.12</b> | <b>26.05</b> |
| <b>Usina 62</b> | <b>3187.5</b> | <b>0.13</b> | <b>26.34</b> |

|                 |                |             |              |
|-----------------|----------------|-------------|--------------|
| <b>Usina 63</b> | <b>3200</b>    | <b>0.13</b> | <b>26.45</b> |
| <b>Usina 64</b> | <b>3300</b>    | <b>0.13</b> | <b>27.27</b> |
| <b>Usina 65</b> | <b>3300</b>    | <b>0.13</b> | <b>27.27</b> |
| <b>Usina 66</b> | <b>3300</b>    | <b>0.13</b> | <b>27.27</b> |
| <b>Usina 67</b> | <b>3300</b>    | <b>0.13</b> | <b>27.27</b> |
| <b>Usina 68</b> | <b>3350</b>    | <b>0.13</b> | <b>27.69</b> |
| <b>Usina 69</b> | <b>3355</b>    | <b>0.13</b> | <b>27.73</b> |
| <b>Usina 70</b> | <b>3646</b>    | <b>0.14</b> | <b>30.13</b> |
| <b>Usina 71</b> | <b>3699.26</b> | <b>0.15</b> | <b>30.57</b> |
| <b>Usina 72</b> | <b>3840</b>    | <b>0.15</b> | <b>31.74</b> |
| <b>Usina 73</b> | <b>3900</b>    | <b>0.15</b> | <b>32.23</b> |
| <b>Usina 74</b> | <b>3900</b>    | <b>0.15</b> | <b>32.23</b> |
| <b>Usina 75</b> | <b>3928</b>    | <b>0.15</b> | <b>32.46</b> |
| <b>Usina 76</b> | <b>3980.8</b>  | <b>0.16</b> | <b>32.90</b> |
| <b>Usina 77</b> | <b>4000</b>    | <b>0.16</b> | <b>33.06</b> |
| <b>Usina 78</b> | <b>4000</b>    | <b>0.16</b> | <b>33.06</b> |
| <b>Usina 79</b> | <b>4000</b>    | <b>0.16</b> | <b>33.06</b> |
| <b>Usina 80</b> | <b>4072</b>    | <b>0.16</b> | <b>33.65</b> |
| <b>Usina 81</b> | <b>4200</b>    | <b>0.17</b> | <b>34.71</b> |
| <b>Usina 82</b> | <b>4206</b>    | <b>0.17</b> | <b>34.76</b> |
| <b>Usina 83</b> | <b>4300.08</b> | <b>0.17</b> | <b>35.54</b> |
| <b>Usina 84</b> | <b>4512</b>    | <b>0.18</b> | <b>37.29</b> |
| <b>Usina 85</b> | <b>4570</b>    | <b>0.18</b> | <b>37.77</b> |
| <b>Usina 86</b> | <b>4570</b>    | <b>0.18</b> | <b>37.77</b> |
| <b>Usina 87</b> | <b>4600</b>    | <b>0.18</b> | <b>38.02</b> |
| <b>Usina 88</b> | <b>4600</b>    | <b>0.18</b> | <b>38.02</b> |
| <b>Usina 89</b> | <b>4649.6</b>  | <b>0.18</b> | <b>38.43</b> |
| <b>Usina 90</b> | <b>4655</b>    | <b>0.18</b> | <b>38.47</b> |
| <b>Usina 91</b> | <b>4781</b>    | <b>0.19</b> | <b>39.51</b> |
| <b>Usina 92</b> | <b>4794</b>    | <b>0.19</b> | <b>39.62</b> |
| <b>Usina 93</b> | <b>4800</b>    | <b>0.19</b> | <b>39.67</b> |
| <b>Usina 94</b> | <b>4920</b>    | <b>0.19</b> | <b>40.66</b> |
| <b>Usina 95</b> | <b>4950</b>    | <b>0.20</b> | <b>40.91</b> |

|                  |               |             |               |
|------------------|---------------|-------------|---------------|
| <b>Usina 96</b>  | <b>4951.2</b> | <b>0.20</b> | <b>40.92</b>  |
| <b>Usina 97</b>  | <b>4980</b>   | <b>0.20</b> | <b>41.16</b>  |
| <b>Usina 98</b>  | <b>4984</b>   | <b>0.20</b> | <b>41.19</b>  |
| <b>Usina 99</b>  | <b>5160</b>   | <b>0.20</b> | <b>42.64</b>  |
| <b>Usina 100</b> | <b>5250</b>   | <b>0.21</b> | <b>43.39</b>  |
| <b>Usina 101</b> | <b>5250</b>   | <b>0.21</b> | <b>43.39</b>  |
| <b>Usina 102</b> | <b>5680</b>   | <b>0.22</b> | <b>46.94</b>  |
| <b>Usina 103</b> | <b>6000</b>   | <b>0.24</b> | <b>49.59</b>  |
| <b>Usina 104</b> | <b>7000</b>   | <b>0.28</b> | <b>57.85</b>  |
| <b>Usina 105</b> | <b>7700</b>   | <b>0.30</b> | <b>63.64</b>  |
| <b>Usina 106</b> | <b>7902</b>   | <b>0.31</b> | <b>65.31</b>  |
| <b>Usina 107</b> | <b>8316</b>   | <b>0.33</b> | <b>68.73</b>  |
| <b>Usina 108</b> | <b>8760</b>   | <b>0.35</b> | <b>72.40</b>  |
| <b>Usina 109</b> | <b>9000</b>   | <b>0.36</b> | <b>74.38</b>  |
| <b>Usina 110</b> | <b>9119</b>   | <b>0.36</b> | <b>75.36</b>  |
| <b>Usina 111</b> | <b>10220</b>  | <b>0.40</b> | <b>84.46</b>  |
| <b>Usina 112</b> | <b>10500</b>  | <b>0.41</b> | <b>86.78</b>  |
| <b>Usina 113</b> | <b>11000</b>  | <b>0.43</b> | <b>90.91</b>  |
| <b>Usina 114</b> | <b>12030</b>  | <b>0.47</b> | <b>99.42</b>  |
| <b>Usina 115</b> | <b>13080</b>  | <b>0.52</b> | <b>108.10</b> |
| <b>Usina 116</b> | <b>13898</b>  | <b>0.55</b> | <b>114.86</b> |
| <b>Usina 117</b> | <b>15050</b>  | <b>0.59</b> | <b>124.38</b> |
| <b>Usina 118</b> | <b>16065</b>  | <b>0.63</b> | <b>132.77</b> |
| <b>Usina 119</b> | <b>19299</b>  | <b>0.76</b> | <b>159.50</b> |
| <b>Usina 120</b> | <b>24150</b>  | <b>0.95</b> | <b>199.59</b> |
| <b>Usina 121</b> | <b>25000</b>  | <b>0.99</b> | <b>206.61</b> |
| <b>Usina 122</b> | <b>28022</b>  | <b>1.11</b> | <b>231.59</b> |
| <b>Usina 123</b> | <b>30775</b>  | <b>1.21</b> | <b>254.34</b> |
| <b>Usina 124</b> | <b>38772</b>  | <b>1.53</b> | <b>320.43</b> |
| <b>Usina 125</b> | <b>39900</b>  | <b>1.57</b> | <b>329.75</b> |
| <b>Usina 126</b> | <b>40000</b>  | <b>1.58</b> | <b>330.58</b> |
| <b>Usina 127</b> | <b>49725</b>  | <b>1.96</b> | <b>410.95</b> |
| <b>Usina 128</b> | <b>56277</b>  | <b>2.22</b> | <b>465.10</b> |

|                  |                  |              |                |
|------------------|------------------|--------------|----------------|
| <b>Usina 129</b> | <b>63300</b>     | <b>2.50</b>  | <b>523.14</b>  |
| <b>Usina 130</b> | <b>73400</b>     | <b>2.90</b>  | <b>606.61</b>  |
| <b>Usina 131</b> | <b>73400</b>     | <b>2.90</b>  | <b>606.61</b>  |
| <b>Usina 132</b> | <b>75477</b>     | <b>2.98</b>  | <b>623.78</b>  |
| <b>Usina 133</b> | <b>87048</b>     | <b>3.43</b>  | <b>719.40</b>  |
| <b>Usina 134</b> | <b>95200</b>     | <b>3.76</b>  | <b>786.78</b>  |
| <b>Usina 135</b> | <b>130710</b>    | <b>5.16</b>  | <b>1080.25</b> |
| <b>Usina 136</b> | <b>138680</b>    | <b>5.47</b>  | <b>1146.12</b> |
| <b>Usina 137</b> | <b>166000</b>    | <b>6.55</b>  | <b>1371.90</b> |
| <b>Usina 138</b> | <b>177116</b>    | <b>6.99</b>  | <b>1463.77</b> |
| <b>Usina 139</b> | <b>177970</b>    | <b>7.02</b>  | <b>1470.83</b> |
| <b>Usina 140</b> | <b>185891</b>    | <b>7.33</b>  | <b>1536.29</b> |
| <b>Usina 141</b> | <b>220000</b>    | <b>8.68</b>  | <b>1818.18</b> |
| <b>Usina 142</b> | <b>226000</b>    | <b>8.92</b>  | <b>1867.77</b> |
| <b>Usina 143</b> | <b>240000</b>    | <b>9.47</b>  | <b>1983.47</b> |
| <b>Usina 144</b> | <b>248573</b>    | <b>9.81</b>  | <b>2054.32</b> |
| <b>Usina 145</b> | <b>249900</b>    | <b>9.86</b>  | <b>2065.29</b> |
| <b>Usina 146</b> | <b>270467</b>    | <b>10.67</b> | <b>2235.26</b> |
| <b>Usina 147</b> | <b>322967.15</b> | <b>12.74</b> | <b>2669.15</b> |
| <b>Usina 148</b> | <b>326601</b>    | <b>12.89</b> | <b>2699.18</b> |
| <b>Usina 149</b> | <b>337600</b>    | <b>13.32</b> | <b>2790.08</b> |
| <b>Usina 150</b> | <b>337600</b>    | <b>13.32</b> | <b>2790.08</b> |
| <b>Usina 151</b> | <b>349000</b>    | <b>13.77</b> | <b>2884.30</b> |
| <b>Usina 152</b> | <b>385819</b>    | <b>15.22</b> | <b>3188.59</b> |
| <b>Usina 153</b> | <b>385900</b>    | <b>15.22</b> | <b>3189.26</b> |
| <b>Usina 154</b> | <b>386080</b>    | <b>15.23</b> | <b>3190.74</b> |
| <b>Usina 155</b> | <b>484150</b>    | <b>19.10</b> | <b>4001.24</b> |
| <b>Usina 156</b> | <b>518800</b>    | <b>20.47</b> | <b>4287.60</b> |
| <b>Usina 157</b> | <b>529200</b>    | <b>20.88</b> | <b>4373.55</b> |
| <b>Usina 158</b> | <b>530000</b>    | <b>20.91</b> | <b>4380.17</b> |
| <b>Usina 159</b> | <b>532756</b>    | <b>21.02</b> | <b>4402.94</b> |
| <b>Usina 160</b> | <b>590750</b>    | <b>23.31</b> | <b>4882.23</b> |
| <b>Usina 161</b> | <b>639900</b>    | <b>25.25</b> | <b>5288.43</b> |

|                  |                    |               |                  |
|------------------|--------------------|---------------|------------------|
| <b>Usina 162</b> | <b>826780</b>      | <b>32.62</b>  | <b>6832.89</b>   |
| <b>Usina 163</b> | <b>922615</b>      | <b>36.40</b>  | <b>7624.92</b>   |
| <b>Usina 164</b> | <b>1000000</b>     | <b>39.45</b>  | <b>8264.46</b>   |
| <b>Usina 165</b> | <b>1058300</b>     | <b>41.75</b>  | <b>8746.28</b>   |
| <b>Usina 166</b> | <b>1338300</b>     | <b>52.80</b>  | <b>11060.33</b>  |
| <b>Usina 167</b> | <b>1515640</b>     | <b>59.80</b>  | <b>12525.95</b>  |
| <b>Total</b>     | <b>17012289.39</b> | <b>671.18</b> | <b>140597.43</b> |