

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

**ANÁLISE DA MATRIZ ENERGÉTICA RESIDENCIAL DA CIDADE DE SÃO PAULO
DIANTE DA PERSPECTIVA DO AUMENTO DO USO DO GÁS NATURAL**

SÃO PAULO

2018

GRETA YALE LIMA DOS SANTOS

**ANÁLISE DA MATRIZ ENERGÉTICA RESIDENCIAL DA CIDADE DE SÃO PAULO
DIANTE DA PERSPECTIVA DO AUMENTO DO USO DO GÁS NATURAL**

Trabalho de Graduação Individual entregue como
requisito para conclusão do Bacharelado em
Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e
Ciências Humanas da Universidade de São Paulo.
Orientador: Prof. Dr. Luis Antonio Bittar Venturi

SÃO PAULO

2018

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo na Publicação
Serviço de Biblioteca e Documentação
Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo

S194a Santos, Greta Yale Lima dos
Análise da matriz energética residencial da cidade de São Paulo diante da perspectiva do aumento do uso do gás natural. / Greta Yale Lima dos Santos ; orientador Luis Antonio Bittar Venturi. - São Paulo, 2018.
60 f.

TGI (Trabalho de Graduação Individual) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo. Departamento de Geografia. Área de concentração: Geografia Física.

1. gás natural. 2. matriz energética. 3. matriz elétrica. I. Venturi, Luis Antonio Bittar, orient. II. Título.

AGRADECIMENTOS

As palavras são poderosas. Às vezes, escutá-las uma vez já se torna o suficiente para uma transformação, enquanto que outras são necessárias uma vida de repetição para a compreensão.

Cada um de nós escolhe a história que deseja contar e a jornada que deseja trilhar.

Aqui se encerra uma das jornadas das quais escolhi: a Faculdade Filosofia, Letras e Ciências Humanas, em específico o Departamento de Geografia e só tenho a agradecer pelos caminhos que a vida me deu até então.

Como parte importante dessa caminhada, gostaria de agradecer aos que estiveram presentes e até mesmo ausentes nesse período de desenvolvimento para a vida adulta.

Aos meus pais, Glória de Lourdes Lima dos Santos e Eduardo José dos Santos, um obrigado especial, por serem meus pais em qualquer parte desse país, que de longe ou de perto conseguem apoiar infinitamente minhas decisões. Espero que eu consiga retribuir toda essa compreensão e carinho que vocês me dão. Aos meus irmãos, Geória e Torquato, por todo o suporte e implicância que me deram ao longo da vida; gostaria de dizer que fomos todos capazes de amadurecer. E aos meus cunhados, Jefferson e Vanessa, pela continuidade da compreensão e amor dessa família.

Aos meus amigos de turma, que nos altos e baixos da vida ainda continuam aí pelas esquinas para qualquer problema e que me suportaram por todo esse tempo. Mariana, Luiz Gustavo, Leticia, Zélia, Carolina, Isadora, Isabella, Giuliana, Jordi, Gabriel, Henrique, Enzo, Luciano, Abud, Renato, Lucas, Agripino e tantos outros, obrigada.

Aos kungfuistas da minha vida por me ensinarem a ter minha estabilidade em mim mesma e no tatame.

E por fim, mas não menos importante, gostaria de agradecer ao Professor Luis e a toda equipe do projeto RCGI, pois sem eles essa pesquisa não teria ido à diante. Obrigada, Pedro Paulo, Gabriel, David, Alexandre e Felipe.

[kintsugi]

Hay que dejarse llevar por todo, entregarse a todo, pero al mismo tiempo conservar la calma y tener paciencia. Solo hay una forma de superación que empieza con superarse a sí mismo. (...) Tenemos que absorberlo todo pacientemente en nuestro interior y crecer. (Kafka)

RESUMO

SANTOS, G.Y.

A pesquisa teve como intuito compreender a composição da matriz energética brasileira, assim como a sua matriz elétrica para a realização de um estudo de caso para a cidade de São Paulo. Partindo da composição da matriz energética residencial da cidade de São Paulo buscamos averiguar qual seria o montante de emissões dos gases de efeito estufa liberados na atmosfera caso aumentássemos a utilização de gás natural como fonte energética, em substituição da fonte elétrica para o seu funcionamento. Os cálculos foram pautados apenas nos gases de efeito estufa (CO_2 , CH_4 e NO_2) e posteriormente, transformados em medidas de CO_2 equivalente, como medida de comparações internacionais adotados pelo IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change).

Palavras-chave: gás natural, matriz energética, matriz elétrica.

ABSTRACT

SANTOS, G.Y.

The aim of the research was to understand the composition of the Brazilian energy matrix, as well as its electrical matrix for a study case for the city of São Paulo. Starting from the composition of the residential energy matrix of the city of São Paulo, we sought to determine the amount of emissions of greenhouse gases released into the atmosphere if we increased the use of natural gas as an energy source, replacing the electric source for the operation. The calculations were based only on greenhouse gases (CO₂, CH₄ and NO₂) and then transformed into equivalent CO₂ measurements as a measure of international comparisons adopted by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).

Key-words: natural gas, energy matrix, electrical matrix.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estágio de implementação dos instrumentos de gestão da qualidade do ar no Brasil.	18
Figura 2 - Fluxograma energético brasileiro, 2017	23
Figura 3 - Fluxograma de energia elétrica.	24
Figura 4 - Matriz elétrica brasileira de 2018.	25
Figura 5 - Participação dos equipamentos elétricos nos usos finais residenciais da região Sudeste....	40
Figura 6 - Conjuntos elétricos de São Paulo.	44
Figura 7 - Fluxograma do processo.....	45

LISTA DE MAPAS

Mapa 1 - Potência outorgada total por municípios brasileiros.....	29
Mapa 2 - Potência outorgada de Termelétricas de funcionamento a Gás Natural.	30
Mapa 3 - Potência outorgada para Hidrelétricas.	31
Mapa 4 - Potência energética total do Estado de São Paulo em 2015.....	34
Mapa 5 - Emissões totais de CO ₂ eq no caso hipotético dos chuveiros a gás para os setores residenciais de São Paulo.....	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Matriz elétrica brasileira de 2015.....	28
Tabela 2 - Potência outorgada em 2015 no Estado de São Paulo.	33
Tabela 3 - Potência outorgada em 2015 no município de São Paulo.	33
Tabela 4 - Balanço de Energia do Estado de São Paulo – 2017 (ano base 2016).	41
Tabela 5 - Base de dados brutos.....	42
Tabela 6 - Compilação dos dados.	45
Tabela 7 - Resultados das emissões.	49

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 -Diferenças entre CGH, PCH e UHE pela potência instalada.....	36
--	----

LISTA DE SIGLAS

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL)

ANP – Agência nacional de petróleo

BEN - Balanço Energético Nacional

CGH - Central Geradora Hidráulica

CH₄ - Metano

CO₂ - Dióxido de Carbono

EPE - Empresa de Pesquisa Energética

GEE – Gases de efeito estufa

GLP - gás liquefeito de petróleo

GN - Gás natural

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

kWh - Quilowatt hora

MMA - Ministério do Meio Ambiente

MME - Ministério das Minas e Energia

NMSE - Novo Modelo do Setor Elétrico

NO₂ – Dióxido de Nitrogênio

OIE - Oferta Interna de Energia

PDE - Planos Decenais de Energia

PCH - Pequena Central Hidrelétrica

SIN - Sistema Interligado Nacional

Tep – Tonelada equivalente de petróleo

tOE - Tonelada equivalente de petróleo

UHE - Usina Hidrelétrica de Energia

UNFCCC – United Nations Framework Convention on Climate Change (Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas)

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	11
1 BASE CONCEITUAL.....	15
1.1 Questão ambiental.....	15
1.1.1 <i>Impacto</i>	15
1.2 Poluição.....	16
1.2.1 <i>Recursos Naturais</i>	19
1.3 Abastecimento Energético	20
1.3.1 <i>Breve histórico sobre matriz energética e matriz elétrica</i>	21
1.3.2 <i>Setor residencial</i>	25
2 Situação brasileira	27
2.1 Características de sistemas produtores	35
2.1.1 <i>Geração Hidráulica</i>	35
2.2.2 <i>Gás natural</i>	37
3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	39
3.1 Metodologia de cálculo da participação do gás nos usos finais residenciais	40
3.2 Metodologia para o cálculo de consumo de gás.....	41
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
4.1 Correspondência em emissão de gás.....	48
5 CONCLUSÕES E REFLEXÕES FINAIS.....	54
6 BIBLIOGRAFIA	57

INTRODUÇÃO

Mundialmente, as fontes de energia são advindas, quase que em sua totalidade, de hidrocarbonetos: petróleo (31,4%), carvão (29%), gás natural (21,3%). As perspectivas e projeções futuras apontam para o crescimento do gás natural (GN), equilibrando as três principais fontes energéticas de hidrocarbonetos em torno dos 25%, juntamente com as outras fontes energéticas não advindas de hidrocarbonetos como biomassa e outros (WEO, 2014).

Dentro da matriz energética brasileira fortemente diversificada, o gás natural apresenta uma participação em torno de apenas 7%. Contudo, há perspectiva de aumento de oferta de gás natural provocada pela exploração da Bacia de Santos e de formas não convencionais de exploração em outras partes do território brasileiro, o que faz parte das estratégias governamentais fomentar sua utilização.

O Ministério das Minas e Energia (MME) é o órgão responsável no Brasil pela manutenção, atualização e coordenação dos planos estratégicos da matriz energética nacional. O planejamento vinculado a outros órgãos de apoio busca consolidar o quadro de demanda e energia do país a fim de delimitar os melhores planos energéticos para a matriz brasileira. De acordo com o estudo publicado em 2007 “Matriz Energética Brasileira 2030”, ficaram previstos indicadores da política nacional de energia até o ano de 2030, com expansões para as atividades exploratórias de gás, especialmente na região sudoeste do país. A exploração das reservas da Bacia de Santos é capaz de ampliar o fornecimento de gás natural para os mercados da Região Sudeste e diminuir a dependência externa. (MME, 2007).

Especificamente, a Matriz Energética do Estado de São Paulo prevê que em 2035, 10,3% da demanda energética estadual de 129.543 tOE (tonelada equivalente de petróleo) seja atendida pelo gás natural, sendo que em 2005, ano de elaboração do documento, esse valor correspondia à 6,9% dos 51.333 tOE produzidos (SECRETARIA DE ENERGIA DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2011).

A matriz energética brasileira, ao contrário da matriz mundial, de acordo com MME, apresenta em sua composição o petróleo (43,1%), biomassa (27%), hidrelétrica (14%) como as principais fontes de energia, enquanto que o gás natural (7,5%), carvão (6,6%) e urânio (1,8%) se configuram como elementos de menor importância. Isso ocorre pelas poucas aplicações que se atribuem ao gás natural nos setores industriais, de transportes, comerciais e residenciais.

No caso de São Paulo, e de quase todo o Brasil, a eletricidade dos ambientes domésticos advém predominantemente das hidrelétricas. Equipamentos como chuveiro, sistemas de aquecimento, refrigeração, são predominantemente elétrica, sendo o gás subutilizado, seja por

falta de abastecimento de rede na cidade, seja por falta dos equipamentos compatíveis, ou pela falta do incentivo ao uso deles. De acordo com o Boletim Mensal de Energia (2018), elaborado pelo MME, para março de 2018, o GN constava com uma participação no setor elétrico das energias renováveis de 5,8%, enquanto a fonte hidráulica correspondia a 81,6% da matriz brasileira.

Pesquisas realizadas pelo Instituto Acende Brasil (2016), e também por Tolmasquim (2011), Moutinho dos Santos (2002), Udaeta (2010) e outros, mostram as preocupações e discussões sobre a utilização do GN nos setores industriais e de transportes, que são os maiores consumidores de gás natural, assim como a relação do GN com outros hidrocarbonetos, como petróleo (para o meio de transportes) e de hidrelétricas e termelétricas (industrial). O setor residencial, por baixa utilização, acaba sendo pouco tratado, ou até mesmo, não tratado.

Neste contexto, esta pesquisa visou, após a análise da matriz energética residencial, prognosticar os efeitos na atmosfera pelo possível aumento do uso de gás.

Pretendemos neste projeto trabalhar nessa perspectiva, apontando para o planejamento ambiental e territorial urbano como instrumento eficiente para as políticas públicas, diagnosticando as condições de um amplo cenário sobre o qual se estabelece uma geografia. Reconhecida essa necessidade no intento de minimizar os riscos de uma região delicada, apresentamos a seguir as bases teóricas que nortearam essa proposta, sempre na perspectiva de lidar com o problema como desdobramento de uma relação entre sociedade e natureza, portanto como uma questão sócio ambiental (ROSS, 2001).

Sabemos que qualquer interferência na natureza causada pelo homem gera algum tipo de impacto. Não há como evitar que tais processos ocorram, pois a sociedade é dependente da natureza para sobreviver e é dela que retira os elementos necessários para a sobrevivência da espécie.

Contudo, no atual modelo de sociedade, a natureza virou mercadoria, tornando-se recurso natural, sendo explorada, na maioria das vezes de forma excessiva. Compreender essa dinâmica se tornou um desafio para aqueles que trabalham com diagnóstico e planejamento ambiental.

O melhor método de proteção da natureza é através de medidas preventivas. Os métodos preventivos são mais eficazes, pois além de fazerem um estudo da área, possibilitam determinar máximos para a exploração dos recursos naturais. É nessa perspectiva preventiva que surgem os diagnósticos ambientais.

Segundo Ross: “A execução de estudos visando diagnósticos ambientais, passa evidentemente por uma série de mecanismos operacionais que possibilitam atingir resultados interpretativos, frutos da pesquisa técnico-científica” (ROSS,2003).

“Ressalta-se que, a abordagem geográfica na pesquisa ambiental, é necessariamente representada através de mapas, cartogramas, gráficos, tabelas que produzidas a partir da utilização e interpretação de dados numéricos (estatísticos), que fornecem informações sócio-econômicas. (ROSS,2011, p.66).

Levando em consideração que a percepção dos impactos ambientais ocorre de maneira mais nítida em ambientes citadinos, já que o espaço é mais restrito, a pesquisa teve como pauta a análise de um estudo de caso para a cidade de São Paulo.

Um grande exemplo dessa percepção foi o caso do ocorrido em Cubatão (SP), na década 80. A cidade passou a ser conhecida como a mais poluída do Brasil e do mundo¹. A chuva ácida, advinda da poluição causada pelas grandes quantidades de indústrias ali presentes, provocou a perda da cobertura vegetal na cidade e na parte da Serra do Mar próxima à mesma.

A transformação da cidade a partir desse fato fez com que alterações drásticas em sua organização territorial fossem realizadas. O conhecimento de dispersão dos particulados das indústrias pelos ventos fez com que algumas tivessem sua localização alterada e até o fechamento de outras. Nesse sentido, foi necessária a alteração da política territorial ali presente e empregada até então.

Uma política de cunho global que pode ser tida como exemplo foi a formação do protocolo de Quioto quanto à preocupação dos avanços tecnológicos e como a abordagem ambiental deve ser seguida para a manutenção do equilíbrio. O protocolo é complementar ao tratado ambiental mais conhecido da Rio-92, a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (United Nations Framework Convention on Climate Change – UNFCCC). Países participantes das Nações Unidas elevaram o status sobre meio ambiente e o desenvolvimento e as iminentes consequências de mudanças climáticas que a terra poderia presenciar, caso as mesmas taxas de emissão de gases popularmente conhecidos como de efeito estufa (GEE) fossem mantidas. No protocolo, os países signatários se mostram politicamente conscientes das questões abordadas e com compromissos e obrigações para a diminuição dos gases.

¹ Apontada pela ONU. Reportagem sobre o reconhecimento de Cubatão como o “Vale da Morte”. Costa, BBC Brasil, 2017.

Entretanto, o protocolo e seus desdobramentos mostraram também os entraves políticos que tais medidas geram de forma diferenciada em cada um desses países, tanto que as obrigações especificadas nesses acordos se desdobram de formas diferenciadas para cada um dos países participantes, na medida em que buscam conciliar não apenas as questões ambientais ali presentes, mas também, questões econômicas.

De acordo com Oliveira et al (2015), a falta de base de dados mais sólidos e com as suas devidas explicações sobre efeitos e causas dos problemas ambientais afetam as decisões políticas, já que há divergência de interesses entre países e o que pode ser solução para um, pode não ser para outro.

O risco de contaminação pela poluição foi democratizado, apesar de os benefícios da produção capitalista continuarem privados. Em outras palavras, chegou-se à aquilo que o sociólogo alemão Ulrich Beck (1986) cunhou como sociedade de risco, que banaliza os riscos tornando a convivência com eles algo natural. O risco passou a ser mensurado (...). (RIBEIRO, 2010. p11).

A mensuração dos riscos citada acima por Ribeiro mostra que os tipos de poluição afetam não apenas de forma direta e sim de formas complementares indiretamente os ambientes. Também retorna o fato da falta de pesquisas específicas sobre o que determinados usos podem acarretar ao meio ambiente e em que proporções são afetadas.

Junior et al explicitam que “Não há como gerar energia sem agredir o meio ambiente. O que existe são fontes que causam modificações de maior ou menor intensidade aos ecossistemas, que, por sua vez, podem se recuperar com maior ou menor facilidade” (GRIMONI, 2015, p265). Nesse sentido, quando pensamos em matriz energética, somos normalmente fadados a pensar nas relações setoriais da geração e consumo de energia, e não como reconhecimento de uma parte global que perpassa pelas sociedades

1 BASE CONCEITUAL

Para a leitura deste trabalho, deve-se ter em mente o arcabouço conceitual que o perpassa para o seu desenvolvimento e conclusão. O estudo da questão ambiental e energética aborda o aspecto físico de troca de fonte energética para abastecimento residencial por trás dessa mudança.

1.1 Questão ambiental

A especialização da questão ambiental nos diversos ramos acadêmicos, presentes na história ambiental, engenharia ambiental, química ambiental, geografia e outras diversas ramificações sobre como a sociedade aborda o meio ambiente, só foi possível com a criação e desenvolvimento de conceitos e teorias de estudos concretizadas no final do século XVIII.

Naquela época as pesquisas iniciaram um processo de inversão do que até então era o mais comum: ao invés dos estudos mais naturalistas, que buscavam uma análise de como o ambiente afetava o humano, as pesquisas começaram a entender a influência humana na natureza e suas consequências. (PÁDUA, 2010).

Pádua (2010), ao retratar as bases da história ambiental e de como as pesquisas vieram abordar o tema para a criação de especializações tendo o ambiente como principal eixo condutor, chama a atenção para as questões globais que afetaram a vida política, fazendo da questão ambiental “ao mesmo tempo criadora e criatura do processo de globalização” (p.82) na qual a esfera acadêmica e a política convergiram para tal desenvolvimento.

1.1.1 Impacto

Para se estudar a relação dessa interferência, é necessário levar em consideração as diferentes dimensões escalares que os impactos irão gerar sobre o ambiente. Eles podem ocorrer a níveis I, locais, II, regionais e III, globais (GRIMONI, 2015).

Quando ocorre o dejetos de produtos químicos e/ou fertilizantes em um rio, que provoca a contaminação da água ali presente, o impacto é local. Quando a contaminação ocorre nos mares a dimensão se torna regional e podendo atingir a nível global quando são alterados os sistemas da biota local, como quando ocorrem acidentes nucleares.

É preciso reforçar que a questão ambiental é fundamentada na existência humana, já que possui uma dimensão territorial implícita. Os recursos naturais estão dispersos pela superfície

terrestre, como resultado de processos naturais de milhões de anos, e são apropriados por grupos sociais de acordo com sua capacidade de gerar instrumentos técnicos, o que os torna, em si, foco de poder, disputa e conflitos. (RIBEIRO, 2010.)

1.2 Poluição

“As atividades industriais e a elevada concentração populacional nas grandes cidades produzem volumosa quantidade de resíduos sólidos, líquidos e gasosos que a natureza, por si só, não consegue absorver” (ROSS, 2011, p 218).

O gás carbônico, ou dióxido de carbono (CO₂), faz parte da natureza e de incontáveis processos naturais que ocorrem dia e noite desde que o planeta Terra se estabeleceu. A constituição da camada atmosférica que permite o desenvolvimento da vida terrestre como conhecemos, tem a participação de gases como nitrogênio, oxigênio, argônio e dióxido de carbono e outros, em diferentes altitudes e concentrações, mas responsáveis pela dinâmica terrestre. (AOYADE, 1996).

Entretanto, quando pensamos no conceito de poluição, notamos que esses materiais constituintes, naturais, encontram-se numa concentração tão elevada que, por consequência, acarretam em alterações das condições tidas como normais e que tendem a causar algum tipo de prejuízo.

No caso brasileiro, a definição de poluição atmosférica é retirada da lei 997/1976:

Artigo 2. Considera-se poluição do meio ambiente a presença, o lançamento ou a liberação, nas águas, no ar ou no solo, de toda e qualquer forma de matéria ou energia, com intensidade em quantidade, de concentração ou com características em desacordo com as que forem estabelecidas em decorrência desta lei, ou que tornem ou possam tornar as águas, o ar ou o solo:

I -impróprios, nocivos ou ofensivos à saúde;

II -inconvenientes ao bem-estar público;

III -danosos aos materiais, à fauna e à flora;

IV -prejudiciais à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais, da comunidade.

Divisão entre padrões primários- afeta a saúde

Padrões secundários – mínimo efeito adverso no meio ambiente

Ou seja, poluentes atmosféricos, sejam eles causados pela natureza ou pelas atividades humanas, são tidos como tal quando suas concentrações ameaçam a saúde da biota presente naquele determinado ambiente (AHRENS, 2009).

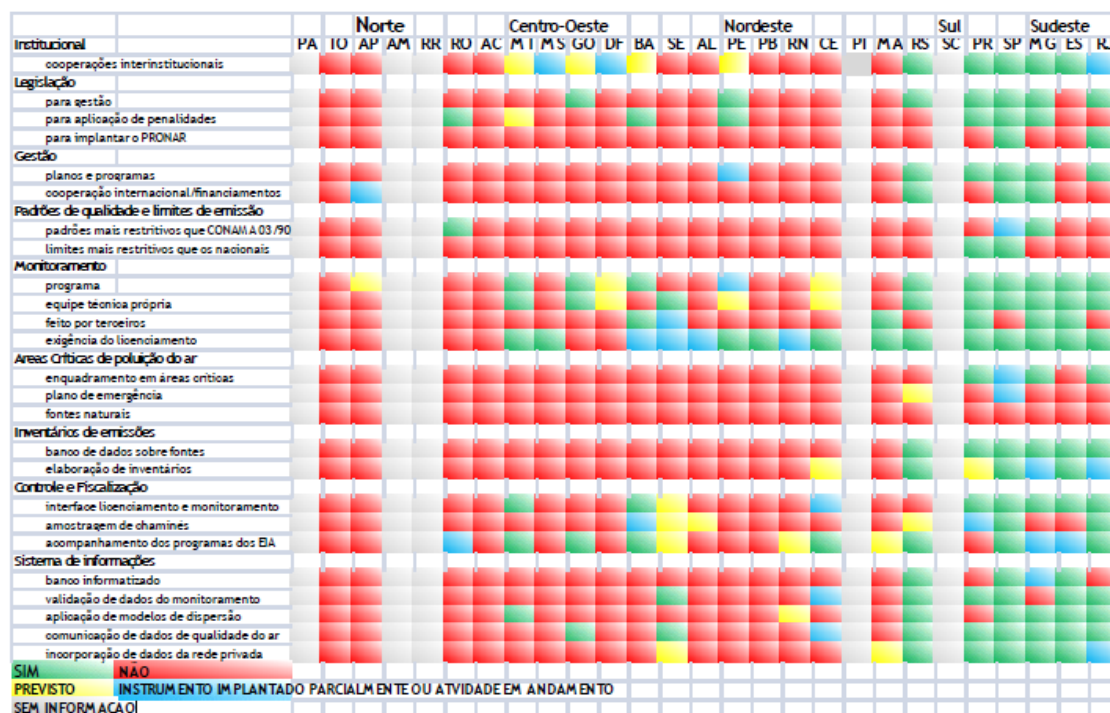
No caso brasileiro, as definições, padrões e outros aspectos sobre a qualidade do ar e sua regulamentação são de responsabilidade do Plano Nacional de Qualidade do Ar – PNQA (MMA, BRASIL).

O plano tem por objetivo “(...) proteger o meio ambiente, e a saúde humana dos efeitos da contaminação atmosférica, por meio da implantação de uma política contínua e integrada de gestão da qualidade do ar no país”, com metas estratégicas e linhas de ação, nas quais este trabalho se insere:

Linhas de ação contempladas – (i) Redução de emissões da indústria e do setor de serviços (produção mais limpa); (ii) Realinhamento e cumprimento dos marcos normativos e regulatórios, incluindo a revisão dos padrões de qualidade do ar e limites de emissão; (iii) geração de conhecimento, desenvolvimento tecnológico e acesso a informação.

De acordo com o Artigo nº5 da Resolução nº003/1990 da CONAMA, o monitoramento da qualidade do ar fica a cargo dos estados, e de acordo com o gerenciamento da informação disponibilizado pelo MMA, até 2009 a região sudeste do país era a com maior número de instrumentos de gestão implementados, e dentro da região, destaque para o Estado de São Paulo (figura 1). O decreto estadual número 48.523 de 02 de março de 2004 instituiu a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) como responsável pelo controle da poluição do meio ambiente, sendo ela a responsável pelos monitoramentos da qualidade do ar.

Figura 1 - Estágio de implementação dos instrumentos de gestão da qualidade do ar no Brasil.



Fonte: MMA, 2009.

A CETESB elabora para o Estado de São Paulo os guias nos quais são definidos os padrões para cada tipo de poluente e as respectivas classificações atreladas ao seu posicionamento quanto ao grau de ameaça à saúde. É possível a realização de consultas públicas contando com dados por estações diariamente, além de resumos. Dessa forma, toda a população tem acesso às informações e também é possível que o governo tenha ciência do que está ocorrendo, além da população científica apresentar estudos empíricos sobre fenômenos envolvendo a qualidade do ar.

Durante o período de maio de 2018 por todo o Brasil foram sentidos os impactos da mobilização da greve dos caminhoneiros: a redução da frota de caminhões circulando na cidade foi capaz de reduzir pela metade a poluição atmosférica em São Paulo, em oposição à greve dos metroviários no ano de 2017, quando dobrou a poluição (DA AGENCIA BRASIL, 2018).

A importância dos órgãos regulatórios e de controle cria dentro da sociedade maneiras de averiguar a atuação das tecnologias empreendidas até então e em como alterações dos tipos de transporte e combustíveis utilizados, como no exemplo acima, podem ser percebidos, analisados e refletidos.

Reis (2011), em seu livro intitulado “Matrizes energéticas: conceitos e usos em gestão e planejamento”, aborda as questões das análises dos desenvolvimentos tecnológicos e equipamentos com suas diversas matrizes com o propósito de racionalizar a escolha energética atrelada às melhores soluções, tendo como base o desenvolvimento sustentável:

A escolha dos melhores indicadores para uma determinada avaliação dependerá de cada caso. Por exemplo, quando atrelados à sustentabilidade, os indicadores energéticos devem buscar refletir as seguintes linhas de referência básica, associadas às soluções energéticas aventadas ao *desenvolvimento sustentável*:

(...)Estabelecimento de políticas energéticas que favoreçam a formação de mercados para tecnologias ambientalmente benéficas e penalizem as alternativas não sustentáveis (...) incentivar o desenvolvimento tecnológico do setor energético no sentido de buscar alternativas ambientalmente benéficas. Isso inclui também melhorias nas atividades de produção de equipamentos e materiais para o setor, e de exploração de combustíveis.

Incentivar ao uso de combustíveis menos poluentes. Em um período transitório, por exemplo, o GN tem vantagens sobre o petróleo ou carvão mineral por produzir menos emissões. (REIS, 2011. Pgs 79,80)

A atividade humana em seu próprio transcorrer gera impactos sobre o ambiente de variadas formas, e, ao se adicionar determinadas tecnologias e equipamentos que aumentam o descompasso de ambientes mais estáveis, acarretam ambientes mais poluídos. Devemos sempre ter em mente que, para o desenvolvimento sustentável, é necessário que a produção e uso gerados na sociedade não comprometa a capacidade de regeneração dos ecossistemas. (HOGNER E POPESCU, apud GRIMONI et al, 2015)

1.2.1 Recursos Naturais

Se a poluição atmosférica é o resultado das técnicas empregadas pelos homens (assim como resultado da própria natureza em curso), as explorações da terra e dos recursos presentes ajudam a perceber as capacidades/limitações físicas pelo qual ela irá passar.

Como forma de explicar e conceituar o que seria um Recurso Natural, Venturi (2006) constrói em seu artigo intitulado *Recurso Natural: a construção de um conceito* a evolução e desenvolvimento da atividade do pensar para a construção do que seria o conceito de recurso natural.

Ele descreve as concepções já fornecidas pelos autores, como Mendonça (2001), Zimmermann (1966), Godard (2002), Leff (2001) a fim de objetivar a complexidade conceitual e uma formulação de síntese para esclarecimento conceitual.

Como resultado tem-se a seguinte definição:

Recurso natural pode ser definido como qualquer elemento ou aspecto da natureza que esteja em demanda, seja passível de uso ou esteja sendo usado direta ou indiretamente pelo Homem como forma de satisfação de suas necessidades físicas e ou culturais, em determinado tempo e espaço. Os recursos naturais são componentes da paisagem geográfica, materiais ou não, que ainda não sofreram importantes transformações pelo trabalho humano e cuja própria gênese independe do Homem, mas aos quais foram atribuídos, historicamente, valores econômicos, sociais e culturais. Portanto, só podem ser compreendidos a partir da relação Homem-Natureza. Se, por um lado, os recursos naturais ocorrem e distribuem-se no estrato geográfico segundo uma combinação de processos naturais, por outro, sua apropriação ocorre segundo valores sociais. Dessa interação sociedade-natureza decorrem determinadas formas de organização social sobre o território, influenciadas, tanto pelos processos naturais que determinam a ocorrência (ou a não ocorrência) e a distribuição territorial dos recursos, como pelos valores sociais vigentes no contexto da apropriação, sendo que quanto mais valorizado é um recurso, maior sua mobilidade sobre o território. De qualquer forma, sempre haverá alguma alteração no ambiente, seja na exploração, apropriação ou no uso dos recursos naturais. Tais alterações podem tornar-se negativamente impactantes se a apropriação dos recursos desconsiderar as dinâmicas naturais, e /ou orientar-se por procedimentos não éticos. Além da demanda, da ocorrência e dos meios técnicos, a apropriação e uso dos recursos naturais podem depender, também, de questões geopolíticas, sobretudo, quando se caracterizam como estratégicas, envolvendo disputas entre povos. Se, por um lado, as dinâmicas naturais explicam a riqueza de recursos naturais que algumas nações apresentam, as dinâmicas sociais podem explicar a não correspondência direta entre disponibilidade de recursos naturais e bem estar e desenvolvimento humano. (VENTURI, 2006, pg.15-16)

A escolha ou não de um recurso energético para abastecimento da sociedade vai depender então da sua disponibilidade, das técnicas que a sociedade detém para exploração e do espaço dessa exploração.

O Brasil é conhecido como um grande detentor de disponibilidade hídrica para exploração. Dessa forma, uma matriz energética de fonte hidráulica faz sentido.

Se, com a exploração do pré-sal, aumentar a disponibilidade de exploração do GN, o seu aumento na matriz também pode ser proveitoso.

1.3 Abastecimento Energético

O conceito para Energia desenvolvido e delimitado nas ordens práticas das ciências permitiu diálogos entre os diversos campos do conhecimento. Ela, como força mensurável, é

capaz de estabelecer relações dentro dos princípios físicos existentes, como o princípio da conservação da termodinâmica.

O estudo sobre a Energia perpassa as barreiras das especializações acadêmicas e entra na biologia, nos ramos de ecologia juntamente com estatísticas, levando a outros níveis de especialização. Da junção da ecologia com a estatística derivaram os estudos chamados de *sinecologia* (BRANCO, 1995), capazes de relacionar e compreender os ecossistemas e os fluxos de energia ali presentes.

Para o desenvolvimento desta pesquisa buscamos descobrir a relação existente entre duas fontes de energia, elétrica e gás, e como a energia útil final de ambas alteraria a emissão de CO₂ para a atmosfera caso ocorresse uma situação hipotética de todos os chuveiros residenciais tornarem-se de funcionamento exclusivo de gás.

A seguir buscou-se definir as diferenças entre as matrizes energética e elétrica, já que a eletricidade pode ter sua origem em diversos recursos energéticos, enquanto que o chuveiro a gás estaria utilizando o recurso exclusivo do gás natural para transformação em energia útil.

Se Energia é tudo aquilo que apresenta calor e/ou movimento, a definição de *matriz energética* está relacionada a toda e qualquer energia distribuída no território² que possa ser transformada, distribuída e consumida nos processos produtivos (BUCUSSI, 2006; HINRICHS, 2003).

1.3.1 Breve histórico sobre matriz energética e matriz elétrica

Os recursos estão dispostos irregularmente pela a superfície do planeta Terra. Leite (2007) aponta que essa disponibilidade de recursos pode ter sido o grande propulsor para o progresso industrial como nos casos do Reino Unido e Estados Unidos, ou de uma relação de dependência energética, como o caso do Japão. Todavia, seu uso se tornou indispensável.

A modernização [...], passando de uma sociedade rural para outra, urbana e rica, foi possível pela utilização de tecnologia moderna baseada em uma ampla série de avanços científicos - os quais foram energizados por **combustíveis fósseis** [...] O uso dos recursos energéticos nos libertou de muitos trabalhos penosos e tornou nossos esforços mais produtivos (HENRICHS, 2003, grifo nosso, pg 1)

² O conceito territorial aqui utilizado está ao que o Diccionario de Geografía Aplicada y Profesional define como “ligado al concepto de soberanía, constituye la manifestación espacial del poder, es decir, el escenario en el que se proyectan, concretan y expresan las decisiones ejercidas por quienes tienen competencias reconocidas era ello, de modo que, concebido como espacio estructurado, apropiado y ordenado, su configuración reproduce las directrices emanadas del poder y, consecuentemente, del modelo organizativo determinado por los agentes que lo ostentan”.

Os diferentes produtos resultantes da energia possibilitaram a expansão de atividades e trabalhos em escalas não presenciadas até o início da revolução industrial. Esse consumo cada vez maior despertou também a preocupação com escassez³ e com alternativas de redução de desperdício e/ou de melhoramento da eficiência energética.

Outra decorrência da acentuada utilização foram as preocupações ambientais, perceptíveis principalmente nas escalas locais e regionais das áreas exploratórias. Dados dos Estados Unidos mostram que na década de 1970 ocorreram 120 alertas de *smog*⁴ e que, com a iniciativa federal de regulação e legislação, conseguiram diminuir em vinte anos dois terços do liberado na atmosfera (Henrichs, 2003).

Explicitada a suma importância dos recursos energéticos, cada país busca as melhores formas de utilizar as energias disponíveis em seu território ou as de melhor custo benefício, e cada um busca manter um equilíbrio no sistema entre produção, consumo, importação e exportação.

O Brasil apresenta diversos órgãos regulatórios para a situação energética, como o Ministério do Meio Ambiente (MMA), Empresa de Pesquisa Energética (EPE), Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), entre outras. Contudo, no que tange à pesquisa, buscamos restringir a apresentação apenas dos balanços energéticos finais elaborados para o território nacional e para o Estado de São Paulo.

Esses balanços, para efeitos de comparação entre países e regiões, são representados pela Oferta Interna de Energia (OIE), comumente medida em Tonelada equivalente de petróleo⁵ (tep) devido as grandezas das medidas.⁶

³ O Clube de Roma, iniciado em 1968, demonstrou o início da preocupação de diversos países com o esgotamento dos recursos energéticos. O primeiro relatório de 1972 intitulado “The limits to growth” debate a relação dos recursos e as consequências do consumo exponencial.

⁴ Smog é um termo que tem como origem a mistura de duas palavras de origem inglesa “smoke” (fumaça) e “fog” (nevoeiro) no qual serve para ilustrar o alto nível de poluição atmosférica

⁵ TEP é uma medida de energia em Tonelada equivalente de petróleo. O quanto de energia é necessário para a combustão de uma tonelada de petróleo.

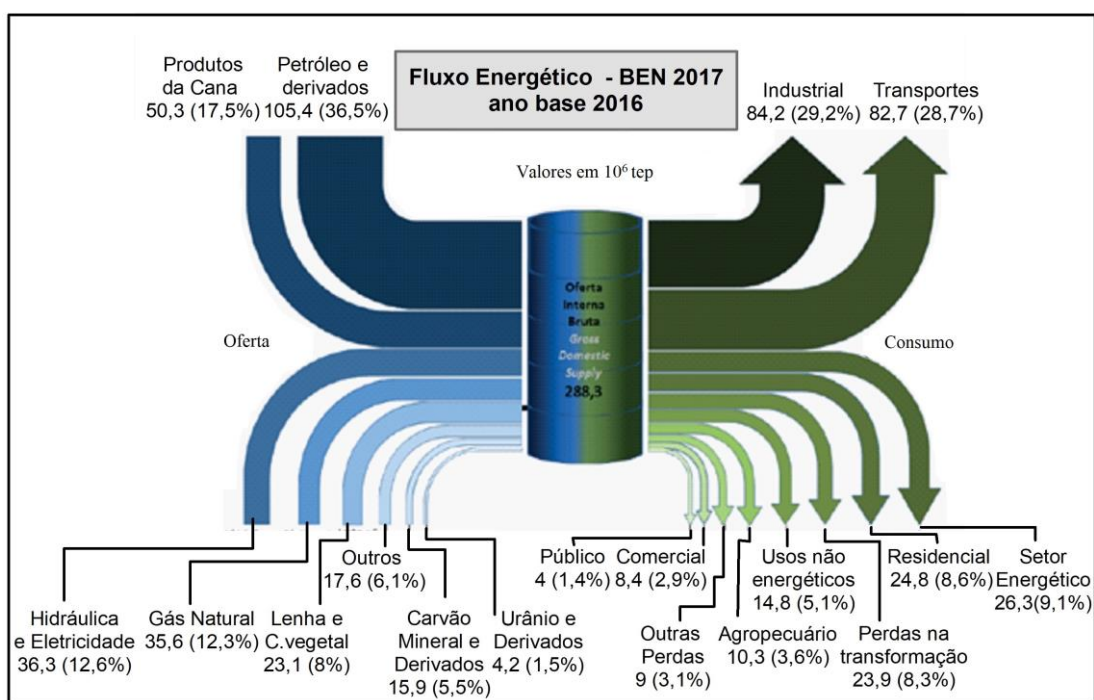
⁶ Podemos ilustrar essa grandeza ao comparar 1 tep com o consumo médio diário de energia realizado por uma pessoa: contabilizando os gastos residenciais, industriais, transporte, transformação energética, alimentação obtêm-se a média de 46.300 kcal/indivíduo; enquanto que uma tonelada equivalente de petróleo equivale a 10 milhões de quilocalorias (kcal), ou o correspondente a apenas 0,4% de tep (Goldemberg, 2007).

De acordo com o relatório Balanço Energético Nacional-BEN 2017 (ano base 2016), a matriz energética brasileira totalizou em sua OIE 288,3x10⁶ tep de energia, ou seja, uma média de 1,38 tep *per capita* brasileira, um pouco abaixo da média mundial de 1,69 tep *per capita*.⁷

Sob o olhar do paradigma da sustentabilidade ambiental, a matriz brasileira apresenta destaque em relação à mundial quando verificamos a grande participação dos recursos renováveis. Em sua composição, os derivados de petróleo foram responsáveis por 36,5% da produção, seguido pelos produtos da cana (17,5%), hidráulica (12,6%) e gás natural (12,3%) e outros em menores porcentagens, mas quando contabilizados entre recursos não renováveis e renováveis, a comparação fica em 62,4% não renovável e 37,6% renovável.

A OIE tem como principal consumidor as demandas internas industriais (29,2%) seguido pelos transportes (28,7%). A figura 2 demonstra o fluxo energético existente entre as fontes e as destinações finais de consumo.

Figura 2 - Fluxograma energético brasileiro, 2017



Fonte: BEN, 2017 (imagem adaptada SANTOS, GY).

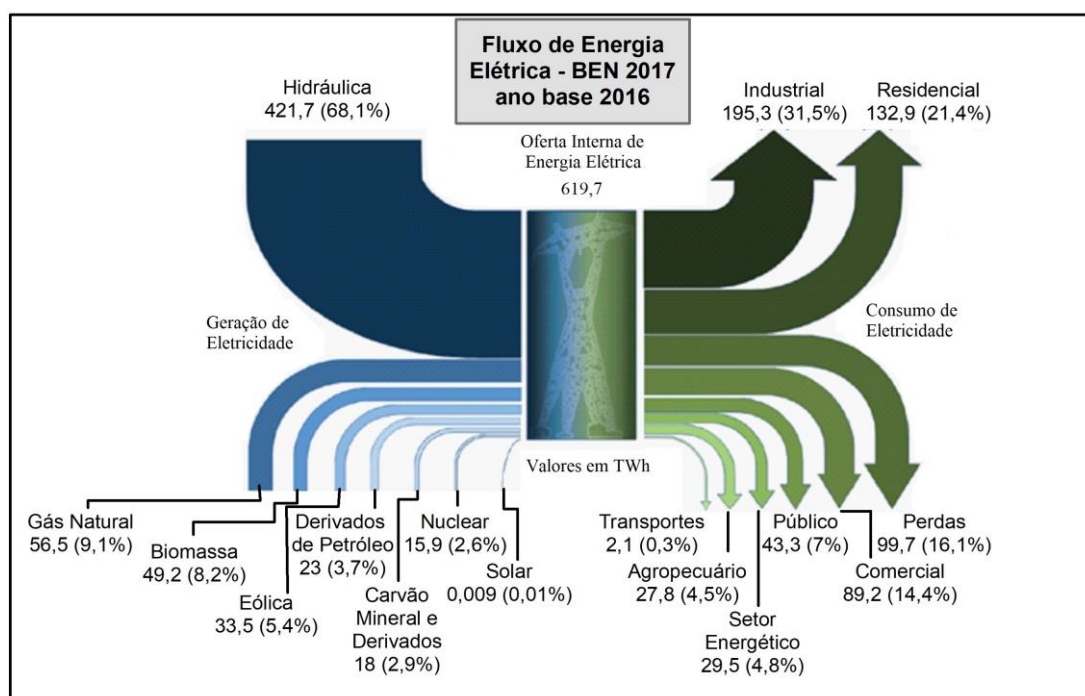
A *matriz elétrica* refere-se às diversas fontes utilizadas para a geração de eletricidade. A matriz brasileira é de grande notoriedade mundial devido a sua elevada participação renovável,

⁷ Dado de 2003. Fonte Goldemberg (2007).

já que apenas a fonte hidráulica é capaz de produzir 68% de toda a eletricidade do país (figura 3).

Pensando em um sistema elétrico que tem como principal fonte a hidráulica, e que, periodicamente possa sofrer com eventos climáticos, políticos e ou de operação, o Brasil desde o ano de 2003 seguiu o Novo Modelo do Setor Elétrico (NMSE), criado para solucionar os problemas de confiabilidade de suprimento, modicidade tarifária e universalidade em decorrência da crise de abastecimento que levou ao racionamento de energia em 2001 (TOLMASQUIM, 2011).

Figura 3 - Fluxograma de energia elétrica.



Fonte: BEN, 2017 (imagem adaptada SANTOS, G.Y).

Nesse novo sistema há dois grandes blocos: o sistema Interligado Nacional (SIN) que abriga sete subsistemas e o Sistema Isolado. Os sistemas Isolados são interligados ao SIN de acordo com os Planos Decenais de Energia (PDE) (Tolmasquim, 2011).

A capacidade instalada e em operação até fevereiro de 2018 contava com 1.310 usinas (Central Geradora Hidráulica - CGH, Pequena Central Hidrelétrica - PCH e Usina Hidrelétrica de Energia - UHE) de origem hídrica responsável por 60,8% da potência kW produzida e com 2.998 termelétricas (gás natural, petróleo, carvão e ou biomassa) equivalentes 26% da potência.

De acordo com Tolmasquim (2011), a expansão da geração é decorrente do plano de expansão delimitado pela EPE e dos leilões de contratação para novas instalações. No ano de 2009 existiam 849 usinas hidroelétricas e 719 termelétricas. A diferenciação entre números correspondeu ao PDE 2019, que previa até o final do ano de 2019 uma expansão de 61%.

No início de 2018, os dados da ANEEL mostram que de 2009 a 2018 a **capacidade produzida** já aumentou 52,5%, mas com um maior aumento na participação da energia de fonte térmica do que hidrelétrica, diferente do previsto inicialmente.

A figura 4 demonstra os números de usinas implantadas por fonte e a capacidade instalada até fevereiro de 2018.

Figura 4 - Matriz elétrica brasileira de 2018.

Fonte			Capacidade Instalada			Total		
Origem	Fonte Nível 1	Fonte Nível 2	Nº de Usinas	(KW)	%	Nº de Usinas	(KW)	%
Biomassa	Agroindustriais	Bagaço de Cana de Açúcar	400	11.157.935	6,7116	416	11.235.916	6,7585
		Biogás-AGR	2	948	0,0005			
	Biocombustíveis líquidos	Capim Elefante	2	31.700	0,0190	3	4.670	0,0028
		Casca de Arroz	12	45.333	0,0272			
		Etanol	1	320	0,0001			
		Óleos vegetais	2	4.350	0,0026			
		Carvão Vegetal	8	43.197	0,0259			
	Floresta	Gás de Alto Forno - Biomassa	10	114.265	0,0687	95	3.149.175	1,8942
		Lenha	4	23.900	0,0143			
		Licor Negro	18	2.542.616	1,5294			
		Resíduos Florestais	55	425.197	0,2557			
		Resíduos animais	14	4.481	0,0026			
		Resíduos sólidos urbanos	19	128.851	0,0775			
	Eólica	Cinética do vento	Carvão - RU	1	2.700	0,0016	509	12.458.443
Cinética do vento			509	12.458.443	7,4939			
Carvão mineral		Calor de Processo - CM	2	28.400	0,0170	26	3.727.470	2,2421
		Carvão Mineral	14	3.323.740	1,9992			
		Gás de Alto Forno - CM	10	375.330	0,2257			
		Calor de Processo - GN	1	40.000	0,0240			
		Gás Natural	165	12.971.499	7,8025			
Outros Fósseis		Calor de Processo - OF	1	147.300	0,0886	2257	10.113.743	6,0835
		Gás de Alto Forno - PE	1	1.200	0,0007			
		Gás de Refinaria	6	315.560	0,1898			
		Óleo Combustível	75	4.055.885	2,4396			
		Óleo Diesel	2157	4.712.770	2,8347			
		Outros Energéticos de Petróleo	18	1.028.328	0,6185			
		Petróleo	1310	101.081.359	60,801			
Hídrica	Potencial hidráulico	1310	101.081.359	60,801	1310	101.081.359	60,801	
	Urânio	2	1.990.000	1,1970				
	Radiação solar	84	1.021.485	0,6144				
Nuclear	Urânio	2	1.990.000	1,1970	2	1.990.000	1,1970	
	Radiação solar	84	1.021.485	0,6144				
Solar	Radiação solar	84	1.021.485	0,6144	84	1.021.485	0,6144	
	Cinética da água	1	50	3,0075				
Undi-Elétrica	Cinética da água	1	50	3,0075	1	50	3,0075	
	Paraguai			5.650.000				3,3985
Importação	Argentina			2.250.000	1,3534			4,9143
	Venezuela			200.000	0,1203			
	Uruguai			70.000	0,0421			
Total			4904	166.247.142	100	4904	166.247.142	100

Fonte: ANEEL 18 de fevereiro de 2018.

1.3.2 Setor residencial

A importância da matriz elétrica nas residências é clara a partir das análises das matrizes energéticas e elétricas brasileiras: o consumo residencial tem baixa participação no consumo da quantidade de energia total ofertada (OIE); apenas 8,6% da Energia produzida é destinada ao setor. Já na participação da matriz elétrica, o fim residencial sobe para uma porcentagem de 21,4%, perdendo em importância apenas para o setor industrial.

A **matriz energética residencial** brasileira é composta majoritariamente pela eletricidade, responsável por quase metade da matriz, em 46%, seguidos pelas fontes de GLP

(gás liquefeito de petróleo) com 26,5% e da lenha com participação de 24,4%. O uso de gás natural apresenta uma participação muito pequena, sendo responsável por apenas 1,4% da composição da matriz (BEN, 2017).

Levando em consideração a maior diversificação da matriz elétrica exposta na figura 4 acima, podemos considerar que políticas públicas de incentivos à diversificação energética também possam surgir.

A extensão territorial brasileira e a disposição da localização dos recursos juntamente com o sistema de logística criados pelo SIN devem sempre ter em mente as diferenciações internas de capacidade de geração e de consumo elétrico a fim do melhor empreendimento energético.

Não é à toa que após a construção da Usina Hidrelétrica de Balbina os estudos para alocar os empreendimentos nem sempre consideram a disponibilidade do recurso como a melhor opção.

A região norte, mesmo apresentando a maior capacidade hidráulica, não tem como melhor solução a construção de usinas hidrelétricas: a formação geomorfológica da região não permite a construção em sua grande parte de uma usina de grande capacidade e baixa área alagada e/ou que não afete comunidades ribeirinhas ou áreas de preservação, ou territórios indígenas.

Outro fator a ser levado em consideração é o hábito de consumo, associado ao contexto climático, demonstrado nas diferentes regiões brasileiras. Um exemplo pode ser a comparação entre as regiões Norte e Sudeste nas quantidades energéticas destinada ao funcionamento de chuveiros elétricos: o Norte destina apenas 2%, enquanto que o sudeste, 26%.

Em alguns casos ocorrem semelhanças quanto à utilização de alguns aparelhos, como o ferro de passar roupa: 3% em toda a extensão territorial brasileira. (Procel, 2007).

Ou seja, a energia elétrica produzida, principalmente pelas hidrelétricas são destinadas ao setor residencial. O que demonstra a grande dependência do setor em uma fonte energética.

2 SITUAÇÃO BRASILEIRA

O território brasileiro tem como principal destaque o seu tamanho e localização. É o quinto maior país em área territorial, com 8.515.767 km², ficando atrás apenas da Rússia, Canadá, EUA e China. Entretanto, diferentemente dos 4 primeiros colocados, o Brasil é o único país localizado majoritariamente na zona intertropical do globo, enquanto que todos os outros estão acima da linha do Trópico de Câncer.

A disposição e o tamanho apresentados pelo Estado Brasileiro permitem que o país se beneficie com uma grande variação de recursos naturais, levando em consideração seu momento econômico, social e ambiental nestas escolhas.

De acordo com o compilado das informações de energia realizado pelo IBGE (2015) do banco de dados não padronizados sobre a logística de energia, podemos perceber o cenário existente até o ano de 2015: para as fontes de energia o Brasil conta desde a radiação solar, passando pelo bagaço de cana de açúcar e até mesmo o urânio para gerar e produzir energia.

A tabela 1 a seguir mostra as fontes utilizadas e a respectiva potência outorgada em KW no ano de 2015. Podemos notar uma diferença de potência significativa em relação à tabela da figura 4 com os dados de 2018; entretanto, a tabela mostrada na figura 4, por apresentar seus dados correlacionados com os municípios produtores, foi tomada como base em uma análise conjunta com o mapa 1, desenvolvido a partir dos seus dados.

Essa fonte de dados possibilitou analisar a localização de cada um dos elementos e a intensidade de exploração existente no território brasileiro.

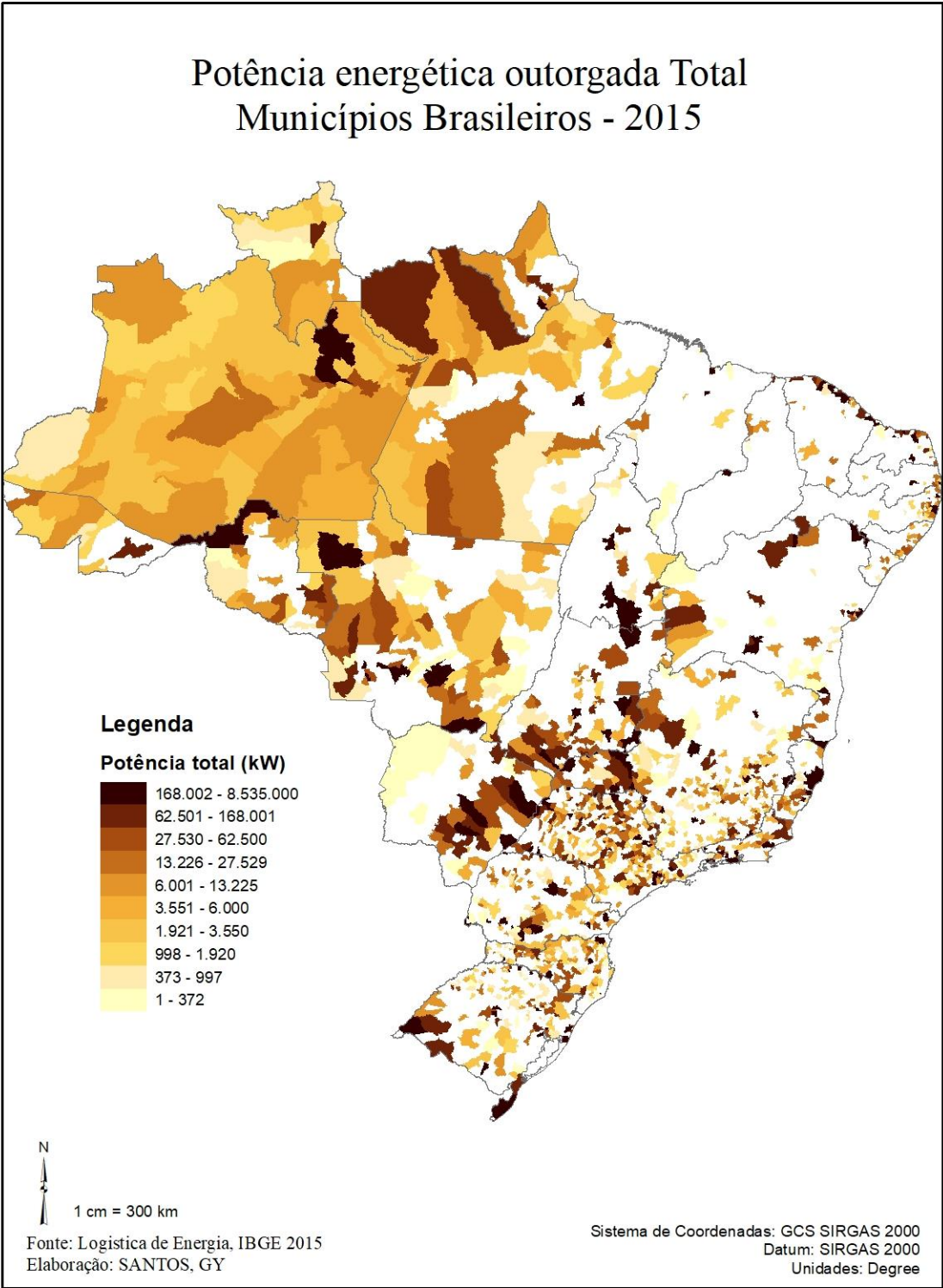
Nos mapas 1, 2 e 3 abaixo são demonstrados, a nível municipal, a potência outorgada existente, seguida da especificação para as termelétricas de gás natural e hidrelétricas.

Tabela 1 - Matriz elétrica brasileira de 2015.

Fonte	Combustível	Potência Outorgada em KW
Biomassa	Bagaço de Cana de Açúcar	10.130.461,7
	Biogás	88.049,0
	Capim Elefante	31.700,0
	Carvão Vegetal	35.000,0
	Casca de Arroz	36.433,0
	Licor Negro	1.729.517,0
	Óleo de Palmiste	4.350,4
	Resíduos de Madeira	372.305,0
Energia Fotovoltáica	Radiação Solar	8.569,0
Hidrelétrica	CGH	216.863,6
	PCH	4.620.260,3
	UHE	86.634.955,0
Termelétrica (outros)	Outros	1.920,0
	Efluente Gasoso	162.100,0
	Enxofre	52.688,0
	Gás de Alto Forno	330.495,0
	Gás de Processo	709.920,0
	Gás de Refinaria	319.970,0
	Gás Siderúrgico	225.100,0
Termelétrica de Gás Natural	Gás Natural	12.016.727,7
Termelétrica de Petróleo e Carvão Mineral	Carvão Mineral	3.389.465,0
	Óleo Combustível	4.206.103,0
	Óleo Diesel	3.764.348,7
Usina Eólica	Eólica	5.340.134,2
Usina Nuclear	Urânio	1.990.000,0
Total Geral		136.417.435,5

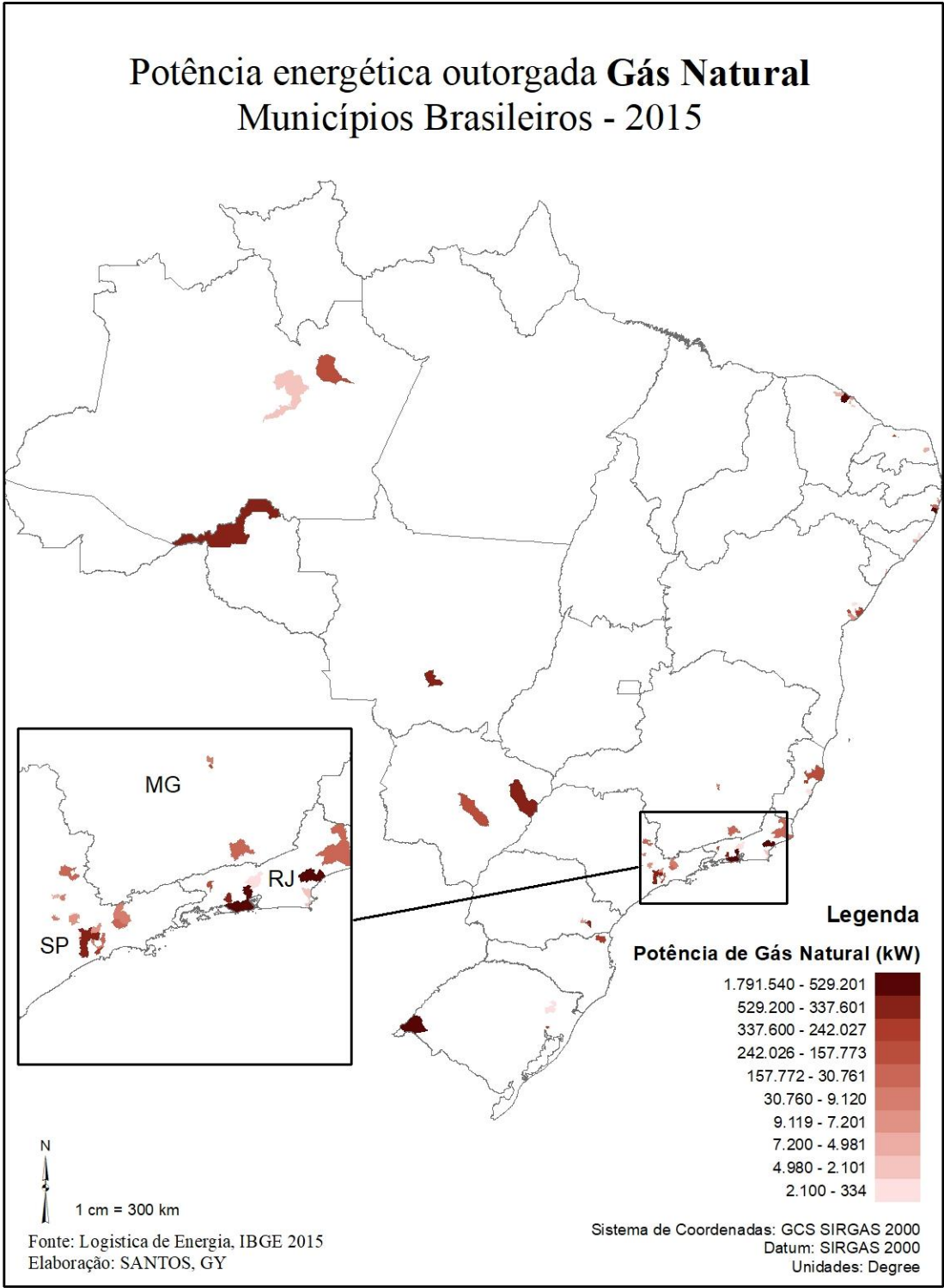
Elaboração: SANTOS, G. Y. Fonte: IBGE, 2015, Logística de energia.

Mapa 1 - Potência outorgada total por municípios brasileiros.



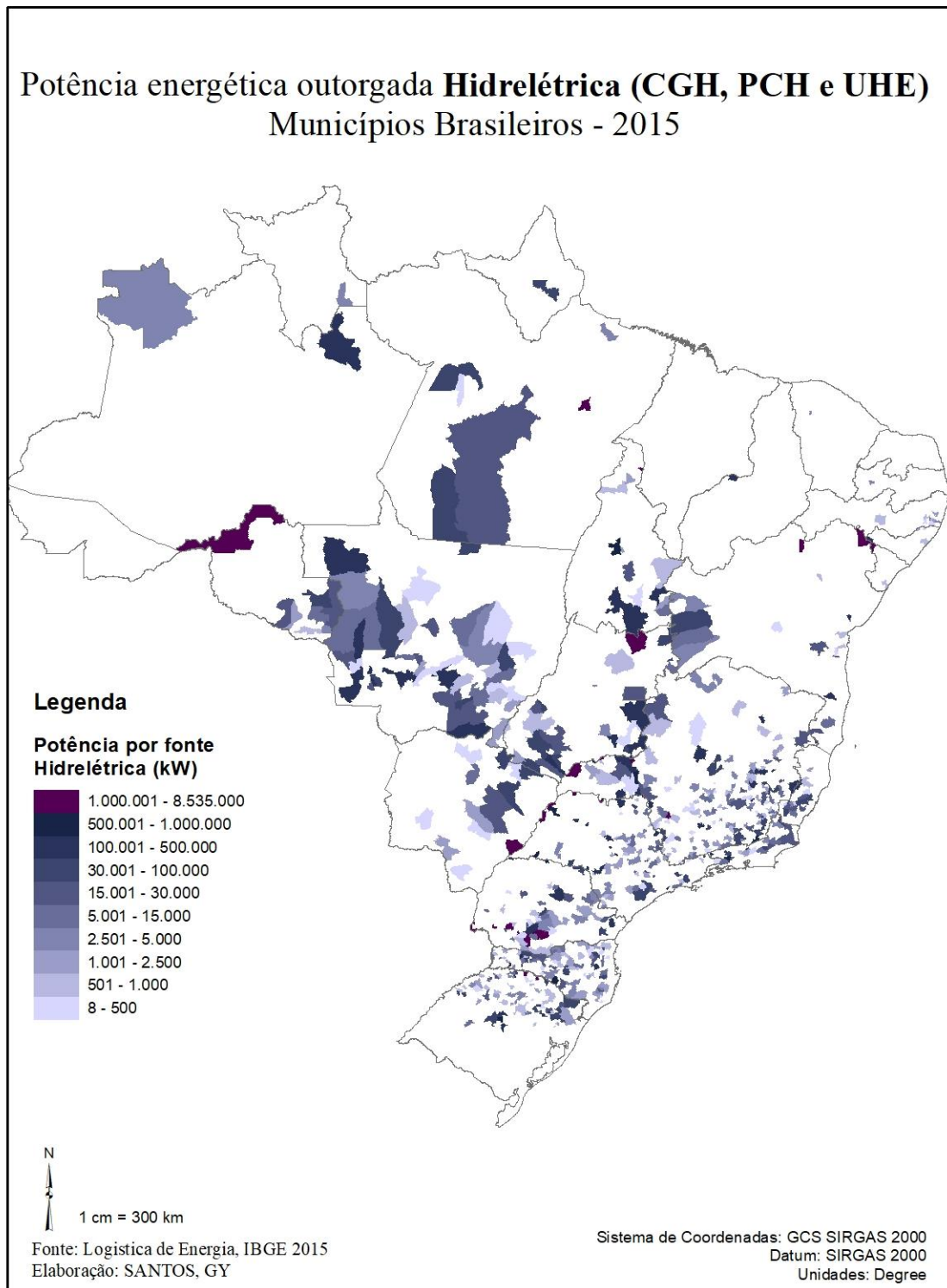
Fonte dos dados: IBGE, 2015.

Mapa 2 - Potência outorgada de Termelétricas de funcionamento a Gás Natural.



Fonte dos dados: IBGE, 2015.

Mapa 3 - Potência outorgada para Hidrelétricas.



Fonte dos dados: IBGE, 2015

Cada espaço do território brasileiro apresenta vantagens e desvantagens para as diversas fontes energéticas que se inserem em nosso território. Vemos que nos municípios do litoral nordestino há condições favoráveis à exploração de energia eólica, ao mesmo tempo que não há a exploração hídrica.

A energia elétrica do território brasileiro faz conexão a partir do Sistema Interligado Nacional (SIN), no qual todo o sistema de produção e transmissão de energia elétrica é conectado pelo território nacional. Para algumas áreas isoladas na região norte, o sistema elétrico é abastecido pelos Sistemas Isolados integrados ao SIN.

Por meio da gestão do SIN, o consumidor final apresenta maiores garantias do sistema, já que a produção não necessariamente está condicionada às características locais, ou seja, apesar da fonte elétrica ter uma presença significativa de hidráulica não significa que uma cidade, município ou região sejam abastecidos apenas por uma fonte.

A porção central do Brasil, principalmente no Estado do Mato Grosso do Sul, apresenta capacidades exploratórias diversas, tendo termelétricas de Gás Natural, hidrelétricas, energia por Biomassa.

O Estado de São Paulo pode ser visto no Mapa 4, apresentando todos os 645 municípios e a potência distribuída pelo estado. Do total, 269 municípios contam com algum tipo de geração de energia. Apenas o município de São Paulo apresenta uma potência outorgada de 1.010.083 kW e o Estado uma potência de 28.950.615 kW (Tabelas 2 e 3).

Tabela 2 - Potência outorgada em 2015 no Estado de São Paulo.

Combustível	Potência Outorgada (kW)
Bagaço de Cana de Açúcar	9.886.113
Biogás	14.841
CGH	1.134.084
Enxofre	8.366
Eólica	3.197
Gás de Alto Forno	2.238
Gás de Processo	7.238
Gás de Refinaria	23.582
Gás Natural	1.917.944
Licor Negro	2.008
Óleo Combustível	24.538
Óleo Diesel	4.561.910
PCH	9.195.607
Radiação Solar	317.210
Resíduos de Madeira	89.378
UHE	1.762.362
Total Geral	28.950.615

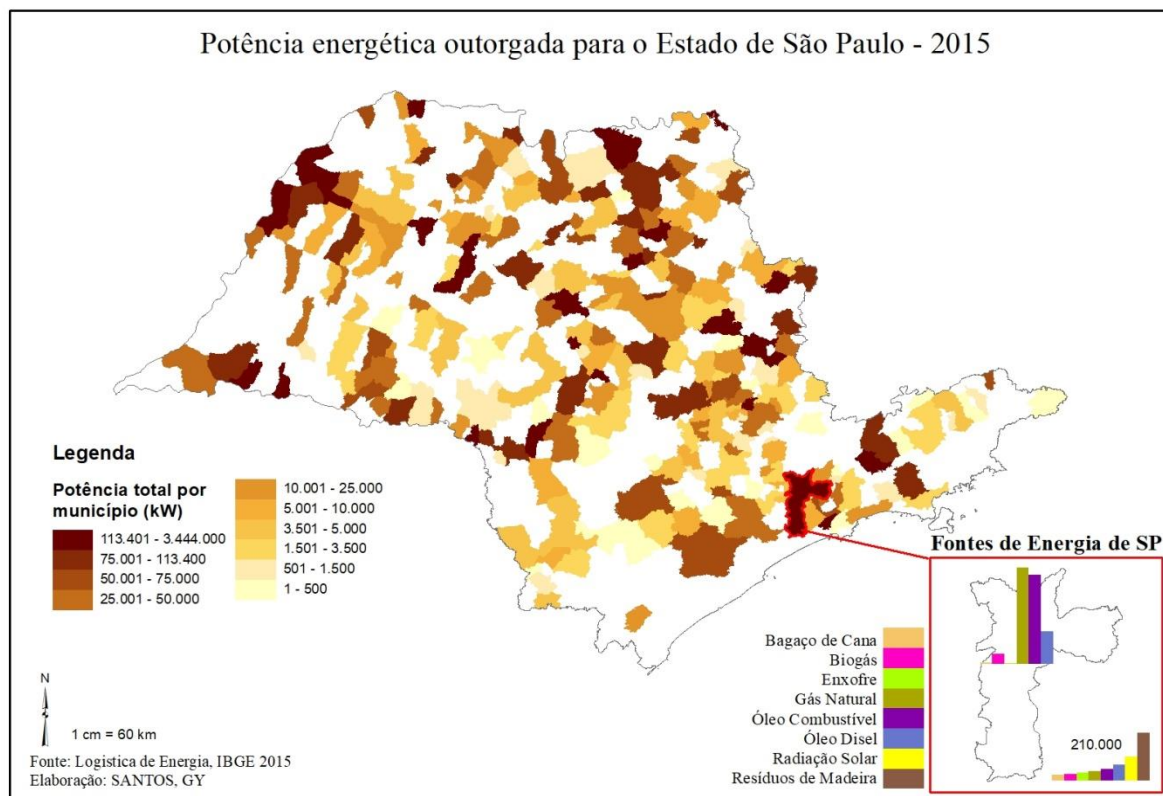
Elaborado por: SANTOS, G.Y. Fonte dos dados: IBGE, 2015

Tabela 3 - Potência outorgada em 2015 no município de São Paulo.

Combustível	Potência Outorgada (kW)
Bagaço de Cana de Açúcar	7.600
Biogás	44.640
Enxofre	5.000
Gás Natural	419.969
Óleo Combustível	390.000
Óleo Diesel	142.830
Radiação Solar	17
Resíduos de Madeira	27
Total Geral	1.010.083

Elaborado por: SANTOS, G.Y. Fonte dos dados: IBGE, 2015

Mapa 4 - Potência energética total do Estado de São Paulo em 2015.



Fonte dos dados: Logística de Energia, IBGE (2015).

Podemos perceber que não há padronização única e exclusiva para a localização da área produtora de energia, e sim a tentativa de aproveitamento dos recursos disponíveis.

A empresa responsável pela distribuição elétrica na cidade de São Paulo é a Eletropaulo, que através dos seus sistemas de distribuição capta a energia do SIN de acordo com as características de produção sazonal de cada área para a redistribuição e abastecimento citadino.

O mesmo serve para a Comgás, empresa responsável pela distribuição de gás na cidade de São Paulo. Mesmo a cidade apresentando como maior fonte produtora advinda de termelétrica por gás natural, seguida da de Óleo Combustível, a Comgás tem como principal fonte de abastecimento de gás natural para a distribuição do gás importado da Bolívia, através do gasoduto Gasbol.

A cidade de São Paulo produz energia advinda da fonte de Gás Natural, entretanto não apresenta exploração de nenhuma jazida onshore⁸ de GN. O gás é transportado via gasodutos até as termelétricas advindas do Rio de Janeiro e litoral paulistano, entretanto a principal origem de abastecimento é o gás da Bolívia.

2.1 Características de sistemas produtores

Mesmo com nenhuma produção interna de energia por fonte hidrelétrica no município de São Paulo, analisamos as funcionalidades básicas da produção por hidrelétricas já que é a principal fonte de energia elétrica da matriz brasileira.⁹

De acordo com Tolmasquim (2011) “as grandes centrais hidrelétricas, existentes e planejadas, estão distantes dos principais centros de carga, o que enseja fluxos de energia entre as diversas regiões do país (...) que tem como principal objetivo usar da melhor forma os estoques de água nos reservatórios”(p 74), mas que ainda assim não são capazes de abastecer a todos os centros urbanos e rurais.

A outra infraestrutura analisada foi a da produção de termelétricas abastecidas por gás natural, para estruturar o estudo de caso.

2.1.1 Geração Hidráulica

Mesmo sendo considerada uma energia “limpa”, a geração de energia elétrica pelas hidrelétricas apresenta aspectos positivos e negativos, dependendo do contexto em que se encontram.

Para a implementação de hidrelétricas é necessário que o território conte com o abastecimento de rios caudalosos e que apresente pelo menos uma relação de 10W de potência por metro quadrado de área inundada (PERIUS, 2012).

⁸ Exploração onshore representa as jazidas encontradas na parte terrestre do continente e as offshore exploradas no mar.

⁹ As usinas elevatórias de Traição e Pedreira não são contabilizadas como usinas geradoras de energia para a cidade de São Paulo. A principal função das usinas é abastecer o reservatório Billings durante os períodos de cheia dos rios. (EMAE).

“Historicamente, os procedimentos de avaliação ambiental e de gestão ambiental sempre foram iniciados em etapas tardias dos projetos hidrelétricos” (SOUSA, 2000, p17), o que também pôde contribuir para uma construção do ideal de que os impactos ambientais provocados pelas hidrelétricas sejam mínimos.

O projeto da Usina de Belo Monte pôde trazer o debate dos aspectos sociais da criação de uma usina e quais os entraves e impactos locais que tal obra causa. Outra usina que trouxe o projeto para debate foi a construção da usina de Balbina, que apresenta 2.250 km² de área alagada com a capacidade instalada de 250 MW de energia.

Ainda de acordo com Tolmasquim (2011) “o potencial hidrelétrico brasileiro é estimado em 260GW, dos quais apenas 30% já foram aproveitados. Aproximadamente 40% desse potencial estão na região Norte”. (p.74)

As hidrelétricas são divididas de acordo com o tamanho e potencia de produção elétrica. O quadro 1 abaixo apresenta as principais características pela potencia instalada.

Quadro 1 -Diferenças entre CGH, PCH e UHE pela potência instalada.

Tipo	Características
Central Geradora Hidrelétrica (CGH)	Potência Instalada de até 1,0 MW
Pequena Central Hidrelétrica (PCH)	Potência Instalada entre 1,0 MW e 30,0 MW e que atenda as condições de área citadas na Resolução N° 652 da ANEEL
Usina Hidrelétrica (UHE)	Potência Instalada maior que 30,0 MW

Fonte: Setani e Braun, 2014.

Os maiores impactos gerados pelas hidrelétricas no quesito ambiental estão relacionadas às barragens que afetam a correnteza do rio e imunda áreas. Essa alteração modifica a dinâmica do ambiente, seja da fauna marinha, como dos sedimentos, estrutura química e temperatura dos rios.

No quesito social, a principal alteração se dá no local e no uso que as comunidades locais apresentavam com o ambiente e até mesmo um aumento na incidência de doenças (Sousa, 2000).

“Elas são consideradas e promovidas como uma fonte de energia comparativamente limpa, de baixo custo, renovável, que utiliza de tecnologia comprovada. (...) Uma vez implantadas, as hidrelétricas, como todas as fontes renováveis, são consideradas de baixo custo operacional e longa vida útil, em especial as a fio d’água e as barragens em que o problema de sedimentação é insignificante. São especialmente atrativas nos países que dispõem de fontes limitadas de combustíveis fósseis, exigindo importações. Numa escala global, os níveis atuais de geração hidrelétrica equivalem ao consumo diário de 4,4 milhões de óleo na geração elétrica térmica, ou 6% da produção de óleo (WCD, 2000)” (Pimentel, 2004, p28).

O Brasil apresenta um grande diferencial ao ter em sua matriz a participação expressiva dessa fonte juntamente com outras, como a Biomassa, sendo uma matriz “limpa” por lançar menos poluentes na atmosfera.

Além da produção através de energia limpa, as hidrelétricas apresentam os benefícios de utilizarem um recurso “inesgotável, naturalmente reciclável, indestrutível e reproduzível” (VENTURI ano, cap. 8, p.1) como fonte energética, podendo ela estar muito mais próximas aos centros consumidores, levando em consideração potencialidade produtora e a capacidade exploratória local.

As barragens, apesar de alterarem a biota local com a inundação, também apresentam a característica de recuperação da qualidade das águas, a partir da oxigenação das águas após a passagem pelas turbinas.

2.2.2 Gás natural

Na contrapartida às hidrelétricas, temos a geração de eletricidade a partir das termelétricas movidas a gás natural, consideradas mais limpas quando comparadas às termelétricas movidas a outros combustíveis fósseis. Esse fator elevou o gás natural à nomenclatura de “gás do futuro” como propaganda para sua utilização.

Mesmo também sendo um combustível fóssil, o GN apresenta um alto poder calorífico em sua queima, variando de 8.000 a 12.700 kcal/kg, elevando-o a uma classificação de transitório entre os combustíveis fósseis como carvão, e as energias limpas, como as hidrelétricas. (REIS, 2011)

No Brasil, as termelétricas começaram a ganhar mais espaço na produção elétrica a partir do ano de 1999, devido à crise no setor de abastecimento. No ano de 2000 foi criado pelo governo o Programa Prioritário de Termelétricidade (PPT) como forma de “reduzir a dependência das condições hidrológicas desfavoráveis e diminuir a vulnerabilidade do sistema” (UDAETA et al, 2010, p 197).

O gás natural é um hidrocarboneto que apresenta em sua maior parte o gás do tipo metano (taxas superiores a 70% da composição) e outros gases como: propano, nitrogênio, oxigênio, etano e enxofre. A *qualidade* da composição está relacionada à jazida de exploração.

Sua combustão libera produtos de dióxidos de carbono e vapor d'água. Quanto maior a porcentagem de metano, maiores as taxas de CO₂ liberadas em relação aos outros gases componentes do gás natural, como o CH₄ e NO₂. Das características que elevam o gás natural, também está presente o item segurança, já que é um composto menos denso que o ar atmosférico, oferecendo menores riscos à saúde e a possibilidades de explosões, pois tem mais facilidade de dispersão atmosférica do que o gás de cozinha, GLP. (GASNET, 2013).

As termelétricas que funcionam à base de gás natural apresentam então como características positivas a confiabilidade no sistema (não depende dos regimes hídricos e fluviais como as hidrelétricas), apresentam menor tempo de construção (levam entorno de 1 a 3 anos) e podem ser instaladas próximas aos centros consumidores.

Pimentel, em seu estudo minucioso sobre os impactos de barragens, apresenta os aspectos negativos da geração das termelétricas a gás:

“Um dos maiores problemas é a quantidade de água necessária ao resfriamento de uma central termelétrica a gás. Além do volume de água captada, tem-se as perdas por evaporação e o impacto devido ao despejo de efluentes. A demanda média de água de uma central termelétrica em ciclo a vapor simples é da ordem de 94m³/mWh e, para ciclos combinados, de 40 m³/mWh (BAJAY et al., 2000 apud ANEEL, 2002.)

Com relação à poluição atmosférica, essas usinas emitem óxidos de nitrogênio (NO_x), entre os quais o dióxido de nitrogênio (NO₂) e o óxido nitroso (N₂O). O NO₂ é um dos principais componentes do “smog” (mistura de fumaça com poluentes e de nevoeiros, que se forma sobre grandes centros urbanos e industriais, sob determinadas condições atmosféricas) e tem efeitos negativos sobre a saúde humana e a vegetação. Ainda piores se combinado ao dióxido de enxofre (SO₂), por exemplo. O NO₂ é um dos gases responsáveis pelo efeito estufa e também contribui com a redução da camada de ozônio” (Pimentel, 2004, p59)

Por ser um recurso natural mineral não renovável, o gás natural para a geração de energia apresenta uma combustão permanente e como consequência uma poluição constante enquanto recurso produtor.

3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Para a realização desta pesquisa a cidade de São Paulo foi definida como o caso específico de estudo, levando-se em consideração sua representatividade no contexto de ambientes urbanos de alta demanda de energia.

São Paulo abriga mais de 11.253.503 habitantes (dados do último censo de 2010, para a estimativa do ano de 2017 o IBGE já contabilizava 12.106.920 habitantes) dispostos em uma área de 1.521,11km², equivalentes a 7.398,26hab/km².

Comparativamente, a cidade de São Paulo apresenta uma população aproximada a de Portugal, com 10 milhões de habitantes, em uma área de 92.212km²; nesse comparativo a área da cidade de São Paulo caberia 60 vezes dentro de Portugal.

São Paulo localiza-se:

Na região sudeste, onde as relações capitalistas de produção se ampliaram de forma mais intensa e onde historicamente elas precederam as grandes transformações nas relações capitalistas de trabalho, as taxas de urbanização apresentam-se bem mais elevadas. A grande industrialização das suas cidades e o respectivo impacto gerado pela mesma no campo favoreceram essa urbanização (ROSS, 2011, p. 392)

Os usos energéticos e seus devidos impactos estão diretamente relacionados à população local, ao tipo de consumo da sociedade e quais as disponibilidades energéticas. Como visto até então, o Brasil tem o benefício de dispor de uma grande variedade de recursos, sendo eles aproveitados e interligados no seu sistema de distribuição, no qual São Paulo, além da produção interna de energia, conta com a importação de 63% da energia elétrica necessária para o consumo interno. (PORTAL DO GOVERNO, 2018)

A capital do Estado de São Paulo concentra o maior consumo de energia de praticamente todos os recursos¹⁰, totalizando para o ano base de 2016 um consumo de 8.214x10³ toe, equivalente a 19,6% do total do Estado apenas para a Capital.

Partindo da ideia do abastecimento e segurança de abastecimento energético da cidade de São Paulo, o objetivo da pesquisa foi conhecer quais os efeitos da alteração da matriz energética residencial, na escala de análise da cidade de São Paulo, a capital do Estado que detém a mesma nomenclatura, localizada na região sudeste do país. O foco no setor residencial justifica-se pelo

¹⁰ A cidade de São Paulo não lidera o ranking apenas para o consumo de Gás Natural Comprimido (GLP), para os consumos de Energia Elétrica, Gás Natural, Etanol Hidratado e Derivados de Petróleo a cidade aparece como primeira colocada com folga.

fato de a pesquisa ter a perspectiva do bem estar da população, além de ser um setor mais regular quanto ao uso de energia, quando comparado com aos usos industriais, por exemplo.

No estudo em específico, foi proposto um cenário de uso equitativo de eletricidade e GN, o que seria alcançado apenas pela a troca de equipamentos de funcionamento à base de energia elétrica para os de funcionamento a gás, em que todas as residências pudessem ter a mesma condição. O caso hipotético desenhado pela pesquisa para efeito de cálculos foi de que:

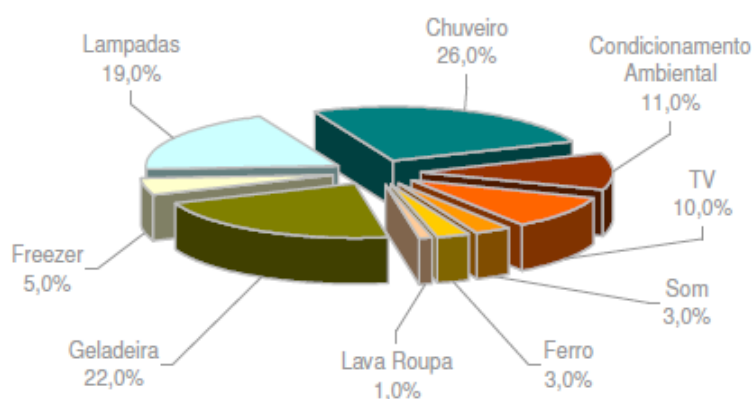
- 1 Todos os chuveiros residenciais funcionam exclusivamente a base de energia elétrica;
- 2 Todos os chuveiros passariam a ter seu funcionamento exclusivo pelo abastecimento a gás.

Para isso, foi necessário reconhecer a participação do chuveiro nos usos finais residenciais e qual a porcentagem de energia útil ele é responsável.

3.1 Metodologia de cálculo da participação do gás nos usos finais residenciais

A participação dos equipamentos elétricos no uso final residencial na região sudeste brasileira baseia-se nos dados do Procel e Eletropaulo, na Pesquisa de posse de equipamentos e hábitos de uso, mostrada na figura 5 abaixo.

Figura 5 - Participação dos equipamentos elétricos nos usos finais residenciais da região Sudeste.



Fonte: Procel, (2007).

No que diz respeito ao uso de gás, foram usados dados do balanço de energia útil do Estado de São Paulo (2017), que representa a quantidade de energia, de acordo com as diferentes fontes, necessária para suprir a demanda energética residencial (tabela 4).

Tabela 4 - Balanço de Energia do Estado de São Paulo – 2017 (ano base 2016).

Energéticos	Energia Final (10³ tep)	Energia Útil (10³ tep)	%
Lenha	430	43	2%
GLP	1341	671	22%
Gás Natural	248	136	4%
Eletricidade	3278	2164	72%

Elaborado por: SILVA, P. Fonte dos dados: Balanço energético do Estado de São Paulo, 2017.

Ao comparar as fontes de energia em sua base útil¹¹, buscamos comparar o serviço originado por determinada quantidade de energia final (forma de energia pronta para ser consumida). Isto permite a comparação de recursos energéticos que possuem uma eficiência diferente. Percebemos, portanto, que se queima mais lenha que gás natural, pois a energia final da lenha é superior; entretanto, o serviço energético de origem da queima do gás natural é superior, pois sua energia útil é maior.

Considerando que a lenha e o GLP são utilizados principalmente para cocção e que 70% do gás natural também é utilizado para este fim, temos 27% do total da energia útil residencial. Quanto à eletricidade, repartimos o valor de 2164 x10³ tep de acordo com os principais eletrodomésticos que foram sugeridos pelo PROCEL (figura 3), colocando os chuveiros elétricos com uma energia média de 562x10³tep para São Paulo.

3.2 Metodologia para o cálculo de consumo de gás

Para que tornasse possível o mapeamento das emissões ocasionadas pela alteração matricial, utilizamos como escala para base de estudo e dos cálculos as divisões propostas e utilizadas pelo IBGE dos setores censitários, em que a média da alteração de 562x10³tep de energia elétrica para gás fosse ligada não somente ao balanço energético total, mas levando em consideração características locais, como densidade populacional, rede de infraestrutura elétrica e a áreas de abastecimento.

Para isso, inicialmente, foram aglutinados “dados brutos”, apresentando como fonte as informações do último censo realizado pelo IBGE – para renda, população e quantidade de banheiros e de chuveiros por domicílios; e os dados fornecidos pela companhia de

¹¹ A diferenciação entre as energias são: é considerada **energia primária** a fonte energética que entra inicialmente no sistema e **energia final** a energia disponibilizada (seja ela na forma de eletricidade, combustível, gás, etc). A **energia útil** é a energia utilizada pelo equipamento, descontando as perdas energéticas.

abastecimento elétrico de São Paulo, Eletropaulo, com valores de consumo de energia elétrica residencial.

A tabela 5 a seguir, mostra o montante de dados primários estudados:

Tabela 5 - Base de dados brutos.

Base	Variável	Fonte
I	Código IBGE do Setor Censitário	IBGE Censo 2010
II	Nome do Conjunto Elétrico	Eletropaulo
III	Área do Setor Censitário	Cálculo SIG
IV	Área do Conjunto Elétrico	Cálculo SIG
V	Renda por Setor Censitário	IBGE Censo 2010
VI	Número de Domicílios do Setor Censitário	IBGE Censo 2010
VII	Número de Banheiros por Setor Censitário	IBGE Censo 2010
VIII	Consumo de energia elétrica residencial por conjunto elétrico	Eletropaulo

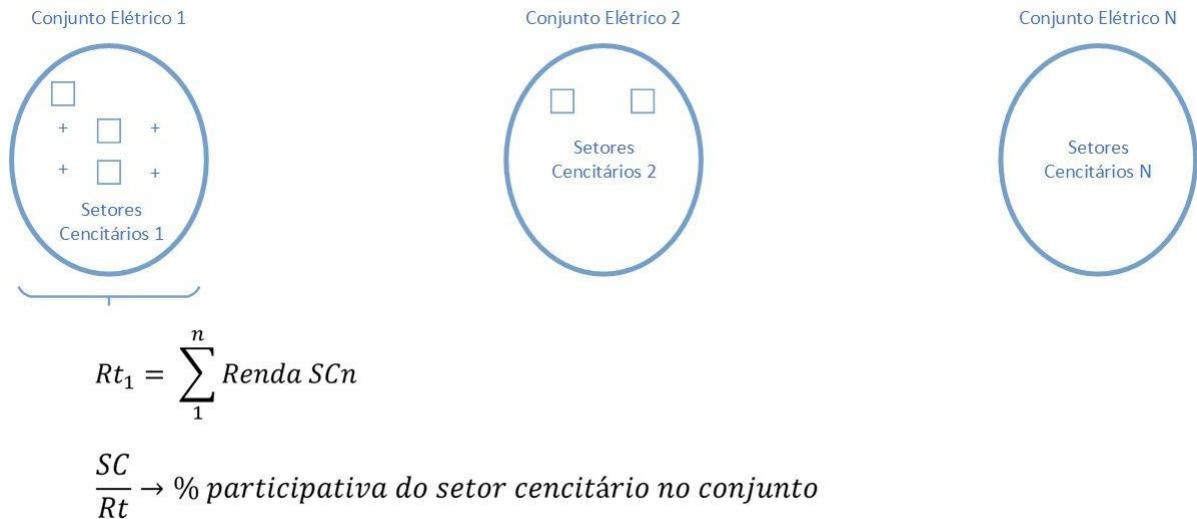
Elaborado por: SANTOS, G.Y. Fonte dos dados: IBGE (2010) e Eletropaulo (2014).

Como a base de dados da Eletropaulo encontra-se delimitada nos *conjuntos elétricos* (recorte estabelecido e gerenciado pela Eletropaulo) por ano em kWh (quilowatt hora) foi estabelecemos uma ponderação com base na renda total de cada setor censitário ali presente para a equiparação com os dados do IBGE.

A escolha da ponderação pela renda sucedeu-se pelos indicativos de que quanto maior a renda, maior o consumo elétrico.

Em razão de estabelecermos a equiparação das fontes de energia elétrica e gás foram seguidos os seguintes passos:

- 1 Para cálculo do consumo elétrico residencial por setor censitário foi necessário somar a renda total de cada setor censitário dentro do seu conjunto elétrico participante e averiguar a porcentagem relativa a cada um dos setores censitários:



Onde:

Rt: Renda total

SC: Renda do Setor Censitário

SC_{RT}: Porcentagem da renda pelo conjunto

2. Averiguar o Consumo elétrico residencial por setor censitário

$$CESC = \frac{SC}{Rt} * C$$

Onde:

CESC: Consumo elétrico por setor censitário

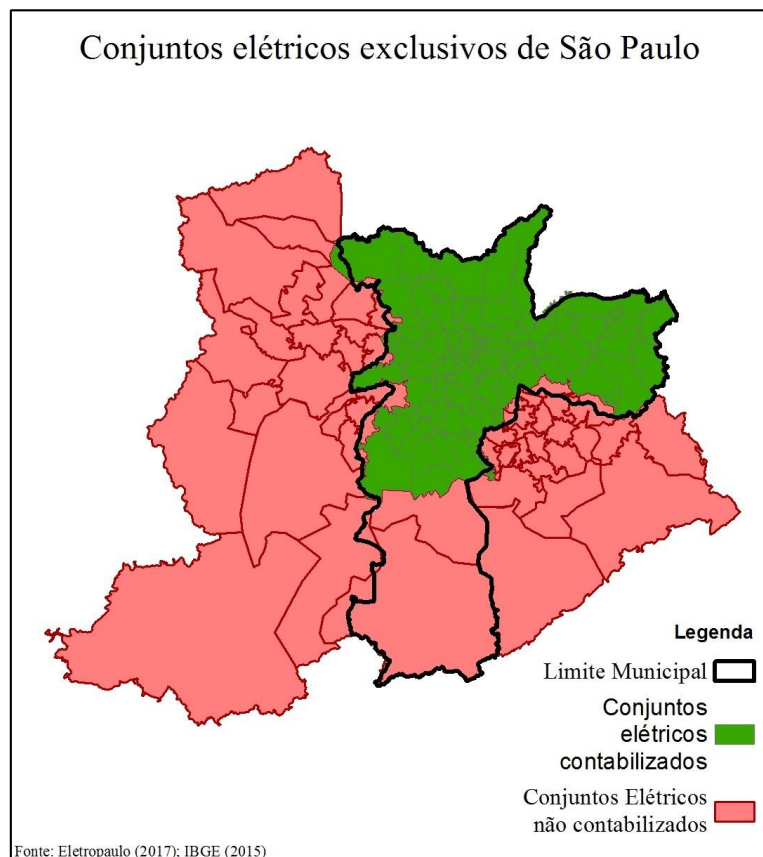
C: CMMTRE (kWh) (Consumo de energia elétrica residencial por conjunto elétrico).

Os valores resultantes para cada um dos setores censitários, ponderados pela renda, foram subdivididos em duas parcelas: os setores censitários que estavam contidos em conjuntos elétricos de uso exclusivo dentro da cidade de São Paulo e os setores censitários contidos em conjuntos elétricos não exclusivos de São Paulo. Essa distribuição exposta na figura 4 tem como finalidade a atenuação dos erros gerados pela generalização.

Ou seja, foram excluídos dois conjuntos elétricos no extremo sul da cidade de São Paulo por eles representarem não somente a cidade de São Paulo, e sim a região metropolitana da cidade. A população beneficiada por esses conjuntos não apresenta uma interligação real e ou aproximada com os dados locais para essas áreas especificamente.

A figura 6 demonstra os conjuntos elétricos destacados em verde mantidos para os cálculos posteriores e os não mais contabilizados em vermelho.

Figura 6 - Conjuntos elétricos de São Paulo.



Fonte: Eletropaulo (2017) e IBGE (2016).

Como só foram usados para cálculos os setores censitários pertencentes a São Paulo, assim como todos os outros dados de população, renda e distribuição residencial, não houve necessidade de utilizar dados que não representam o conjunto elétrico.

A continuidade da elaboração dos dados foi então mais uma vez restringida para apenas as áreas estabelecidas, de acordo com o uso de classe de solos da prefeitura de São Paulo, para as áreas residenciais.

A tabela 6 a seguir mostra a sequência dos cálculos, seguidos de 1 a 13 para a efetivação dos cálculos e suas respectivas medidas.

Tabela 6 - Compilação dos dados.

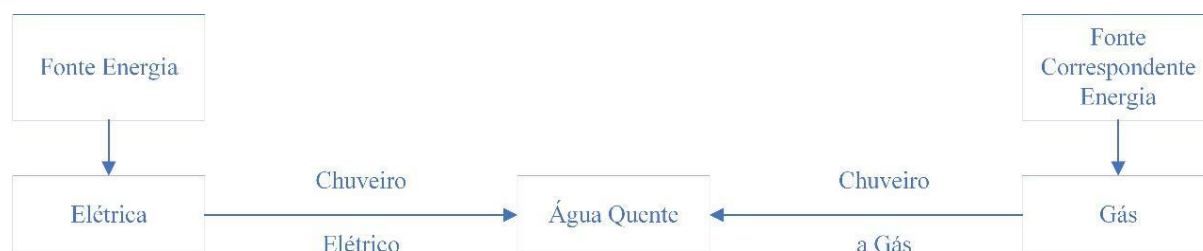
Base	Variável	Medida
1	Soma da renda do Setor Censitário no Conjunto Elétrico	R\$
2	Renda SC/Renda total - % Renda pelo conjunto	%
3	Consumo elétrico residencial por Setor Censitário	%/kWh ?
4	Consumo do Chuveiro (kWh elétrico)	kWh (elétrico)
5	Energia útil - água quente (kWh térmico)	kWh (térmico)
6	Energia útil - água quente (kcal)	kcal
7	Energia térmica proveniente da queima do gás (kcal)	kcal
8	Volume de gás para liberar energia térmica	m ³
9	Energia térmica proveniente da queima do gás (TJ)	TJ
10	Emissão de CO ₂ pela queima de gás natural	kg CO ₂
11	Emissão de CH ₄ pela queima de gás natural	kg CH ₄
12	Emissão de NO ₂ pela queima de gás natural	kg NO ₂
13	Emissão total em CO ₂ equivalente	kgCO ₂ eq

Fonte: compilação e elaboração pelo grupo 28 do RCGI.

A partir do passo 4, mantivemos os cálculos apenas para os setores censitários das áreas destacadas em verde na figura 6.

O processo até a equiparação da energia média gasta para os chuveiros foi realizado seguindo o seguinte processo: tendo como base os dados da fonte de energia elétrica disponibilizados pela Eletropaulo, delineamos o caminho para descobrir, a partir dos kWh, passando pelas perdas energéticas da utilização do chuveiro elétrico, o quanto de energia útil, no caso, água quente, resultaria dessa fonte energética elétrica.

Conhecido o total de energia útil, em quilocalorias, os dados foram processados no caminho inverso, sendo atribuídas as perdas dos chuveiros a gás e a energia térmica do gás para descobrir o valor correspondente para a fonte de energética a gás, em metros cúbicos, seguindo a figura 7 para visualização do processo.

Figura 7 - Fluxograma do processo.

Elaboração: SANTOS, G.Y.

A partir do consumo elétrico médio, base do Sudeste, de 26% da energia total do consumo elétrico residencial, descontamos as perdas do consumo para o chuveiro elétrico resultando na energia útil em kWh térmico.

$$CON_{CHU} = CESC * 0,26$$

$$EU_{kWh} = CON_{CHU} * 0,95$$

Onde:

EU_{kWh} : Energia útil de água quente (kWh térmico)

CON_{CHU} : Consumo do chuveiro (kWh elétrico)

A transformação de kWh térmico para kcal é dada pela multiplicação do fator 859,8456, resultando na energia útil que foi necessária para aquecer a água.

Com o resultado da energia útil, estabelecemos a ordem inversa do processo de transformação: da energia útil para o meio da transformação (chuveiro a gás) para a fonte energética gás.

As perdas calculadas para os chuveiros a gás são de 72%, logo a Energia útil (kCal) deve ser dividida pela perda do chuveiro, resultando na energia térmica proveniente da queima do gás em kCal

$$ET_{GNkcal} = \frac{EU_{Kcal}}{0,72}$$

Para a transformação da energia térmica para volume de gás seguimos a conversão estabelecida pela ANP (2015), onde o PCI¹² do gás natural seco é de 8800 kcal/m³.

Assim temos que o volume do gás (m³) liberado para a mesma quantidade de kWh elétrico dá-se pela função:

$$Vol_{gas} = \frac{ET_{GNkcal}}{8800}$$

¹² PCI – poder calorífico inferior (MJ/kg)

O montante resultante para $3.154.674,07 \times 10^6$ kWh elétrico¹³, ou 271×10^3 tep (ou 271 ktep), pertencente a 16.436 setores censitários, no qual seria necessário, em média, um volume de abastecimento correspondente a $46.216,87 \times 10^3$ m³ para o gás natural.

Utilizando a tabela de conversão da Petrobras, que estabelece que cada metro cúbico de gás natural equivale a aproximadamente 10,8kWh, chegamos ao resultado: $46.216,87 \times 10^3$ m³ de gás seriam equivalentes a 4.292 tep.

Nesse estudo hipotético, os chuveiros contabilizados corresponderam a 48% da energia estimada pelo cálculo, levando em consideração os dados do Balanço de Energia do Estado de São Paulo do ano de 2017 (ano base 2016), para os 562×10^3 tep calculados inicialmente.

Pensando no montante dos setores censitários não contabilizados por exclusão das áreas em que o uso residencial não é majoritário e em que os conjuntos elétricos não pertenciam exclusivamente a cidade de São Paulo, podemos crer que a sequência estabelecida para cálculos não apresenta inconsistências significativas, podendo inferir que os números calculados e mapas gerados possam ser utilizados como estimativa para a região de análise.

¹³ Para as conversões de kWh em tep foram utilizado as tabelas de Conversão do Atlas de Energia Elétrica do Brasil.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No capítulo anterior foram obtidos os valores finais referentes à transformação dos chuveiros elétricos em chuveiros a gás e suas respectivas alterações na matriz energética.

Neste estudo, caso os 16.436 setores censitários correspondentes a 3.299.528 domicílios alterassem o chuveiro de funcionamento elétrico para de funcionamento a gás, reduziria a necessidade energética elétrica aproximada de 12,5% para a cidade de São Paulo.

Lembrando que para esse resultado partimos do balanço geral de energia do Estado de São Paulo com uma energia útil, do ano de 2017 (ano base 2016), gasta de 2.164×10^3 tep no qual os chuveiros elétricos gastam em média 26% desse total (562×10^3 tep). A substituição geraria uma redução de 271×10^3 tep do valor total, ou seja, 12,5%.

Enquanto que, na fonte energética correspondente, teria um aumento de 4.292 tep, equivalentes aos $46.216,87 \times 10^3$ m³ acionados ao sistema. No mesmo balanço energético de São Paulo, o uso apenas de gás natural para o mesmo ano foi de 136×10^3 tep, resultando a necessidade de um aumento de fornecimento de 3,1%.

4.1 Correspondência em emissão de gás

Os resultados demonstram que apenas a alteração de um equipamento de funcionamento elétrico ao qual toda a população tem acesso, alteraria em considerável porcentagem a necessidade do abastecimento energético elétrico para a cidade de São Paulo, enquanto que para a matriz energética a gás natural essa correspondência acrescentaria muito pouco do atual fornecido.

Devemos levar em consideração também que, no caso do uso do gás natural, o setor residencial tem baixíssima expressividade, como explicitado no capítulo 1, item 1.2, com apenas 1,4% da composição da matriz energética residencial.

As maiores demandas de uso para o gás são para a geração de energia elétrica e para fornecimento industrial. Os dados do relatório do Balanço Energético Nacional de 2017 demonstram que apenas essas duas finalidades representaram o consumo de 63,8% de gás para o 2016 e 69% em 2015.

O município de São Paulo, como exposto no capítulo 2, consome energias advindas principalmente do gás natural (usinas termelétricas de Piratininga e Fernando Gasparian) e óleo

combustível. As taxas de emissão de CO₂ já estão calculadas nos balanços energéticos do Estado para a cidade de São Paulo e conseqüentemente já contabilizadas as emissões por setor, inclusive o residencial.

No caso de São Paulo, para o ano base de 2016, o setor residencial teve emissão total de $3,92 \times 10^6$ tCO₂/ano, em que o gás natural contribuía com $0,554 \times 10^6$ tCO₂/ano e o GLP em $3,366 \times 10^6$ tCO₂/ano, ou seja, a emissão de CO₂ total das residências contabiliza apenas e exclusivamente essas duas fontes energéticas. A energia elétrica não é contabilizada, já que os valores calculados devem se apresentar maior que 0,005Mt/ano.

Para obtermos a correspondência em emissão da alteração da fonte energética dos chuveiros em CO₂ equivalentes foi preciso transformar a energia térmica proveniente da queima do gás em TJ (joules $\times 10^{12}$) e multiplicar o valor resultante pelos fatores de emissão para queima de gás natural nos valores equivalentes de CO₂, CH₄ e NO₂.

Os fatores de emissão relativos à combustão de gás natural encontram-se no capítulo 2 da publicação do IPCC denominada 2006 *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, no qual especificam que para o fator de emissão (kg do gás por TJ) para o CO₂ é de 5610, para o CH₄ o fator é 5 e para o NO₂ o fator é de 0,1.

Como resultado final, foram obtidos os valores seguintes da tabela 7:

Tabela 7 - Resultados das emissões.

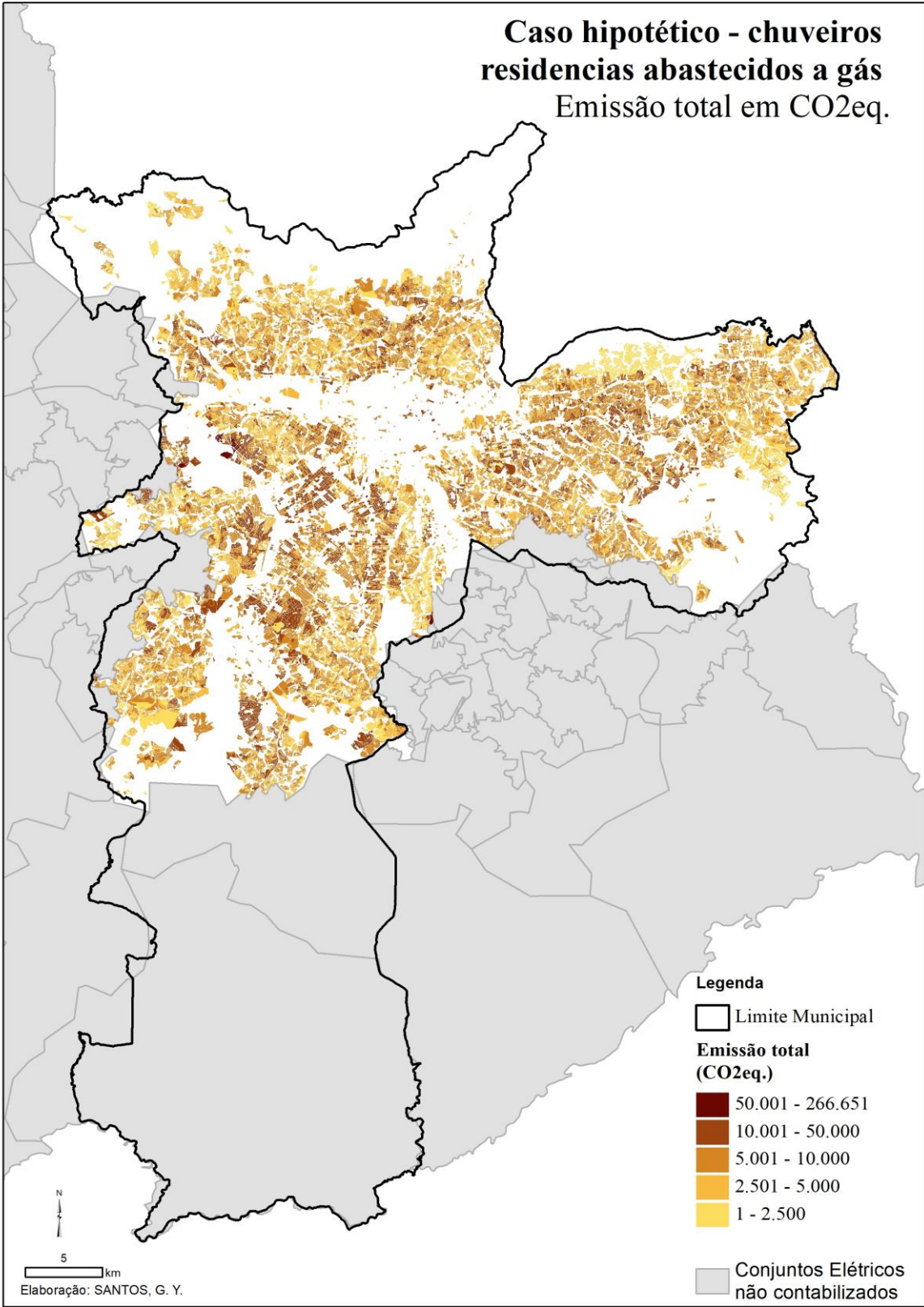
Gás	Fator de Emissão	Resultado obtido na transformação (kgCO ₂ eq.)
CO ₂	5610	95.527.471,220
CH ₄	5	8.514,03
NO ₂	0,1	170,28
CO₂eq total	CO₂ + 25*CH₄ + 298*NO₂	95.791.065,73

Elaborado por: SILVA, P. Fonte dos dados: IPCC, 2006

O valor de 95.791.065,73 kgCO₂eq equivale a 97.791 tonCO₂/ano, o que corresponde a 2,44% do total emitido no ano de 2016 nas residências, ou 17% se levado em consideração apenas o gás natural. O mapa 5 abaixo demonstra a alocação da concentração das emissões neste cenário:

Para efeitos comparativos um carro de porte médio libera 1 tonelada de CO₂ equivalentes a cada 3 mil quilômetros rodados.

Mapa 5 - Emissões totais de CO₂eq no caso hipotético dos chuveiros a gás para os setores residenciais de São Paulo.



Fonte dos dados: Eletropaulo, IBGE.

Por fim, a pesquisa demonstrou que, caso a situação hipotética de um cenário de uso equitativo de eletricidade e gás se concretize dentro da cidade de São Paulo, as emissões residenciais teriam um aumento de 2,44% CO₂ em comparação a uma diminuição de 12,5% no fornecimento de energia elétrica e um aumento de 3,1% no abastecimento de gás natural para o setor residencial.

Outro resultado que vemos é que o chuveiro a gás é menos eficiente. Entretanto, se considerarmos a queima de gás numa termelétrica para produção de eletricidade para um chuveiro elétrico, ele se converte em um chuveiro mais eficiente.

O uso de chuveiro de funcionamento a gás, no entanto, possibilita uma redução de etapas e aumenta a utilização de um recurso energético já existente e com grandes possibilidades exploratórias a uma vazão de uso mais direta, ao invés de transformar diferentes formas de recursos energéticos em elétricos para a posterior utilização residencial.

Pensando nas transformações de energia, um chuveiro a gás costuma ter em média uma eficiência de 72% enquanto que os elétricos de 95% para o aquecimento da água. Se considerarmos a queima de gás numa termelétrica para produção de eletricidade para um chuveiro elétrico, ele se converte em um chuveiro ainda mais eficiente, podendo no caso, ser benéfica a produção a partir das termelétricas.

Por fim, a alteração final da troca dos chuveiros resultou numa alteração de 2,44%. Esse número em porcentagem aparenta baixa representatividade. Mesmo o CO₂ não sendo considerado um poluente seu acúmulo na atmosfera urbana pode contribuir para fenômenos como a inversão térmica que aprisiona os reais poluentes. E assim, teria um impacto negativo indireto na atmosfera.

O GN emite 400 gCO₂/kWh que pode ser comparado com o GLP que emite 500 gCO₂/kWh, ou até mesmo com o petróleo ou o diesel, que apresentam 630 gCO₂/kWh e 690 gCO₂/kWh respectivamente de emissão de CO₂ por kWh produzido (IEA, 2012 apud GRIMONI, 2015).

Reis (2011) em seu livro intitulado “Matrizes energéticas: conceitos e usos de uma nova sociedade” também fornece outro parecer sobre a utilização de GN. Ele demonstra que nos países de clima frio o uso do gás natural para fins residenciais e comerciais é maior já que a demanda por conforto térmico encontra-se de maneira mais gritante, e que o uso do gás natural se torna mais eficiente e menos danoso ao meio ambiente. Já no Brasil, um país de temperaturas

mais amenas, o uso do GN nas residências e comércios fica mais restrito a cocção de alimentos e no aquecimento de água.

Ayoade (2011) explica que para pensar a atmosfera temos que pensar na constante mudança que ela carrega de lugar para lugar e que ela varia não apenas em intensidade de agitação, mas também, na diferença temporal dessa agitação.

Combinado com isso, Grimoni explicita que “a energia e o desenvolvimento são fatores que estão intimamente ligados [...] [*sendo ela*] essencial para a economia, para o desenvolvimento social e para a melhoria da qualidade de vida” (p 27-34, 2015).

Toda e qualquer produção de energia afeta o meio ambiente, o que as diferencia são as diferentes intensidades de alteração e os diferentes níveis de recuperação dos ecossistemas.

5 CONCLUSÕES E REFLEXÕES FINAIS

A pesquisa tinha como objetivo analisar a matriz residencial da cidade de São Paulo e prognosticar os efeitos na atmosfera pelo possível aumento do uso de gás.

Caso todas as residências de São Paulo analisadas trocassem o chuveiro elétrico para o chuveiro de funcionamento a gás teríamos um aumento considerável dos gases de efeito estufa liberados na atmosfera. O aumento se daria na mesma proporção que a quantidade de chuveiros estabelecidos, já que, quando considerado os chuveiros de funcionamento elétrico, eles não emitem os GEE. Na análise exposta esse aumento foi de 97.791 ton CO₂ equivalentes/ano, ou um incremento de 2,44% do total emitido no ano de 2016.

Pontos a serem levados em consideração na pesquisa realizada:

- 1) Não levamos em consideração o balanço atmosférico de toda a cadeia produtiva, e sim, apenas a parte final do consumo; no caso a quantidade liberada de CO₂ equivalente nas residências com a troca dos chuveiros.

Se a energia elétrica, em sua forma útil final, não libera gases contabilizados nos balanços de CO₂, eles podem ocorrer nas partes iniciais da cadeia produtiva, seja na extração do recurso energético, ou na sua própria produção.

- 2) Pela falta de dados para estimativas mais corretas, levamos em consideração números médios para a conversão dos chuveiros. Caso haja a disponibilidade de metros cúbicos de gás por região de atendimento, ou alguma outra divisão espacial, já existente a pesquisa não teria considerado, por exemplo, que todos os chuveiros fossem apenas de uso elétrico e sim realizado uma ponderação sobre as áreas que já apresentam a realidade proposta na pesquisa.
- 3) Também levando em consideração a aproximação dos dados a números médios, não foi levado em consideração a temperatura média na qual o chuveiro a gás estaria trabalhando. Caso um chuveiro a gás esteja estabelecido para aquecer em temperaturas de X°C ocorreriam diferenças de liberação de gás caso a temperatura passasse para X-3°C.

Por fim, buscamos entender por essa pesquisa que a matriz energética de um país é estabelecida pelos recursos que se tem dentro do território, e pelas escolhas que o Estado também faz.

A matriz energética brasileira, por exemplo, teve uma drástica mudança após a crise de abastecimento, que gerou em 2003 o Novo Modelo do Setor Elétrico Brasileiro e também a criação do Programa Prioritário de Termoelectricidade a fim de garantir, pela inclusão de uma fonte energética mais diversificada, a segurança no abastecimento energético.

Hoje em dia, o Brasil apresenta uma alta dependência energética no funcionamento do SIN, considerando a segurança do sistema, dos softwares e das redes transmissoras.

Demonstramos que não apenas a questão ambiental é levada em consideração para a geração e estabelecimentos de políticas públicas para a determinação de qual fonte energética a ser priorizada, mas também, a junção dos elementos e, principalmente, a efetividade para a obtenção dessa energia.

Em suma, vemos que para realizar uma análise de emissões da questão da matriz energética residencial foi necessário averiguar todo o sistema energético e elétrico brasileiro e ter a ciência de que o uso de energia fundamenta-se principalmente em sua oferta e demanda de energia, tendo a segurança energética como outro alicerce.

A troca dos chuveiros para funcionamento a gás movimentaria o setor de distribuição de gás, incrementando em 3,1% o seu fornecimento e consumo. Caso ocorresse tal alteração de cenário as redes de fornecimento a gás teriam de ser incrementadas. As obras locais para aumento da malha de distribuição afetam negativamente o trânsito aumentando o risco de acidentes, perda da pavimentação, transtornos locais que possam afetar o comércio e a qualidade de vida local durante o período de obras.

Dentro desse período, também podem ocorrer vazamentos, atingindo solos, rede hídrica e a atmosfera local; e a própria vegetação existente sofreria com danificações ao seu enraizamento ou até mesmo sua supressão. Entretanto, a partir da rede instalada, apareceriam os benefícios da diversificação energética com a diminuição da dependência exclusiva da rede elétrica para o funcionamento das residências, permitindo inovações tecnológicas. (Udaeta, 2010).

O aumento de 3,1% do uso do GN diminuiria em 12,5% de fornecimento de energia elétrica, que para o setor residencial, diminuiria a ineficiência causada pelos picos de consumo horários diários causados principalmente pela utilização dos chuveiros elétricos.

Esses picos, de acordo com Udaeta (2010), elevam o preço final dos chuveiros elétricos devido à excessiva utilização da infraestrutura da rede elétrica.

Por fim, o cenário proposto no presente trabalho, de diversificação da matriz energética residencial e a implementação de chuveiros de GN acarretaria em um cenário de maior eficiência energética do sistema residencial, tornando a troca benéfica, principalmente pela diminuição dos picos de consumo de energia elétrica além da utilização da energia elétrica para outros equipamentos eletrônicos.

Este cenário também é positivo pela baixa porcentagem de alteração com relação ao cenário atual de emissão de CO₂.

6 BIBLIOGRAFIA

Agência Nacional de Energia Elétrica (Brasil). **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. Brasília: Aneel, 2008.

Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP, "FATORES DE CONVERSÃO, DENSIDADES E PODERES CALORÍFICOS INFERIORES," ANP, Brasília, 2017.

BIG – Banco de Informações de Geração 2018. ANEEL. Disponível em <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm> >

BRANCO, Samuel Murgel. **Conflitos conceituais nos estudos sobre meio ambiente**. Estud. av., São Paulo , v. 9,n. 23,p. 217-233, abr. 1995 . Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40141995000100014&lng=pt&nrm=iso>. acessos em 06 mar. 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40141995000100014>.

BRASIL. IBGE. (Comp.). **Logística de energia**. 2015. Disponível em: <https://ww2.ibge.gov.br/home/geociencias/geografia/redes_fluxos/logistica_de_energia_2015/default.shtm?c=10>. Acesso em: 30 abr. 2018.

BUCUSSI, Alessandro A. **Introdução ao conceito de energia**. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2007.

Censo Demográfico 2010. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: <<http://censo2010.ibge.gov.br>>

COSTA, Camilla. **Mais de 3 décadas após 'Vale da Morte', Cubatão volta a lutar contra alta na poluição**. 2017. Disponível em: <<http://www.bbc.com/portuguese/brasil-39204054>>. Acesso em: 30 abr. 2018.

Diccionario de Geografía Aplicada y Profesional: teminología de análisis, planificación y gestión del territorio. Director TRIGAL, Lorenzo López; coordinadores, José Alberto Rio Fernandes, Eliseu Savério Sposito, Delfina Trinca Fighera – León: Universidade de León, 2015.

ELETROBRAS. **Pesquisa de posse de equipamentos e hábitos de uso, ano base 2005**: Classe Residencial Relatório Brasil. Rio de Janeiro: ELETROBRAS; PROCEL, 2007.

Empresa de Pesquisa Energética (Brasil). **Balanço Energético Nacional 2017: Ano base 2016**. Empresa de Pesquisa Energética – Rio de Janeiro: EPE, 2017.

_____. **Balanço Energético Nacional 2016: Ano base 2015**. Empresa de Pesquisa Energética - EPE, Rio de Janeiro, 2016.

GRIMONI, José Aquiles Baesso et al (Org.). **Iniciação a Conceitos de sistemas energéticos para o desenvolvimento limpo**. 2. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2015. 333 p.

GOLDEMBERG, José; LUCON, Oswaldo. Energia e meio ambiente no Brasil. **Estud. av.**, São Paulo , v. 21, n. 59, p. 7-20, abr. 2007 . Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142007000100003&lng=pt&nrm=iso>. acessos em 06 mar. 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142007000100003>.

HAESBAERT, Rogério. Concepções de território para entender a desterritorialização. In: Território, territórios: ensaios sobre o ordenamento territorial. Rio de Janeiro: Lamparina, 2007, pp43-71

HINRICHS, Roger A. Energia e meio ambiente – tradução da 3 edição norte americana. Org: HINRICHS, Roger A. KLEINBACH, Merlin. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003

IBGE. **Atlas Geográfico Escolar**. 7 edição. Rio de Janeiro: IBGE, 2016.

INSTITUTO ACENDE BRASIL (2016). O Mercado de Gás Natural e Geração Termelétrica. White Paper 16, São Paulo, 40p.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change, "2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 2 Energy," IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006.

LEITE, Antônio Dias. **A energia do Brasil**. 2ed. rev e atual. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

LUIS OLAVO DANTAS (Brasil). Gasnet. **Gás Natural**. 1999. Disponível em: <http://www.gasnet.com.br/gasnatural/gas_completo.asp#gas11>. Acesso em: 30 de abr 2018.

MINISTERIO DAS MINAS E ENERGIA (MME). Matriz Energetica Nacional 2030, nov/2007. Disponível em <<http://www.mme.gov.br/web/guest/publicacoes-e-indicadores/matriz-energetica-nacional-2030>>. Acesso em agosto, 2018.

MIRANDA, Mariana Maia de. **Fator de emissão de gases de efeito estufa da geração de energia elétrica no Brasil**: Implicações da aplicação da Avaliação do Ciclo de Vida. 2000. 164 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Ciências da Engenharia Ambiental, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

MORAES, Antonio Carlos Robert. **Geografia: Pequena História Crítica**. 21. ed. São Paulo: Annablume, 2007. 152 p.

MORAES, Antonio C. de. (Org.). Ratzel. São Paulo: Ática, 1990.

MORAES, Antonio C. de. Território na Geografia de Milton Santos. São Paulo: Annablume, 2013, cap 3 “O retorno do território”: um comentário crítico e algumas ilações contextuais

PADUA, José Augusto. As bases teóricas da história ambiental. **Estud. av.**, São Paulo, v. 24, n. 68, p. 81-101, 2010. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142010000100009&lng=pt&nrm=iso>. acessos em 30 abr. 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142010000100009>.

PERLOTTI,, EDGAR ANTONIO; SANTOS, EDMILSON MOUTINHO DOS; COSTA, HIRDAN KATARINA DE MEDEIROS. Concentração espacial da indústria de São Paulo: evidências sobre o papel da disponibilidade de gás natural. **Estud. av.**, São Paulo, v. 30, n. 87, p. 143-164, ago. 2016. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142016000200143&lng=pt&nrm=iso>. acessos em 30 abr. 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142016.30870009>.

PIMENTEL, Virginia Cleire Ribeiro. **Alternativas de solução para os impactos físicos de barragens**. 2004. 416 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Engenharia Civil, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

PORTAL DO GOVERNO. Governo autoriza instalação de termoeletrica a gás na capital paulista. Disponível em <<http://www.saopaulo.sp.gov.br/spnoticias/governo-autoriza-instalacao-de-termoeletrica-gas-na-capital-paulista/>>

RAFFESTIN, Claude. Por uma geografia do poder. São Paulo: Ática, 1993.

REIS, Lineu Belico dos. Matrizes energéticas: conceitos e usos em gestão e planejamento. Lineu Belico dos Reis – Barueri, sp manoele, 2011 187 pags

RIBEIRO, Wagner Costa. Teorias socioambientais: em busca de uma nova sociedade. **Estud. av.**, São Paulo, v. 24, n. 68, p. 9-13, 2010. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142010000100003&lng=pt&nrm=iso>. acessos em 30 abr. 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142010000100003>.

RIBEIRO, Wagner Costa. Geografia política e recursos naturais. Mercator. V5, p.73 -78, 2004 <<http://www.mercator.ufc.br/index.php/mercator/article/view/135/105>>

_____. Geografia política e gestão internacional dos recursos naturais. **Estud. av.**, São Paulo, v. 24, n. 68, p. 69-80, 2010. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142010000100008&lng=pt&nrm=iso>. acessos em 30 abr. 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142010000100008>.

Roger Perius, Marlon, Bonfim Carregaro, Juliano, PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS COMO FORMA DE REDUÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS E CRISES ENERGÉTICAS. Ensaios e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde [en linea] 2012, 16 (Sin mes) : [Fecha de consulta: 29 de abril de 2018] Disponible en:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=26025448011>>

ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. ANÁLISE EMPÍRICA DA FRAGILIDADE DOS AMBIENTES NATURAIS ANTROPIZADOS. **Revista do Departamento de Geografia**, [S.l.], v. 8, p. 63-74, nov. 1994. ISSN 2236-2878. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47327>>.

_____. **Geomorfologia: ambiente e planejamento**. São Paulo: Contexto, 1990.

_____. O Registro Cartográfico dos Fatos Geomórficos e a Questão da Taxonomia do Relevô. In **Revista do Departamento de Geografia**, nº 6, FFLCH/USP, 1992.

_____. Inundações e Deslizamentos em São Paulo. Riscos da relação inadequada sociedade natureza. In.Territorium, Agosto de 2001.

SÁNCHEZ, Joan-Eugeni. Geografia política. Madrid: Editorial Síntesis, 1992.

SÃO PAULO (ESTADO). SECRETARIA DE ENERGIA E MINERAÇÃO. **Anuário de Energéticos por município no Estado de São Paulo – 2017 ano base 2016**. Secretaria de Energia e Mineração, São Paulo, 2017.

_____. **Balanço energético do Estado de São Paulo 2017: Ano Base 2016**. Secretaria de energia e mineração, São Paulo, 2017.

_____. Matriz Energética do Estado de São Paulo 2035, mar/2011. Disponível em <<http://www.energia.sp.gov.br/portal.php/matriz>>

SETANI, Maurício; BRAUN, Julia Catiane. **Impactos ambientais de centrais geradoras hidrelétricas e pequenas centrais hidrelétricas**. 2014. Disponível em: <<http://www.ciclusambiental.net.br/blog/impactosambientaisdecentraisgeradorashidreletricasepequenascentraishidreletricas>>. Acesso em: 1 nov. 2014.

SOUSA, Wanderley Lemgruber de. **Impacto ambiental de hidrelétricas: Uma análise comparativa de duas abordagens**. 2000. 154 f. Tese (Doutorado) - Curso de Planejamento Energético, Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2000.

SOUTO, RAQUEL DEZIDÉRIO. O papel da geografia em face da crise ambiental. **Estud. av.**, São Paulo, v. 30, n. 87, p. 197-212, ago. 2016. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142016000200197&lng=pt&nrm=iso>. acessos em 30 abr. 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142016.30870012>.

Tolmasquim, Maurício Tiomno. **Novo modelo do setor elétrico brasileiro**. Rio de Janeiro: Synergia; EPE: Brasília, 2011.

UDAETA, Miguel Edgar Morales et al. **Fundamentos e introdução a cadeia produtiva do gás natural**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2010. 272 p.

VENTURI, Luis Antonio Bittar. Recurso Natural: A construção de um conceito. **Geosp: Espaço e Tempo**, São Paulo, v. 09, n. 20, p.9-17, jan. 2006.