

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
ESCOLA DE QUÍMICA

NATHALIA BEATRIZ FERREIRA PEREIRA



ANÁLISE DO CONSUMO DE ENERGIA E EMISSÕES DE CO₂ NO
SEGMENTO DE ATIVIDADES POTENCIALMENTE POLUIDORAS DA
INDÚSTRIA QUÍMICA BRASILEIRA

RIO DE JANEIRO

2023

NATHALIA BEATRIZ FERREIRA PEREIRA

ANÁLISE DO CONSUMO DE ENERGIA E EMISSÕES DE CO₂ NO SEGMENTO DE
ATIVIDADES POTENCIALMENTE POLUIDORAS DA INDÚSTRIA QUÍMICA
BRASILEIRA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Engenheiro Químico.

Orientador(es): Prof^a Erika Christina Ashton Nunes Chrisman, D.Sc.
Prof Luís Eduardo Duque Dutra, D.Sc.

Rio de Janeiro

2023

Gerar a página da ficha catalográfica em <http://fichacatalografica.sibi.ufrj.br/> e substituir esta página por ela, no documento final.

Se o documento vier a ser impresso, esta página deverá ser impressa no verso da anterior (folha de rosto).

NATHALIA BEATRIZ FERREIRA PEREIRA

ANÁLISE DO CONSUMO DE ENERGIA E EMISSÕES DE CO₂ NO SEGMENTO DE
ATIVIDADES POTENCIALMENTE POLUIDORAS DA INDÚSTRIA QUÍMICA
BRASILEIRA

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Escola de Química da
Universidade Federal do Rio de Janeiro,
como parte dos requisitos necessários à
obtenção do grau de Engenheiro Químico

Aprovado em 31 de julho de 2023

Prof^a Erika Christina Ashton Nunes Chrisman, D.Sc., UFRJ

Prof Luís Eduardo Duque Dutra, D.Sc., UFRJ

Prof^a Luana Barros Furtado, D. Sc., UFRJ

Carlos Eduardo Mariano da Silva Júnior, Shell Brasil

Rio de Janeiro

2023

*Aos meus pais, Alexandre e Luciana.
Vocês são a razão de eu ter chegado até aqui.*

AGRADECIMENTOS

À minha mãe, que me apoiou incondicionalmente em tudo que me propus a fazer em toda minha vida.

Ao meu pai, que me permitiu viver meus sonhos e me mostrou ser capaz de conquistá-los. À minha madrasta por ter prestado todo apoio possível nessa jornada.

À minha irmã e irmãos, por me incentivarem a ser uma pessoa melhor a cada dia.

Ao meu companheiro de vida Gabriel Reed, por estar ao meu lado em todos os momentos, desde a preocupação com as notas de corte de Engenharia Química na UFRJ à árdua caminhada até o diploma.

Ao Pedro Alberto, por ser o melhor amigo e parceiro de curso que eu poderia ter durante esses anos.

Ao Vinícius Ribeiro, por todo apoio, cumplicidade e por me inspirar com seu exemplo a ser uma aluna melhor.

Aos colegas de curso que se tornaram amigos para vida inteira: Beatriz Moraes, Bruno Ferreira, Júlia Esquerdo, Mariana Leal, Fabrício Vasconcelos, Nina Nóbrega e Rafaela Maciel. Sem vocês esse curso não seria possível.

Aos amigos que fiz durante os estudos no Instituto Federal Fluminense, e que continuaram me incentivando em todos os momentos dessa trajetória: Airton Brendon, Ana Gabrielle, Catarina Moore, Daniel Amarílio, Fernando Antônio, Gabriela Marques, Mateus Abreu, Nathália Romeiro, Vinícius Amarílio. Obrigada por tudo.

Aos professores do Instituto Federal Fluminense, por terem me ensinado a ter pensamento crítico, incentivado a continuar buscando a educação de qualidade e me me inspirarem a cursar Engenharia Química.

Às minhas colegas de quarto, que dividiram a vida comigo durante o difícil período de sair da casa dos pais em busca do sonhado diploma. Fabiene Gregório, Flávia Yasmin, Letícia Viana e Thayná Acácio. Obrigada por tudo.

Aos colegas de trabalho, por contribuírem em despertar minha paixão e interesse pelo extraordinário setor energético. Em especial ao Thiago Almeida, pelo apoio e por compartilhar essa trajetória de aprendizado comigo.

Aos meus incríveis orientadores Erika Nunes e Luís Eduardo Dutra, por serem excelentes profissionais e seres humanos. Obrigada por toda atenção durante o trabalho e pela dedicação ao lecionarem suas disciplinas.

“No meu entender o ser humano tem duas saídas para enfrentar o trágico da existência: o sonho e o riso.”

— Ariano Suassuna

RESUMO

PEREIRA, Nathalia Beatriz Ferreira. **Análise do Consumo de Energia e Emissões de CO₂ no Segmento de Atividades Potencialmente Poluidoras da Indústria Química Brasileira**. Rio de Janeiro, 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) - Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2023.

O setor químico é um dos principais consumidores de energia e emissor de gases de efeito estufa no Brasil. Com a crescente preocupação global em relação às mudanças climáticas e em reduzir a dependência de fontes de energia não renováveis, a transição energética tornou-se uma prioridade. Neste trabalho buscou-se avaliar o perfil de consumo do segmento de atividades potencialmente poluidoras do setor químico. Para tal, foi utilizada a base de dados do relatório “Fontes Energéticas”, emitido pelo IBAMA. Das 47 mil empresas químicas brasileiras, 2097 submeteram o relatório em 2022. A partir dele, buscou-se responder o quanto se consome de energia atualmente no setor químico brasileiro, quais são suas principais fontes energéticas e quais são as principais geradoras de emissões de gases de efeito estufa dentre as fontes. Verificou-se que, no ano de 2022, as 2097 empresas consumiram 2,8 milhões de terajoules. As principais fontes energéticas desse consumo foram a eletricidade, o bagaço da cana-de-açúcar, o gás natural, a lenha e o carvão mineral. No que tange às emissões de CO₂, as principais fontes identificadas foram o gás natural, carvão mineral, GLP, coque e outros combustíveis não-renováveis (majoritariamente óleo combustível). Estas fontes energéticas em conjunto foram responsáveis por 96% das 21,5 milhões de toneladas de dióxido de carbono equivalente geradas em 2022. Verificou-se que os dados encontrados no relatório do IBAMA apresentam grande disparidade em relação às informações declaradas nos documentos oficiais do Brasil.

Palavras-chave: Consumo de Energia. Indústria Química. Transição Energética. Energias renováveis. Combustíveis fósseis.

ABSTRACT

PEREIRA, Nathalia Beatriz Ferreira. **Analysis of Energy Consumption and CO₂ Emissions in the Division of Potentially Polluting Activities in the Brazilian Chemical Industry**. Rio de Janeiro, 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) - Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2023.

The chemical sector is one of the main energy consumers and greenhouse gas emitters in Brazil. With the growing global concern about climate change and reducing reliance on non-renewable energy sources, energy transition has become a priority. This work aimed to assess the consumption profile of potentially polluting activities in the chemical sector. For this purpose, the database from the "Energetic Sources" report issued by IBAMA was used. Out of 47 thousand Brazilian chemical companies, 2097 submitted the report in 2022. Based on it, the goal was to determine the current energy consumption in the Brazilian chemical sector, its main energy sources, and the major generators of greenhouse gas emissions among these sources. It was found that in 2022, the 2097 companies consumed 2.8 million terajoules of energy. The main energy sources for this consumption were electricity, sugarcane bagasse, natural gas, wood, and coal. Regarding CO₂ emissions, the main identified sources were natural gas, coal, LPG (liquefied petroleum gas), coke, and other non-renewable fuels (mostly fuel oil). Together, these energy sources were responsible for 96% of the 21.5 million tons of carbon dioxide equivalent generated in 2022. It was also noticed that the data found in the IBAMA report showed significant discrepancies compared to the information declared in Brazil's official documents.

Keywords: Energy Consumption. Chemical Industry. Energy Transition. Renewable Energies. Fossil Fuels.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Faturamento Líquido da Indústria Química Brasileira por Segmento em 2020	4
Figura 2 – Evolução da Balança Comercial de Produtos Químicos de 1991 a 2022	5
Figura 3 – Estrutura do Consumo de Energia do Setor Químico (1973-2021)	8
Figura 4 – Emissões brutas brasileiras de GEE por setor (1990-2019)	9
Figura 5 – Evolução das emissões de GEE e evolução do PIB no mesmo período	10
Figura 6 – Matriz Elétrica Brasileira em 2022	11
Figura 7 – Formulário Fontes Energéticas: Preenchimento de Quantidade Consumida de Energia	26
Figura 8 – Formulário Fontes Energéticas - Valores de Densidade e Poder Calorífico sugeridos	27
Figura 9 – Consumo de Energia (TJ) em 2022 por Categoria de Atividade	30
Figura 10 – Emissões de CO ₂ (ton) em 2022 por categoria de atividade	31
Figura 11 – Comparativo de consumo de energia (TJ) e emissões de CO ₂ (ton) por Categoria de Atividade	32
Figura 12 – Quantidade de Energia Consumida (TJ) pela por Fonte Energética	33
Figura 13 – Consumo de Energia (TJ) por Fonte de Energia Elétrica	34
Figura 14 – Quantidade de Energia Consumida (TJ) por Fonte Energética (exceto Eletricidade)	35
Figura 15 – Comparativo de consumo de energia e emissões de CO ₂ por fonte energética	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Preço de Energia (com impostos) por País	6
Tabela 2 – Consumo de Energia por Fonte Energética (Setor Industrial: Química)	7

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

GEE - Gases de Efeito Estufa

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

RAPP - Relatório Anual de Atividades Potencialmente Poluidoras e Utilizadoras de Recursos Ambientais

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

EPE - Empresa de Pesquisa Energética

IEMA - Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos

BEN - Balanço Energético Nacional

ACR - Ambiente de Comercialização Regulado

ACL - Ambiente de Comercialização Livre

IEA - Agência Internacional de Energia

ONU - Organização das Nações Unidas

GLP - Gás Liquefeito de Petróleo

Tep – Tonelada Equivalente de Petróleo

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	3
2.1 INDÚSTRIA QUÍMICA BRASILEIRA	3
2.2 CONSUMO DE ENERGIA DA INDÚSTRIA BRASILEIRA	7
2.2.1 SETOR ELÉTRICO NO BRASIL	10
2.3 TRANSIÇÃO ENERGÉTICA	13
2.4 POLÍTICAS E INICIATIVAS GOVERNAMENTAIS	16
2.4.1 TRATADOS E CONVENÇÕES INTERNACIONAIS	16
2.4.2 POLÍTICAS EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	19
2.4.3 POLÍTICAS EM INCENTIVOS FISCAIS E FINANCIAMENTOS	21
2.5 RELATÓRIO DE ATIVIDADES POTENCIALMENTE POLUIDORAS E UTILIZADORAS DE RECURSOS AMBIENTAIS (RAPP)	22
2.5.1 CONTEXTO LEGAL	22
2.5.2 FORMULÁRIO “EMISSÕES ATMOSFÉRICAS: FONTES ENERGÉTICAS”	24
3 METODOLOGIA	28
3.1 EXPRESSIVIDADE DA INDÚSTRIA QUÍMICA DENTRE OS OUTROS SETORES POTENCIAIS POLUIDORES	28
3.2 CARACTERIZAÇÃO DO PERFIL DE CONSUMO ENERGÉTICO DA INDÚSTRIA QUÍMICA	29
4 RESULTADOS	30
5 CONCLUSÕES	39
6 REFERÊNCIAS	42
ANEXO A – ATIVIDADES QUE DEVEM PREENCHER O FORMULÁRIO “EMISSÕES ATMOSFÉRICAS – FONTES ENERGÉTICAS” (IBAMA)	49
ANEXO B – UNIDADES DE MEDIDA E FATORES DE CONVERSÃO DO RELATÓRIO FONTES ENERGÉTICAS (IBAMA)	56

1. INTRODUÇÃO

A indústria química desempenha um papel de extrema importância no desenvolvimento econômico de um país, sendo considerada um segmento estratégico para a autonomia nacional. Sua contribuição abrange diversos aspectos, como a geração de empregos, o fornecimento de insumos essenciais para diversos setores produtivos e a promoção da inovação tecnológica. Além disso, a indústria química é fundamental para reduzir a dependência de importações e fortalecer a capacidade produtiva interna, contribuindo para o crescimento econômico sustentável e a competitividade do país no cenário global.

Por se tratar de uma indústria de base, está sujeita às normatizações e regulamentações governamentais, principalmente pelo grande fomento dos últimos anos em torno das discussões sobre sustentabilidade. Dessa forma, a preocupação com a eficiência energética tem aumentado consideravelmente, devido ao alto impacto ambiental que o atual consumo de energia global provoca no meio ambiente. No Brasil, estima-se que o setor energético é responsável por 20% das emissões de gases de efeito estufa. A queima de combustíveis fósseis para obtenção de energia gerou cerca de 388 milhões de toneladas equivalentes de CO₂ em 2019 (SEEG, 2020).

No intuito de estabelecer normas que visam fomentar uma consciência ambiental que favoreça o desenvolvimento sustentável e estimule a busca por recursos renováveis, globalmente se discute a respeito das atividades que mais poluem em suas operações. Nesse âmbito, a indústria química é um segmento que precisa ser acompanhado de perto, e é sob o olhar atento da comunidade internacional que a indústria se vê pressionada a atender às demandas da sustentabilidade. Neste cenário, a transição energética surge como uma forma bastante apropriada de se agregar valor à produção industrial de forma responsável.

Por envolver questões tão relevantes para a sociedade atual, é oportuno proceder a análise do consumo energético da indústria química brasileira no contexto da transição energética, buscando compreender como se dá esse consumo no âmbito nacional considerando as peculiaridades do setor em nosso país. Diante da urgência de se diminuir a produção dos gases de efeito estufa, é de extrema relevância avaliar o consumo energético de uma indústria de tal magnitude.

No escopo deste trabalho, procurou-se avaliar como o segmento de empresas que exercem atividades potencialmente poluidoras da Indústria Química consome energia no Brasil. Revisou-se previamente as políticas públicas referentes ao

consumo energético industrial para averiguar a participação do governo em relação às premissas de transição energética debatidas atualmente. Foi utilizada a base de dados do instrumento governamental “Registro de Atividades Potencialmente Poluidoras e Utilizadoras de Recursos Naturais (RAPP)”, emitido pelo IBAMA, para avaliar o perfil de consumo das empresas que exercem atividades potencialmente poluidoras na Indústria Química.

Os principais objetivos são:

1. Avaliar o consumo de energia da indústria química. Procura-se analisar este consumo quantitativamente em relação a outros setores potenciais poluidores e, dentro da indústria química, à participação de cada fonte energética.

2. Investigar a quantidade de emissões de dióxido de carbono associadas às principais fontes energéticas utilizadas pela indústria química.

Através dessa análise, busca-se compreender o perfil energético da indústria química brasileira e propor medidas que possam contribuir para uma transição mais sustentável nesse setor.

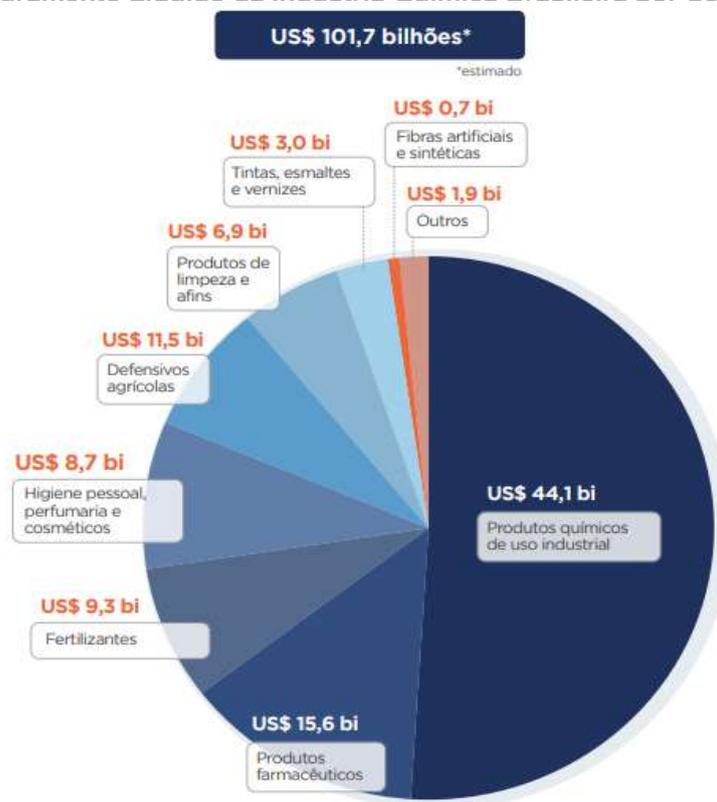
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Indústria Química Brasileira

Por produzir insumos que são matéria-prima para a cadeia produtiva da maioria de outros segmentos industriais, a indústria química participa diretamente do desenvolvimento de diversos setores que dependem dos produtos que advém dela. Estes produtos químicos são essenciais para o cotidiano da sociedade moderna, pois impactam áreas como agricultura, transporte, construção, tecnologia, saúde e energia. Dessa forma, a indústria química desempenha um papel preponderante para o desenvolvimento tecnológico e econômico de um país. Porém, devido à alta complexidade da estrutura produtiva, o setor escala com dificuldades a trilha do protagonismo na economia e, ainda, sofre diretamente os impactos da instabilidade decorrente das mudanças de governos, onde cada um tem suas prioridades.

Atualmente, há cerca de 47 mil empresas com cadastro ativo no Conselho Federal de Química (CFQ, 2021) que executam diferentes atividades dentro do setor. A indústria química brasileira divide-se costumeiramente nos segmentos de produção química para uso industrial e de produção química para uso final (que inclui o setor de transformação de plásticos e borrachas). A produção voltada para uso industrial é o foco principal do segmento, pois dali derivam os insumos para diversas outras modalidades de indústrias. Em 2020, este segmento representou cerca de 43% do faturamento total do ano (101,7 bilhões de dólares - Figura 1). Já os produtos de uso final são comercializados diretamente para o mercado consumidor, e nessa lista se incluem produtos fármacos, fertilizantes, agrotóxicos, HPPC (Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos), produtos de limpeza entre outros. Todos esses setores que configuram a produção química para uso final representaram, juntos, os 57% restantes do faturamento da indústria química brasileira em 2020 (ABIQUIM, 2020).

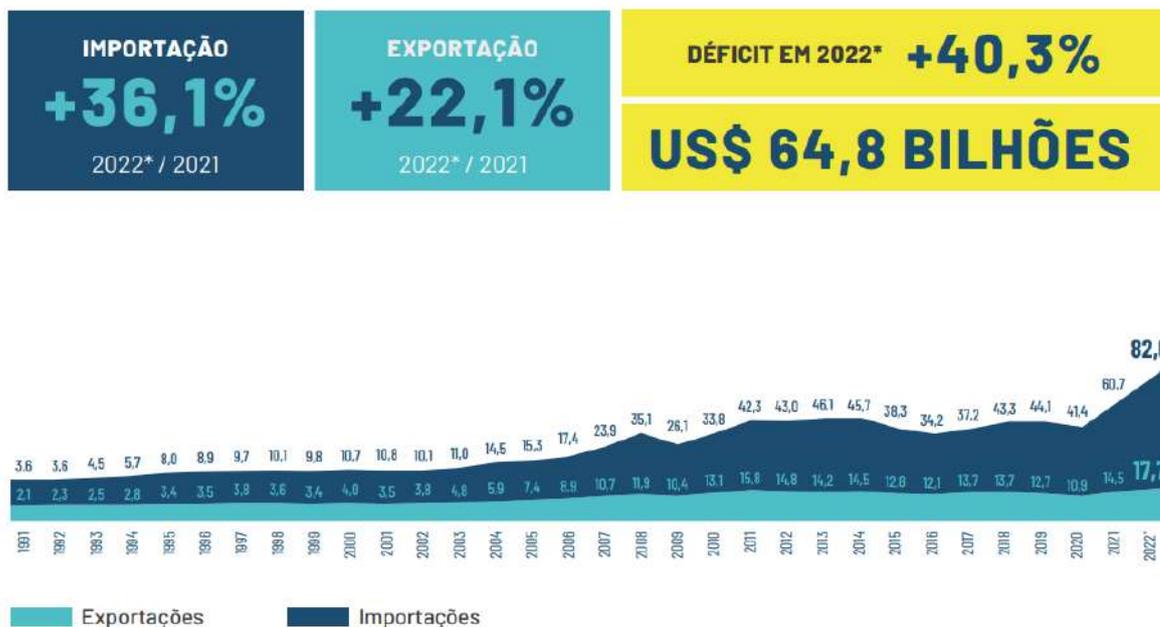
Figura 1 – Faturamento Líquido da Indústria Química Brasileira por Segmento em 2020



Fonte: ABIQUIM (2020)

A Indústria Química desempenha um papel de extrema importância no contexto global. A mesma esteve em 6º lugar no ranking dos maiores faturamentos da indústria química mundial em 2021. Em 2022, a Indústria Química Brasileira obteve faturamento líquido total de 187 bilhões de dólares. Deste valor, cerca de 88 bilhões são referentes apenas aos produtos químicos de uso industrial. O crescimento mediante os desafios econômicos enfrentados nos últimos anos foi expressivo, de 2021 a 2022 a categoria obteve aumento de 27,3% do faturamento em dólares e de 24% em reais. Entretanto, apesar do cenário positivo de faturamento, a indústria química se mantém em déficit na balança comercial com o crescimento expressivo de importações (Figura 2). De 2021 para 2022 o déficit da balança comercial de produtos químicos aumentou em cerca de 40% (ABIQUIM, 2022). Além disso, a leitura do gráfico da Figura 2 permite concluir que este não é um problema novo, visto que o déficit na balança comercial de produtos químicos desde a década de 1980.

Figura 2 — Evolução da Balança Comercial de Produtos Químicos de 1991 a 2022
(US\$ bilhões FOB)



Fonte: ABIQUIM (2022)

Os principais desafios em torno da competitividade da indústria química do Brasil são os altos custos com matérias-primas (que podem representar até 80% dos custos de produção de uma planta petroquímica) e energia (cerca de 20%) (ABIQUIM, DELOITTE, 2018).

A aquisição de matérias primas importadas faz encarecer o preço final de seus produtos. Além do alto preço pago por insumos básicos para a produção, há também um obstáculo em relação aos curtos prazos de contratação de fornecimento de matérias-primas. No Brasil este tipo de contrato costuma durar entre 2 a 5 anos, enquanto em outros países variam entre 20 a 40 anos. Esses prazos desestimulam os investimentos do setor, que são altos e de longo prazo, pois provocam incerteza no investidor (ABIQUIM, DELOITTE, 2018).

Promovendo outras preocupações, está a questão da competitividade global, de modo que o Brasil se vê obrigado a enfrentar a competição de preços com países que operam com baixo custo de produção. Avalia-se que os custos do consumo de energia elétrica do setor resultam em uma participação de 20 a 50% de todo o custo de produção. De acordo com o Instituto de Desenvolvimento Estratégico do Setor

Energético (Illumina) o aumento do preço da energia elétrica da indústria entre 2013 e 2017 foi de quase 80%, o que acarretou o fechamento de fábricas e levou à migração de unidades produtivas para países com custos de energia mais baixos (ABIQUIM, DELOITTE, 2018).

A tarifa média de energia no Brasil está entre a quinta e a sexta posições entre as maiores do mundo. No Brasil, a tarifa é de US\$ 164/MWh (cerca de US\$ 124/MWh sem impostos - Tabela 1). A disparidade de valores entre os países impacta diretamente na competitividade do setor, que tem custos elevados com energia por ser um fator preponderante para a produção (ABIQUIM, DELOITTE, 2018).

Tabela 1 - Preço da Energia (com impostos) por País

País	Preço da Energia (com impostos)
Estados Unidos	US\$ 69/MWh
Canadá	US\$ 78/MWh
México	US\$ 82/MWh
Brasil	US\$ 164/MWh

Fonte: Adaptado de ABIQUIM, Deloitte (2018)

No que diz respeito às regulamentações que visam alinhar as empresas com as diretrizes de sustentabilidade, o cumprimento dessas normas requer altos investimentos em tecnologias e nos processos de produção sustentáveis, e no caso das empresas de menor porte, esse fator pode inviabilizar a atividade. A carga tributária elevada no Brasil é outro fator que desafia a competitividade do setor químico, pois faz aumentar os custos e reduzir a capacidade competitiva (ABIQUIM, DELOITTE, 2018).

Apesar do cenário desafiador que mostra pouca autonomia nacional em relação à indústria, a Pesquisa de Inovação (PINTEC), relatório publicado a cada três anos pelo IBGE, coloca o setor em 2021 como líder do ranking de inovação no país, com uma taxa equivalente a 87% (IBGE, 2022). O dado indica que, apesar dos

reveses, a indústria química tende a ultrapassar os obstáculos e manter-se na trilha do desenvolvimento econômico e tecnológico.

2.2 Consumo de Energia da Indústria Brasileira

A indústria brasileira consome uma ampla variedade de fontes de energia para alimentar suas operações. A eletricidade é uma fonte essencial e majoritária, utilizada para alimentar equipamentos, iluminação e sistemas de controle. Esta pode ser consumida via distribuidora, ou pode ser gerada pela própria empresa para consumo próprio. Além disso, o setor também faz uso intensivo de combustíveis fósseis, como gás natural e carvão, para fornecer energia térmica em processos de aquecimento e produção de vapor (EPE, 2023).

No que tange especificamente à Indústria Química, de acordo com o Balanço Energético Nacional (BEN), o setor consumiu 6,49 milhões de toneladas equivalentes de petróleo em 2021, e utiliza majoritariamente como fonte de energia o gás natural, a eletricidade e outras fontes secundárias de petróleo (EPE, 2022).

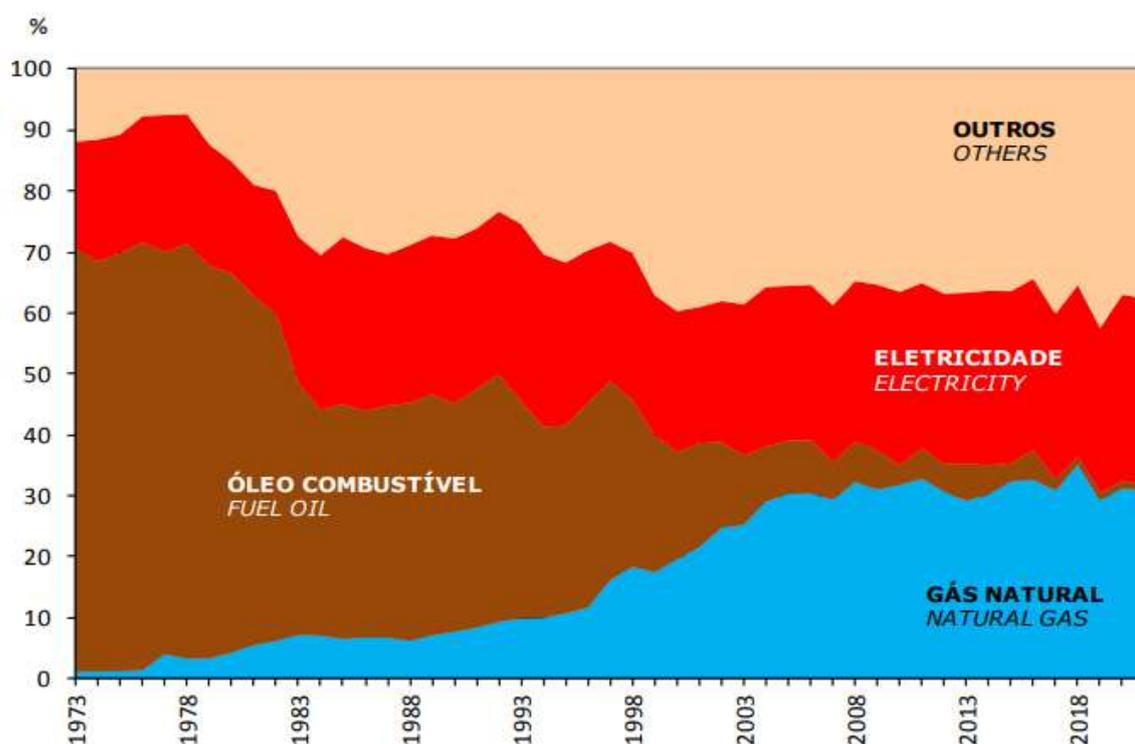
Tabela 2 - Consumo de Energia por Fonte Energética (Setor Industrial – Química)

FONTES	10 ³ tep (toe)										SOURCES
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
GÁS NATURAL	2.218	2.037	2.022	2.222	2.198	2.163	2.422	1.947	1.820	1.997	NATURAL GAS
CARVÃO VAPOR	164	152	169	172	126	149	190	138	105	131	STEAM COAL
LENHA	47	50	49	48	43	47	46	44	46	49	FIREWOOD
BAGAÇO DE CANA E OUTRAS RECU.P.	90	91	89	85	81	81	80	76	80	85	SUGAR CANE BAGASSE AND OTHER WASTES
ÓLEO DIESEL	12	22	18	17	15	17	16	15	16	19	DIESEL OIL
BIODIESEL	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	BIODIESEL
ÓLEO COMBUSTÍVEL	328	424	323	207	326	133	91	87	71	68	FUEL OIL
GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO	190	192	217	215	185	211	203	191	186	217	LIQUEFIED PETROLEUM GAS
NAFTA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	NAPHTHA
QUEROSENE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	KEROSENE
GÁS CANALIZADO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	GASWORKS GAS
ELETRICIDADE	2.023	1.962	1.923	1.940	1.901	1.905	1.949	1.806	1.785	1.983	ELECTRICITY
CARVÃO VEGETAL	19	19	18	18	17	17	17	16	17	18	CHARCOAL
OUTRAS SECUNDÁRIAS DE PETRÓLEO	2.145	2.035	1.880	1.950	1.851	2.295	1.895	2.354	1.707	1.926	OTHER PETROLEUM SECUNDARIES
TOTAL	7.237	6.986	6.709	6.875	6.743	7.019	6.909	6.675	5.835	6.494	TOTAL

Fonte: EPE (2023)

Ao longo das últimas décadas o setor teve grande mudança em seu perfil de consumo em relação à participação de cada fonte energética (Figura 3). Destaca-se a diminuição gradual do uso do óleo combustível, que foi substituído pelo consumo de outros tipos de energia, como o gás natural, a eletricidade e outras fontes (como as relacionadas na Tabela 2) (EPE, 2022).

Figura 3 - Estrutura do Consumo de Energia do Setor Químico (1973-2021)



Fonte: EPE (2022)

Nos últimos anos, houve um crescente interesse na incorporação de energias renováveis na matriz energética da indústria, como a solar, eólica e a biomassa, visando reduzir as emissões de carbono e aumentar a sustentabilidade na indústria química brasileira. A problemática das emissões de gases poluentes é uma das principais pautas em torno do consumo de energia industrial brasileiro, visto que o setor é o segundo principal emissor de CO₂ por consumo energético, estando apenas atrás do setor de transportes (Figura 4) (EPE, 2023).

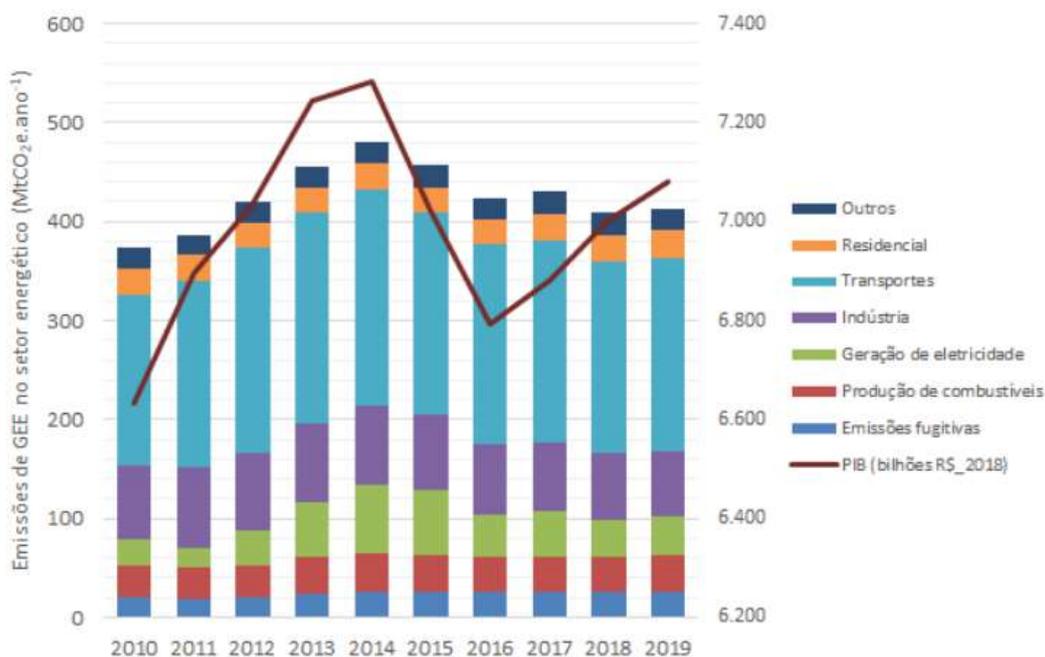
Figura 4 – Emissões brutas brasileiras de GEE por setor (1990-2019)



Fonte: IEMA (2020)

O setor de transportes tem sido há décadas o principal agente poluidor por meio do seu consumo energético (majoritariamente queima de combustíveis fósseis) e, após ele, o segmento industrial. Entretanto, os dois setores tiveram seu pico de emissões de CO₂ em 2014. Além disso, o Consumo Energético Industrial vem decrescendo as emissões solidamente desde então (IEMA, 2020). É interessante avaliar que, a evolução das emissões de gases de efeito estufa acompanha de forma semelhante a variação do PIB nacional. Assim como o PIB per capita, as emissões de gases de efeito estufa têm, em média, decrescido nos últimos anos (WALTER, 2021) (Figura 5).

Figura 5 - Evolução das emissões de GEE e evolução do PIB no mesmo período



Fonte: Arnaldo Walter (2021)

Em 2021 o Brasil emitiu 2,4 bilhões de toneladas brutas de gases de efeito estufa. O setor processos industriais e uso de produtos registrou 169,9 MtCO_{2e} emitidos no mesmo ano. Estima-se que as emissões relacionadas a energia do setor industrial contabilizam 67,9 MtCO_{2e} e que os processos industriais do setor químico (transformação de matéria) emitiram 3,734 MtCO_{2e} (SEEG, 2023). Segundo o documento “Estimativas Anuais de Emissões de Gases de Efeito Estufa no Brasil” de 2022 estima-se que as emissões relacionadas à energia no setor de produtos químicos foi de 11,5 MtCO_{2e} no ano de 2020 (BRASIL, 2022).

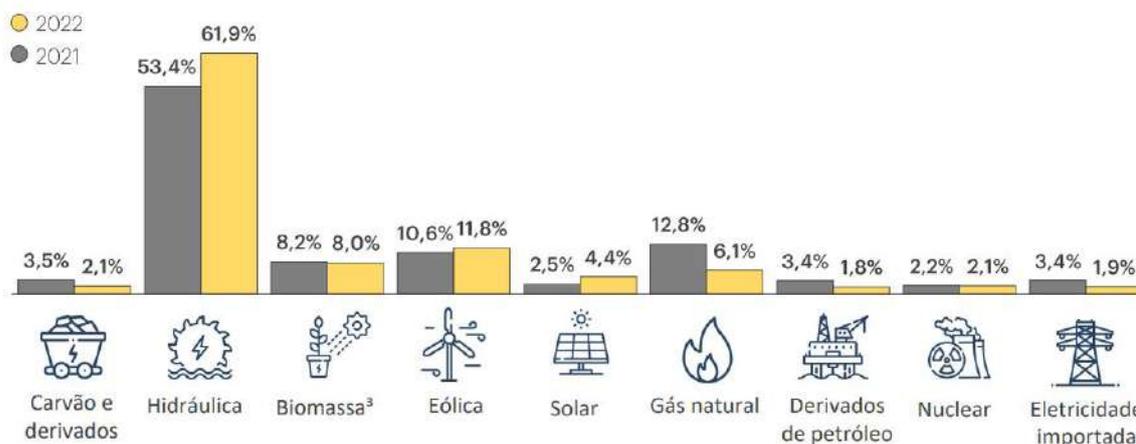
O setor industrial de maneira geral é considerado como de difícil redução de descarbonização, pois depende do desenvolvimento tecnológico para processos mais limpos que os utilizados atualmente, que utilizam majoritariamente combustíveis fósseis para seus fins (SEEG, 2023).

2.2.1 Setor Elétrico no Brasil

Segundo o Balanço Energético Nacional de 2022 produzido pela EPE, o consumo de energia elétrica no Brasil apresentou aumento de 2,3% em relação ao ano de 2021. Ainda no ano de 2022, as principais fontes geradoras de energia elétrica

no Brasil foram a hidráulica, eólica, o gás natural, a biomassa e a solar (EPE, 2023) (Figura 6).

Figura 6 - Matriz Elétrica Brasileira em 2022



Fonte: EPE (2023)

Observa-se na Figura 6 que entre os anos de 2021 e 2022 houve disparidade na porcentagem de participação das principais fontes de energia do país. Cabe destacar o decréscimo do consumo de energia proveniente de combustíveis fósseis como gás natural (-51,6%), carvão (-40,8%) e derivados de petróleo (-45,8%) e o expressivo aumento das renováveis como hidráulica (15,9%), eólica (11,3%) e solar (76%). Em relação à participação total, as energias renováveis representaram 87,9% de toda a matriz elétrica nacional em 2022 (EPE, 2023).

Tratando-se especificamente do consumo de energia elétrica dentro da indústria brasileira, destacam-se alguns setores chamados de eletrointensivos/energointensivos. São estes: a cadeia de produção do alumínio (incluindo a produção de alumina e extração de bauxita), siderurgia, ferroligas, pelletização, cobre, papel e celulose, cimento, petroquímica e soda-cloro. Nestes campos industriais obtém-se insumos básicos para diversas outras cadeias produtivas, sendo assim de extrema importância para os cenários econômico e energético nacional (EPE, 2015).

Analisando a produção dos diferentes sub-segmentos que advém dos setores supracitados verifica-se que pode haver grande variação nos valores de consumo final de energia em diferentes segmentos industriais, ou até mesmo dentro de um mesmo segmento, a depender da rota tecnológica utilizada. Um exemplo tangível à indústria

química é a produção de cloro e soda, que adota três possíveis rotas majoritárias em sua produção: células de mercúrio, diafragma e membrana. Estas têm o consumo específico de eletricidade médio de, respectivamente 3,1 MWh/t, 2,7 MWh/t e 2,5 MWh/t. Dessa forma, nos estudos de planejamento energético brasileiros adota-se a premissa de que a expansão do setor de cloro e soda ocorrerá utilizando-se da tecnologia de membrana, por ser a rota que obtém a melhor eficiência energética e menos prejudica o meio ambiente. Além disso, tramita na câmara dos deputados o projeto de lei que proíbe o uso da tecnologia de células a mercúrio a partir de 2026 pelo seu grande potencial poluidor (EPE, 2015).

À luz do exposto, verifica-se que com a previsão de aumento na demanda por energia elétrica nos próximos anos, surge uma maior preocupação em otimizar a eficiência energética nos setores e processos que consomem uma quantidade significativa de energia. Isso ocorre devido a necessidade de atender à demanda crescente sem comprometer ainda mais os recursos energéticos e o meio ambiente. Ao melhorar a eficiência energética desses processos, é possível reduzir o consumo de energia, minimizar as perdas e maximizar a utilização dos recursos disponíveis. Essa abordagem não apenas contribui para a sustentabilidade, mas também pode resultar em economia de custos operacionais e menor impacto ambiental, promovendo um desenvolvimento mais sustentável.

No que tange ao mercado de energia elétrica do Brasil, pode-se consumir energia de diferentes formas e contratações. Há, principalmente, duas possibilidades para o consumidor final: o Ambiente de Contratação Regulado (ACR), também conhecido como mercado cativo, e o Ambiente de Contratação Livre (ACL). No mercado cativo, os consumidores são atendidos pelas distribuidoras de energia de sua região. Já no mercado livre, os consumidores têm a opção de escolher seus fornecedores de energia e negociar contratos diretamente com geradores e comercializadores, possibilitando maior flexibilidade e potencial de negociação de preços. Além disso, dentro do mercado livre, existe a autoprodução de energia. Nesta modalidade os consumidores geram sua própria eletricidade, utilizando fontes renováveis, como energia solar ou eólica, reduzindo a dependência da rede elétrica convencional. A regulamentação da autoprodução de energia elétrica no Brasil foi estabelecida pela Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012, que entrou em vigor em março de 2012. Uma consideração adicional importante é a capacidade do agente de vender o excedente de sua produção, ou seja, a quantidade que excede suas próprias

necessidades. Isso significa que ele pode aproveitar o que não será consumido internamente e disponibilizá-lo no mercado, permitindo que outras partes se beneficiem dessa oferta adicional.

2.3 Transição Energética

De acordo com Paul Crutzen - Prêmio Nobel de Química em 1995 - já entramos em uma nova era geológica: o Antropoceno, em que o homem começa a destruir suas condições de existência. Estima-se que o início do Antropoceno tenha sido marcado por volta do século XVIII, quando a humanidade começou a avançar com a industrialização e suas atividades começaram a ter um impacto global no clima da Terra e em seus ecossistemas (HOWE, 2015).

Nos dois séculos seguintes a tecnologia se desenvolveu exponencialmente, mas somente a partir do fim do século XX que a frequência com que começaram a acontecer desastres ambientais passou a despertar a atenção dos órgãos internacionais para a necessidade de discutir amplamente a questão da sustentabilidade do planeta, visando estabelecer normas que regulamentassem o setor químico, como forma de mitigar os impactos sofridos pelo meio ambiente. Essa mobilização internacional pretendeu conciliar desenvolvimento econômico e preservação ambiental, considerando que uma não precisaria se sobrepor em detrimento da outra. Nas décadas de 80 e 90, os debates começaram a envolver a população, e esta foi desenvolvendo cada vez mais a consciência ambiental, ficando mais atenta aos riscos da atividade industrial, o que ensejou reações como protestos em prol do meio ambiente e preservação da fauna e flora (WEINBERG, 2009).

A conscientização da população foi reforçada pelas ações do terceiro setor na década de 1980, quando as ONGs em parceria com grupos comunitários começaram a fiscalizar de perto o cumprimento dos acordos pela proteção do meio ambiente (BARBIERI, 2007).

Na esteira da conscientização ambiental foi que o conceito de desenvolvimento sustentável nasceu, e levou as “massas” a refletirem cada vez mais sobre os impactos antrópicos dos setores produtivos no meio ambiente, devido ao emprego de tecnologias altamente poluentes para a manutenção do cotidiano da sociedade moderna (TACHIZAWA, 2002).

Dessa forma, as preocupações com as consequências do aquecimento global causado pela atividade humana têm impulsionado um crescente interesse pela

transição energética. Embora as emissões de gases como o metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O) provenientes da agricultura, pecuária e clorofluorcarbonetos também sejam fatores significativos no impacto climático proveniente de forças antropogênicas, as emissões de dióxido de carbono (CO₂) da queima de combustíveis fósseis permanecem como a maior fonte de contribuição para o aquecimento global. Portanto, a limitação do aumento adicional da temperatura requer uma descarbonização progressiva do suprimento global de energia (SMIL, 2016).

Visando atender à crescente demanda por energia sustentável, a transição energética, ou simplesmente transformação energética é uma estratégia da gestão socioambiental, que consiste na substituição paulatina das fontes de energia que empregam combustíveis fósseis, por fontes mais limpas e renováveis (TACHIZAWA, 2002).

O mundo está se preparando para gastar trilhões de dólares para acelerar a quarta grande transição energética, desta vez para as energias renováveis. As três grandes transições experimentadas pela humanidade foram: [i] o domínio do fogo; [ii] a transição do forrageamento (a busca e a exploração de recursos alimentares) para agricultura e animais domesticados e [iii] a expressiva substituição de biomassa e trabalho humano/animal para a combustão de combustíveis fósseis e motores mecânicos primários (CEMBALEST, 2021). O carvão já vinha sendo usado no Reino Unido desde o século XIII para superar o obstáculo do crescente custo da madeira na época. Entretanto, sua utilização emergira expressivamente a partir de 1709, como combustível majoritário durante a revolução industrial (YERGIN, 2022).

As discussões acerca da preocupação com o aquecimento global comunicam a importância da transição para energias não-carbônicas. No final do século XX, houve um aumento significativo na dependência desses combustíveis, com a extração destes mais que quadruplicando na última metade do século. Em 2000, os combustíveis fósseis forneceram cerca de 78% da energia primária mundial (SMIL, 2015).

Vislumbrando apenas o desenvolvimento econômico, os recursos não renováveis (carvão, petróleo e gás) poderiam continuar sendo explorados, entretanto estes não somente trazem perigo alarmante para todos ecossistemas terrestres, como também não estarão disponíveis com a mesma abundância nos próximos séculos. O aumento da população e o desenvolvimento tecnológico crescentes trazem por

consequência o aumento da demanda energética, que precisará ser suprida de outras maneiras com a diminuição de disponibilidade dos combustíveis fósseis (SMIL, 2006).

O especialista Daniel Yergin, ganhador do Prêmio Pulitzer, afirma que a atual transição energética, impulsionada pelas mudanças climáticas, deve ser alcançada rapidamente, em pouco mais de 25 anos. O uso do carvão, que tem sido utilizado expressivamente desde o início da industrialização, está prestes a desaparecer. Em adição, a União Europeia prevê que o hidrogênio fornecerá de 20 a 25 por cento de sua energia total até 2050. No cenário atual, o hidrogênio fornece menos de 2% de energia para os países do bloco político-econômico (YERGIN, 2022).

Um grande questionamento acerca de todas as mudanças que vem sendo incentivadas acerca da transição energética é: O quão rapidamente essa transição deve acontecer? No livro “O Novo Mapa: Energia, Clima e o Conflito entre Nações”, de Daniel Yergin, verifica-se que dentre todas as transições energéticas ao longo da história, fica claro que esta é como nenhuma outra. Todas as transições anteriores foram impulsionadas majoritariamente pelo desenvolvimento econômico e tecnológico, e não por políticas, que é a principal incentivadora desta vez. Cada uma das transições anteriores ocorreu ao longo de um século ou mais, e, desta vez, além de buscar realizar essa mudança da maneira mais rápida possível, não há registros de alterações tão impactantes como as desejadas atualmente. O objetivo dessa transição não é apenas trazer novas fontes de energia, mas mudar completamente os fundamentos energéticos do que hoje é uma economia global de US\$ 100 trilhões em pouco mais de um quarto de século. Trata-se de uma meta deveras ambiciosa, e nada nessa escala jamais foi tentado até agora (YERGIN, 2021).

A dependência global de combustíveis fósseis como fonte primária de energia diminuiu de aproximadamente 95% em 1975 para cerca de 85% em 2020, graças ao crescimento da participação conjunta da geração de energia nuclear, hidrelétrica, solar e eólica. Em outras palavras, a humanidade conseguiu reduzir em apenas 10% a utilização de combustíveis fósseis num espaço de quase meio século, praticamente o dobro do tempo que se espera para se obter êxito na transição energética expressiva que se almeja atualmente. A expectativa da Agência Internacional de Energia (IEA) é que a dependência de combustíveis fósseis diminua em um ritmo mais acelerado, impulsionada pelas grandes empresas petrolíferas que desejam se adequar ao momento político-econômico abrangendo energias renováveis em seus portfólios (CEMBALEST, 2021).

2.4 Políticas e iniciativas governamentais

Tratando-se de transição energética e desenvolvimento sustentável, diversas foram as políticas relevantes para a indústria brasileira nos últimos anos. Pode-se subdividir essas políticas em três categorias que conversam entre si, sendo elas: Tratados e Convenções Internacionais, Políticas em Eficiência Energética e Políticas em Incentivos Fiscais e Financiamentos.

2.4.1 Tratados e Convenções Internacionais

- Rio-92

Conhecida principalmente como Cúpula da Terra ou Rio-92, a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento reuniu mais de 100 chefes de países de todo o mundo na cidade do Rio de Janeiro. A importante reunião moldou o conceito de desenvolvimento sustentável hoje amplamente conhecido, mas extremamente inovador para a época. O principal documento advindo da Rio-92 foi a Agenda 21, que procurou *“identificar os problemas prioritários, os recursos e meios para enfrentá-los e as metas para as próximas décadas”*. Por mais que se trate de um dos primeiros documentos globalmente aderidos com foco em preservação ambiental, a Agenda 21 se destaca por realçar a importância da participação dos setores privados, citando expressamente diversas vezes a indústria, além da urgência na lapidação de técnicas e máquinas que tragam maior aproveitamento energético, a exemplo do artigo abaixo:

“9.18. Os Governos, no nível apropriado, com a cooperação dos organismos pertinentes das Nações Unidas e, conforme apropriado, das organizações intergovernamentais e não governamentais, bem como do setor privado, devem:

(b) Estimular a indústria para que aumente e fortaleça sua capacidade de desenvolver tecnologias, produtos e processos que sejam seguros, menos poluentes e façam uso mais eficaz de todos os recursos e matérias-primas, inclusive da energia;

(i) Aumentar a capacidade de planejamento energético e gerenciamento de programas sobre eficiência energética, bem como de desenvolvimento, introdução e promoção de fontes de energia novas e renováveis“

É interessante pontuar que o Brasil estava, em 1992, adiantado em relação a alguns dos pontos trazidos pela Agenda 21, e bem atrasado em relação a outros. O documento coloca, por exemplo, que deve haver um estímulo do governo na expansão da rotulagem com indicações ecológicas em um momento em que já existia no Brasil o Programa Brasileiro de Etiquetagem. Por outro lado, apenas 9 anos depois foi criada a lei que estipulou o máximo de consumo de energia e mínimo de eficiência energética para máquinas no país (BRASIL, 1995).

- Rio+20

A Rio+20 foi uma grande Conferência que ocorreu em 2012, também no Rio de Janeiro, cujo principal objetivo foi a renovação, à nível global e com ampla participação de representantes de países do mundo inteiro, do compromisso político com um desenvolvimento sustentável, conceito tratado anteriormente na Rio-92. Os dois principais destaques foram:

- a. O documento nomeado “*O Futuro que Queremos*”. Nele encontram-se trechos de extrema relevância para o tema aqui discutido, como os que seguem abaixo:

“46. Reconhecemos que a implementação do desenvolvimento sustentável dependerá do envolvimento ativo dos setores público e privado. Reconhecemos que a participação ativa do setor privado pode contribuir para o alcance do desenvolvimento sustentável, inclusive por meio da importante ferramenta das parcerias público-privadas. Apoiamos estruturas regulatórias e políticas nacionais que permitem que empresas e indústrias promovam iniciativas de desenvolvimento sustentável, levando em consideração a importância da responsabilidade social corporativa. Apelamos ao setor privado para que se envolva em práticas empresariais responsáveis, como as promovidas pelo Pacto Global das Nações Unidas.

69. Também convidamos as empresas e a indústria, conforme apropriado e de acordo com a legislação nacional, a contribuir para o desenvolvimento sustentável e desenvolver estratégias de

sustentabilidade que integrem, entre outras coisas, políticas de economia verde.”

Sobre ações que poderiam se incorporar de forma mais visível, chegou a ser discutida na Rio+20 a criação de um fundo de US\$ 30 bilhões anuais para o desenvolvimento sustentável, mas a proposta foi rejeitada (BRASIL, 2012).

- b. Posteriormente, mas como consequência do evento, a Agenda 2030 para Desenvolvimento Sustentável e a criação dos ODS's (Objetos de Desenvolvimento Sustentável), que são objetivos e metas que para estimular “a ação para os próximos 15 anos em áreas de importância crucial para a humanidade e para o planeta” (ONU, 2020). Alguns desses ODS's estão intimamente conectados ao nosso objeto de estudo:

“Objetivo 7. Assegurar o acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia para todos;

Objetivo 9. Construir infraestruturas resilientes, promover a industrialização inclusiva e sustentável e fomentar a inovação.

9.4. Até 2030, modernizar a infraestrutura e reabilitar as indústrias para torná-las sustentáveis, com eficiência aumentada no uso de recursos e maior adoção de tecnologias e processos industriais limpos e ambientalmente corretos; com todos os países atuando de acordo com suas respectivas capacidades. “

- Acordo de Paris

Em 2015 é assinado o Acordo de Paris, tratado no qual os governos pactuaram em agir para manter o aumento da temperatura média mundial abaixo dos 2°C em relação aos níveis pré-industriais e limitar o aumento a 1,5°C. Para tanto, cada país apresentou um plano de ação interno considerando suas especificidades, no que chamamos de Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC). Em sua NDC, o governo do Brasil assumiu o compromisso de reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 37% em 2025, e logo depois em 43% em 2030, em relação aos níveis de emissões estimados para 2005 (BRASIL, 2015).

É importante frisar que os tópicos descritos nas Convenções, Tratados e demais documentos de Direito Internacional Público devem ser seguidos de políticas

públicas que possam tangibilizar suas intenções. As palavras muito repetidas nos escritos como “convite”, “meta”, “estratégia” e “sugestão” já esclarecem por si só que, apesar do grande vulto e importância desses eventos e acordos no mundo inteiro, apenas quando convertidos em políticas públicas e leis nacionais que podemos observar trechos como “fortalecer a paz universal com mais liberdade” migrarem dos discursos para metas tangíveis.

Também é interessante pontuar que os Tratados de Direito Internacional Público possuem no ordenamento jurídico brasileiro uma posição hierarquicamente inferior à uma série de outras categorias legais, o que dificulta ainda mais a existência de um processo em que as promessas feitas nas Nações Unidas sejam cumpridas. Como consequência disso, a extensão do progresso que temos a cada 4 anos nas temáticas desenvolvimento sustentável, eficiência energética, descarbonização da atmosfera etc., depende diretamente do nível de comprometimento de cada gestão com essas pautas.

Ao final de 2022, por meio de uma decisão de extrema importância na Arguição de Descumprimento de Preceito Fundamental (ADPF) nº 708, o Supremo Tribunal Federal firmou o entendimento de que o Tratado de Paris, por intrinsecamente tratar também de Direitos Humanos, possui status “supralegal”, ocupando agora uma posição superior à diversos grupos de leis na hierarquia do ordenamento jurídico, mas abaixo da Constituição Federal (BRASIL, 2022).

2.4.2 Políticas em Eficiência Energética

Nas últimas décadas aconteceram diversos marcos importantes para o desenvolvimento da discussão acerca da eficiência energética no Brasil. Neles pode-se verificar a realização prática e concreta das discussões fomentadas nas reuniões e discursos citados no capítulo anterior.

Em 1984, nasce o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), objetivando informar o consumidor brasileiro de informações pertinentes a respeito dos produtos, em especial a eficiência energética (INMETRO, 2021).

Foi criado o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) em 1985, programa focado na conservação e racionamento da energia elétrica nacional (BRASIL, 1985).

Instituiu-se em 1991 no Brasil o Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados de Petróleo e do Gás Natural (CONPET), programa também focado na

conservação e racionamento, mas dos derivados do Petróleo e Gás Natural (BRASIL, 1991).

Em 1997, pela Lei nº 9.478, foi lançada a Política Energética Nacional (PEN), criando o Conselho Nacional de Política Energética, órgão presidido pelo Ministro de Estado de Minas e Energia. O órgão deve propor ao Presidente da República políticas nacionais e medidas como “promover o aproveitamento racional dos recursos energéticos do País, em conformidade com os princípios enumerados no capítulo anterior e com o disposto na legislação aplicável” (BRASIL, 1997).

Em 2000, surge a obrigação legal para que, no Brasil, as empresas de distribuição e transmissão de energia elétrica destinem um percentual mínimo da sua receita em programas de eficiência energética (BRASIL, 2000).

Em 2001 fica definido que o Governo irá estabelecer níveis máximos de consumo de energia ou mínimos de eficiência energética para máquinas e aparelhos criados ou vendidos no Brasil (BRASIL, 2001).

O Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEf) foi criado em 2011 e descreve ações diversas que podem ser desenvolvidas para aumentar a conservação de energia, como a criação de estratégias que incentivem empresários a contratar serviços de consultoria em eficiência energética. Além disso, é ressaltado no Plano Nacional de Eficiência Energética a necessidade de modernizar a indústria nacional por meio da adoção de incentivos fiscais para a substituição de equipamentos ineficientes (BRASIL, 2011).

Enfim, em 2020 foi criada a Rede de Aprendizagem em Eficiência Energética e Gestão de Energia (RedEE Indústrias), com o propósito de melhorar os níveis de desempenho energético das organizações participantes, aplicando-se a metodologia das Redes de Aprendizagem em indústrias brasileiras. Em 2021 os resultados da iniciativa mostraram que, com a execução do programa, foi evitado o consumo de 38,12 GWh/ano pelas ações de eficiência energética, além da utilização de fontes de energia renováveis como como biogás, biomassa e solar fotovoltaica, totalizando 31,14 GWh/ano (BRASIL, 2021).

2.4.3 Políticas em Incentivos Fiscais e Financiamentos

Em 2019 foi instituído o FNMC (Fundo Nacional sobre Mudança do Clima), vinculado ao Ministério do Meio Ambiente. Conforme o BNDES, o Fundo Clima

oferece financiamento para projetos relacionados a questões climáticas. O destaque com maior pertinência para este estudo é a criação, em 2018, do Subprograma de máquinas e equipamentos eficientes, projeto válido até 2024 que busca financiar (por meio do BNDES) a aquisição de equipamentos e máquinas com maiores eficiências energéticas e, conseqüentemente, menores emissões de carbono (BNDES, 2019).

O governo brasileiro lançou em outubro de 2021 o Programa Nacional de Crescimento Verde com o intuito de elevar o Brasil ao status de maior potência verde do planeta. O programa oferece financiamentos e subsídios para projetos econômicos sustentáveis, prioriza a concessão de licenças ambientais, além de buscar a criação de “empregos verdes” (BRASIL, 2021). Algumas das frentes se relacionam diretamente com nosso objeto de estudo:

“Art. 2º São objetivos do Programa Nacional de Crescimento Verde:

VII - ampliação do uso de energias limpas e renováveis e do ganho de eficiência energética nas atividades econômicas;

V - reduzir as emissões de gases de efeito estufa, com vistas a facilitar a transição para a economia de baixo carbono;”

Durante a segunda metade da década passada, contudo, muito das propostas anteriores ficaram no papel. As informações sobre o aumento do desmatamento, a estagnação dos biocombustíveis e o fato do país ser hoje, o quarto maior emissor per capita de CO₂e demonstram que a efetividade das políticas públicas na área ambiental foi bastante baixa (ONU, 2022). Ao fim de 2021 a Confederação Nacional da Indústria (CNI) realizou uma pesquisa com 500 médias e grandes empresas industriais sobre sustentabilidade. 42% afirmaram promover ações no quesito uso de fontes renováveis de energia, enquanto 34% disseram promover algum monitoramento da emissão de gases de efeito estufa. É fundamental destacar, por fim, que 71% dos entrevistados colocaram como principal empecilho à adoção de medidas mais sustentáveis a falta de incentivo do Estado, além de afirmarem que “o Estado deveria controlar e estimular que as empresas sigam regras sustentáveis” (CNI, 2021).

2.5 Relatório de Atividades Potencialmente Poluidoras e Utilizadoras de Recursos Ambientais (RAPP)

O IBAMA emite anualmente o Relatório de Atividades Potencialmente Poluidoras e Utilizadoras de Recursos Ambientais (RAPP). Esse relatório funciona

como ferramenta de recolhimento de dados e informações para fins de fiscalização e controle ambiental. O RAPP deve ser enviado a cada ano por todas as instituições que exerçam atividades consideradas potencialmente poluidoras - as mesmas sujeitas à cobrança da Taxa de Controle e Fiscalização Ambiental - (Anexo A) de acordo com o Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras e Utilizadoras de Recursos Ambientais (CTF/APP), que identifica as pessoas físicas e jurídicas sob controle ambiental e fiscalização ambiental, gerando informações para a gestão ambiental no Brasil. Todo contribuinte da TCFA é obrigado a se inscrever no Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras e Utilizadoras de Recursos Ambientais (CTF/APP). Com ele pode-se avaliar a quantidade de energia consumida anualmente, o tipo de fonte energética e quantidade de emissões provenientes de um CNPJ (IBAMA, 2016).

2.5.1 Contexto Legal

O Relatório Anual de Atividades Potencialmente Poluidoras e Utilizadoras de Recursos Ambientais (RAPP) é uma ferramenta instituída como obrigação acessória à TCFA, pela Política Nacional de Meio Ambiente (Lei 6.938/81, art. 17-C, § 1º).

- Taxa de Controle e Fiscalização Ambiental (TCFA)

A Taxa de Controle e Fiscalização Ambiental (TCFA) é uma cobrança instituída pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) no Brasil. Ela tem o objetivo de financiar as atividades de controle, monitoramento e fiscalização realizadas pelo IBAMA em relação às atividades potencialmente poluidoras e utilizadoras de recursos naturais. A TCFA é cobrada de pessoas físicas e jurídicas que exerçam atividades listadas em regulamentação específica, tais como indústrias, mineradoras, empresas de transporte e distribuição de energia, entre outras. Os valores da taxa são estabelecidos com base em critérios como porte da empresa e tipo de atividade exercida. O valor da taxa é estabelecido com base na análise conjunta do potencial poluidor e do porte econômico do empreendimento. Essas informações são fornecidas pelo próprio contribuinte ao se cadastrar no Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras e Utilizadoras de Recursos Ambientais (CTF/APP).

- Relatório Anual de Atividades Potencialmente Poluidoras e Utilizadoras de Recursos Ambientais (RAPP)

Este foi instituído pela Lei 10.165, de 27 dezembro de 2000, que introduziu o artigo 17-C à Lei 6.938, de 31 de agosto de 1981 (lei da Política Nacional do Meio Ambiente - PNMA):

“Art. 17-C: É sujeito passivo da TCFA todo aquele que exerça as atividades constantes do Anexo VIII desta Lei.

§ 1º O sujeito passivo da TCFA é obrigado a entregar até o dia 31 de março de cada ano relatório das atividades exercidas no ano anterior, cujo modelo será definido pelo Ibama, para o fim de colaborar com os procedimentos de controle e fiscalização.

§ 2º O descumprimento da providência determinada no § 1º sujeita o infrator a multa equivalente a vinte por cento da TCFA devida, sem prejuízo da exigência desta. Portanto, o RAPP é instrumento de preenchimento obrigatório, previsto em Lei. Ele deve ser preenchido por toda pessoa física ou jurídica que exerça qualquer uma das atividades listadas no Anexo VIII da Lei nº. 6.938/1981.”

Desta forma verifica-se que o RAPP, apesar de acessório a TCFA, tem mérito mandatório, previsto em Lei. Ele deve ser preenchido por toda pessoa física ou jurídica que exerça qualquer uma das atividades listadas no Anexo VIII da Lei nº 6.938/1981 (BRASIL, 2016). Ainda, é passível de multa tributária a instituição que não entregar o relatório (ou que o submeta com informações falsas) como é descrito na Instrução Normativa abaixo:

“Instrução Normativa 6, de 24 de março de 2014 - IBAMA:

Art. 17. A pessoa física ou jurídica que deixar de entregar o RAPP está sujeita à multa de natureza tributária prevista no § 2º do art. 17-C, da Lei nº 6.938, de 1981, e art. 8º, § 1º da Instrução Normativa Ibama nº 17, de 29 de dezembro de 2011.

Art. 18. A pessoa física ou jurídica que deixar de entregar o RAPP está sujeita às sanções de natureza ambiental previstas no art. 81, do Decreto nº 6.514, de 2008, independentemente da multa de que trata o art. 17 desta IN.

Art. 19. A pessoa física ou jurídica que apresentar no RAPP informações total ou parcialmente falsas está sujeita às sanções de natureza ambiental

previstas no art. 82, do Decreto nº 6.514, de 2008 e às sanções criminais previstas no art. 69-A, da Lei nº 9.605, de 1998.

Art. 20. Para as multas de natureza ambiental, mencionadas nos arts. 18 e 19 desta Instrução Normativa, serão observados os procedimentos previstos na Instrução Normativa Ibama nº 10, de 7 de dezembro de 2012. Para as multas de natureza tributária do art. 17 e as sanções criminais do art. 19 serão aplicadas as normas do Código Tributário Nacional e do Código de Processo Penal e seus respectivos regulamentos.”

2.5.2 Formulário “Emissões Atmosféricas: Fontes Energéticas”

Ao submeter o RAPP, deve-se enviar um formulário específico ao exercício de atividade potencialmente poluidora da pessoa a preenchê-lo. Há 23 tipos de formulários eletrônicos a serem submetidos no RAPP e, dentre eles, há o formulário “Emissões Atmosféricas: Fontes Energéticas” que será utilizado como base para análise de dados neste trabalho. Os declarantes não preenchem todos os formulários existentes. Os formulários que serão preenchidos dependem da atividade potencialmente poluidora e utilizadora de recursos ambientais exercida pela pessoa física ou jurídica. As atividades que devem preencher o formulário Emissões Atmosféricas: Fontes Energéticas estão listadas no Anexo A deste trabalho.

- Exemplo: Para uma pessoa jurídica que exerça a atividade “3-1 fabricação de aço e de produtos siderúrgicos”, o sistema habilitará para preenchimento apenas os formulários:
 - Matéria Prima/Insumo;
 - Produtos e Subprodutos industriais;
 - Efluentes;
 - Emissões Atmosféricas - Fontes Energéticas;
 - Emissões Atmosféricas - Emissões de poluentes atmosféricos;
 - Processos Industriais - Emissões de Gases de Efeito Estufa;
 - Resíduos Sólidos - Gerador.

Dessa forma, é a atividade potencialmente poluidora inscrita pela pessoa física ou jurídica no CTF/APP que indicará ao sistema quais formulários serão disponibilizados para o preenchimento.

O formulário de Fontes Energéticas se refere ao consumo de energia elétrica e à utilização de combustíveis exclusivamente para a geração de energia em fontes fixas (fornos, caldeiras, incineradores, secadores, “flares”, etc.) nas atividades desenvolvidas pelo estabelecimento. As fontes fixas são aquelas que ocupam uma área limitada, permitindo uma avaliação direta na fonte. Nele se recolhe informações sobre a matriz energética, tipo de fonte energética e consumo de recursos naturais renováveis e não renováveis utilizados como combustíveis em processos de produção de energia e estimativa gerada.

O IBAMA também indica as exceções que podem prejudicar a análise dos dados submetidos em relação ao consumo direto de energia a partir dessas fontes energéticas. As exceções são citadas em sua regulamentação:

“Não são declarados neste formulário:

a) o consumo de combustíveis utilizados em fontes móveis (automóveis, caminhões, aviões, trens, barcos, máquinas agrícolas etc);

b) a utilização de combustíveis primários como matéria-prima para a produção de combustíveis secundários (ou terciários), como, por exemplo, a lenha utilizada para produção de carvão vegetal, o carvão mineral utilizado para produção de coque, o petróleo utilizado para a produção de seus derivados nas refinarias etc;

c) a utilização de combustíveis como redutores, como, por exemplo, o carvão vegetal e o coque de carvão mineral no processo de produção do ferro-gusa e do aço;

d) a utilização de combustíveis como matéria-prima em processos industriais, como, por exemplo, a utilização de gás natural na produção de ureia.

Os combustíveis que não são utilizados exclusivamente para produção de energia, ou seja, aqueles que também são utilizados como agente redutor ou como matéria-prima, devem ser declarados no Formulário de Matéria-Prima/Insumos Utilizados na Produção.”

Assim, as pessoas que exercem as atividades listadas no Anexo A devem preencher as seguintes informações no formulário (Figura 7):

- Ano de declaração
- Identificação de Categoria de Atividade
- Detalhe (Subcategoria de Atividade)
- Tipo de Fonte Energética
 - Quantidade Consumida
 - Unidade de Medida

Figura 7 - Formulário Fontes Energéticas: Preenchimento de Quantidade Consumida de Energia

The image shows a web form titled 'Fonte Energética'. It contains the following fields:

- Tipo de Fonte Energética:** A dropdown menu currently showing '--selecione--'.
- Quantidade Consumida:** A text input field with a red border.
- Unidade de Medida:** A dropdown menu currently showing '-- Selecione --'.
- Observações:** A large text area for notes.

Fonte: IBAMA

A partir dos valores informados pelos empreendimentos, o Formulário sugere automaticamente valores sugeridos de densidade e poder calorífico para a fonte energética escolhida (Figura 8). Caso justificados, os valores sugeridos podem ser alterados pelo usuário a preencher o documento.

Figura 8 - Formulário Fontes Energéticas - Valores de Densidade e Poder Calorífico sugeridos

The image shows a section of the form with the following text and controls:

Os números apresentados abaixo se referem a valores padrão, você pode alterá-los clicando no link **Alterar Valor**.

Densidade: * [input field] [List](#) **Poder Calorífico Interior:** * [input field] [TJR](#)

Below each input field is a blue link: [Alterar Valor](#)

Fonte: IBAMA

Após esses passos, o sistema calcula automaticamente a quantidade de Energia em Terajoules e de Emissões de CO₂ em toneladas, de acordo com a fonte energética selecionada. A energia é convertida de acordo com sua quantidade de

poder calorífico para a unidade de Terajoule e as emissões são convertidas de acordo com o fator médio de CO₂. As conversões e unidades utilizadas para a conversão de energia pelo sistema estão descritas no Anexo B deste trabalho. O fator médio de emissão de CO₂ utilizada pelo IBAMA para cada fonte energética é proveniente do “Energy Statistic Manual”, publicado pela Agência Internacional de Energia (IEA).

O IBAMA publica anualmente a base de dados contendo as informações obtidas neste formulário.

3. METODOLOGIA

Inicialmente se procedeu um levantamento bibliográfico sobre as políticas e iniciativas governamentais da indústria brasileira em relação à transição energética, que foi utilizado para compor a fundação teórica do trabalho. E, depois, foi estudado o consumo de energia da Indústria Química Brasileira sob o contexto da transição energética, por meio de uma análise do relatório “*Fontes Energéticas*” do ano de 2022, fornecido pelo IBAMA. Esta base de dados foi escolhida por conter informações-chave para compreender o perfil de consumo do setor químico. O estudo foi construído a partir dos indicadores relacionados à quantidade de energia consumida e emissões geradas pelo setor no ano de 2022.

Para selecionar os indicadores ideais para esse estudo, buscou-se compreender os seguintes tópicos:

- a. Expressividade da Indústria Química dentre os outros setores potenciais poluidores;
- b. Caracterização do perfil de consumo energético da Indústria Química segundo as informações declaradas pelas empresas ao IBAMA.

Os indicadores selecionados para contemplar as informações de cada tópico supracitado e a forma em que foram extraídos da base de dados estão descritos abaixo.

3.1 Expressividade da Indústria Química dentre os outros setores potenciais poluidores

Para este tópico, as análises foram realizadas para quantificar a participação da Indústria Química em relação ao consumo de energia e emissões de CO₂ dentre as outras Categorias de Atividade, que correspondem aos outros setores potenciais poluidores determinados pelo IBAMA. Assim, quantificou-se:

- Consumo de Energia (TJ) por Categoria de Atividade
- Emissões de CO₂ (ton) por Categoria de Atividade
- Comparativo de consumo de energia (TJ) e emissões de CO₂ (ton) por Categoria de Atividade

3.2 Caracterização do perfil de consumo energético da Indústria Química segundo as informações declaradas pelas empresas ao IBAMA

Foi filtrada na base de dados apenas a Categoria de Atividade 15, que corresponde a Indústria Química. Dessa forma, pôde-se caracterizar especificamente o setor químico e suas principais nuances em relação às emissões de dióxido de carbono. Dessa forma, foram quantificados os indicadores:

- Consumo de Energia (TJ) por subcategoria de atividade
- Consumo de Energia (TJ) por Fonte Energética
- Consumo de Energia (TJ) por Fonte Energética, exceto Eletricidade
- Consumo de Energia (TJ) por fonte de Energia Elétrica
- Emissões de CO₂ (ton) por Fonte Energética
- Comparativo de consumo de energia (TJ) e emissões de CO₂ (ton) por Categoria de Atividade

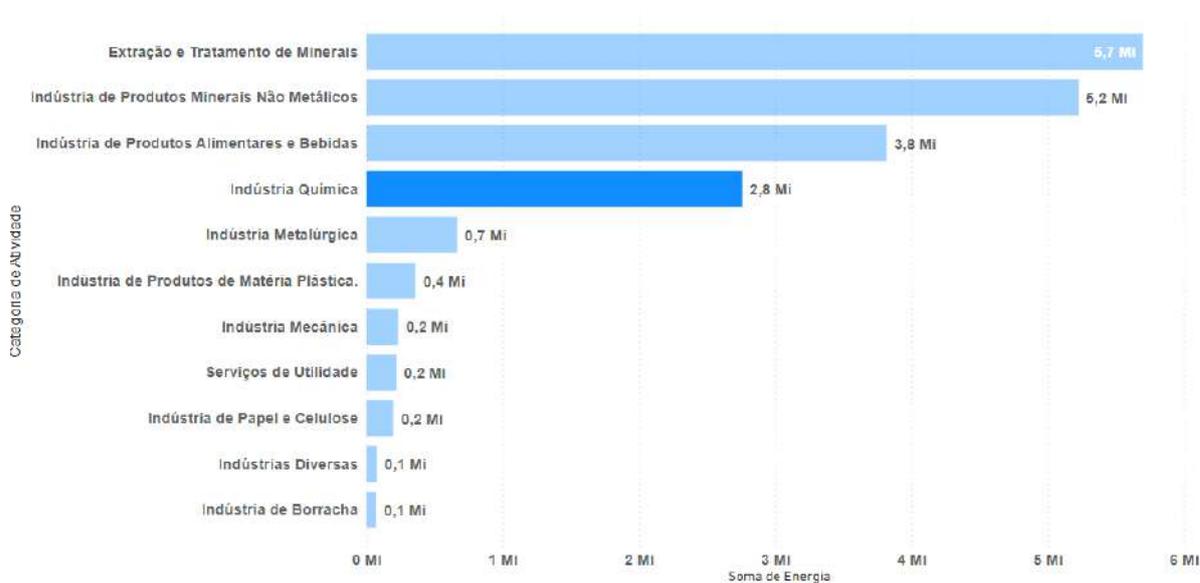
A partir dos indicadores selecionados acima, foram plotados gráficos com base nos dados de interesse de cada tópico e discutida a situação identificada.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Expressividade da Indústria Química dentre os outros setores potenciais poluidores

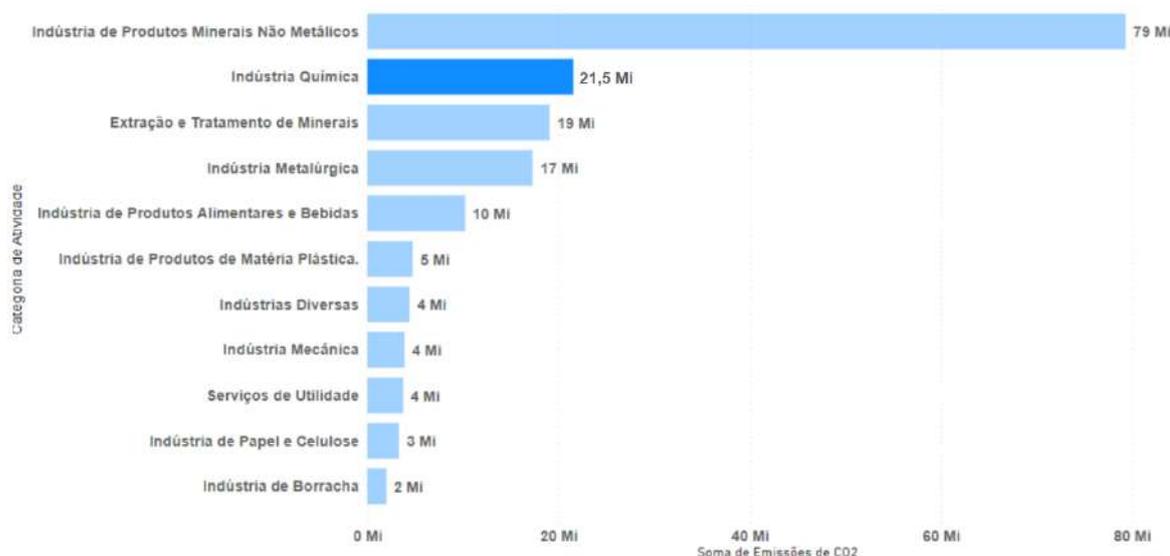
Iniciou-se a análise fazendo a identificação da participação da Indústria Química em 2022 no consumo de energia e na quantidade de emissões de CO₂ em relação às outras Categorias de Atividade segundo os dados declarados ao IBAMA (Figuras 9 e 10).

Figura 9 - Consumo de Energia (TJ) em 2022 por Categoria de Atividade



Fonte: Elaboração própria.

Figura 10 - Emissões de CO₂ (ton) em 2022 por categoria de atividade



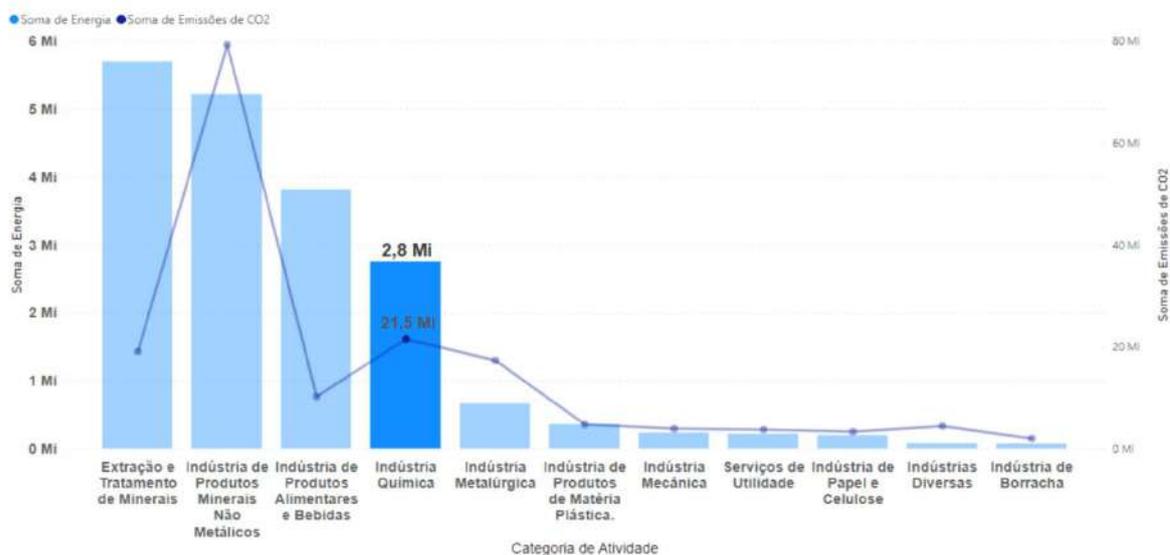
Fonte: Elaboração própria.

De acordo com os dados, as empresas de atividades potenciais poluidoras da indústria química brasileira consumiram 2,8 milhões TJ e emitiram 21,5 milhões de toneladas de CO₂ no ano de 2022. A partir dos gráficos acima conclui-se também que, nesse mesmo ano, dentre todos os outros segmentos potencialmente poluidores, a indústria química foi a quarta maior consumidora de energia e a segunda maior emissora de CO₂.

Estes resultados são provenientes da soma de consumo e emissões de todas as instituições que submeteram o relatório ao IBAMA. Observe que os valores acima incluem o uso de todas as fontes energéticas.

No comparativo de consumo de energia vs. emissões de CO₂, pode-se avaliar que a Indústria Química polui menos do que consome, proporcionalmente (Figura 11). Da mesma forma, observa-se este comparativo nas indústrias de Extração e Tratamento de Minerais e nas Indústrias de Produtos alimentícios e bebidas. Entretanto, estas duas últimas apresentam maior consumo de energia e menor quantidade de emissões.

Figura 11 - Comparativo de consumo de energia (TJ) e emissões de CO₂ (ton) por Categoria de Atividade



Fonte: Elaboração própria.

4.2 Caracterização do perfil de consumo energético da Indústria Química

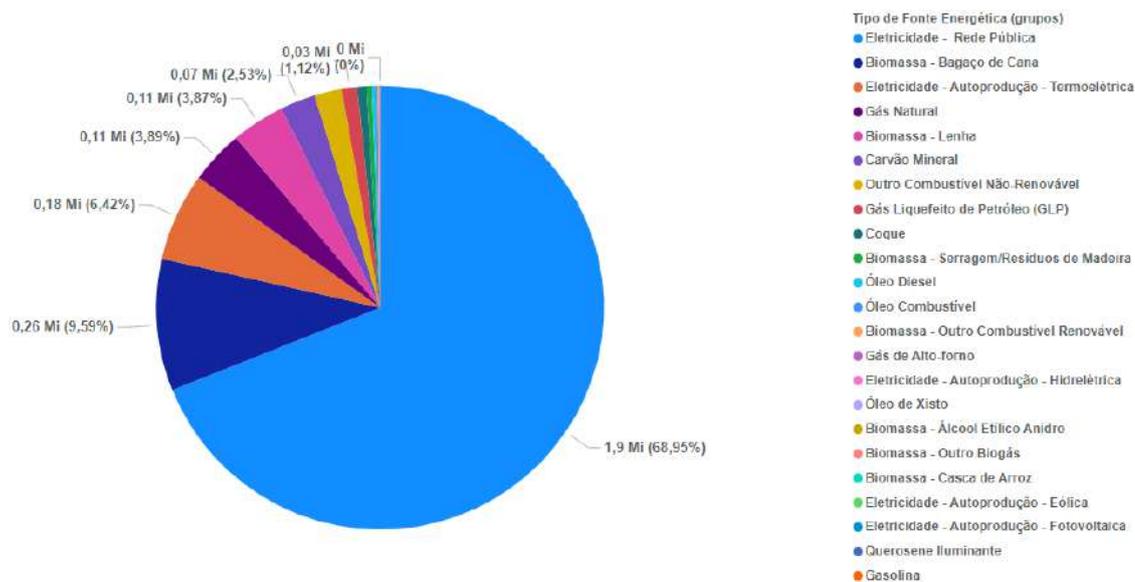
Para analisar especificamente o consumo da indústria química, filtrou-se no relatório “Fontes Energéticas” de 2022 apenas os dados relativos à Categoria de Atividade 15 (Indústria Química).

De imediato, observe que não são os mesmos dados referentes ao Setor Químico fornecidos pelo Balanço Energético Nacional. Isto se deve por dois motivos: os dados utilizados neste trabalho representam apenas um recorte de todo o setor, que tem mais de 47 mil empresas, enquanto na análise há um espaço amostral de pouco mais de 2 mil. Além disso, a procedência das informações é outra. Enquanto no Balanço Energético Nacional são informações oficiais coletadas pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), o RAPP é exclusivamente composto por informações fornecidas pelas próprias empresas. São dados declaratórios para fins parafiscais, a cobrança de taxa.

Dessa forma, os cálculos e a coleta destes dados não obedecem a mesma metodologia e, portanto, também não refletem a mesma realidade.

Na Figura 12 pode-se observar que a matriz energética da Indústria Química de acordo com o relatório do IBAMA é extremamente diversa, contendo muitas opções renováveis e não renováveis de fontes energéticas.

Figura 12 - Quantidade de Energia Consumida (TJ) pela Indústria Química por Fonte Energética



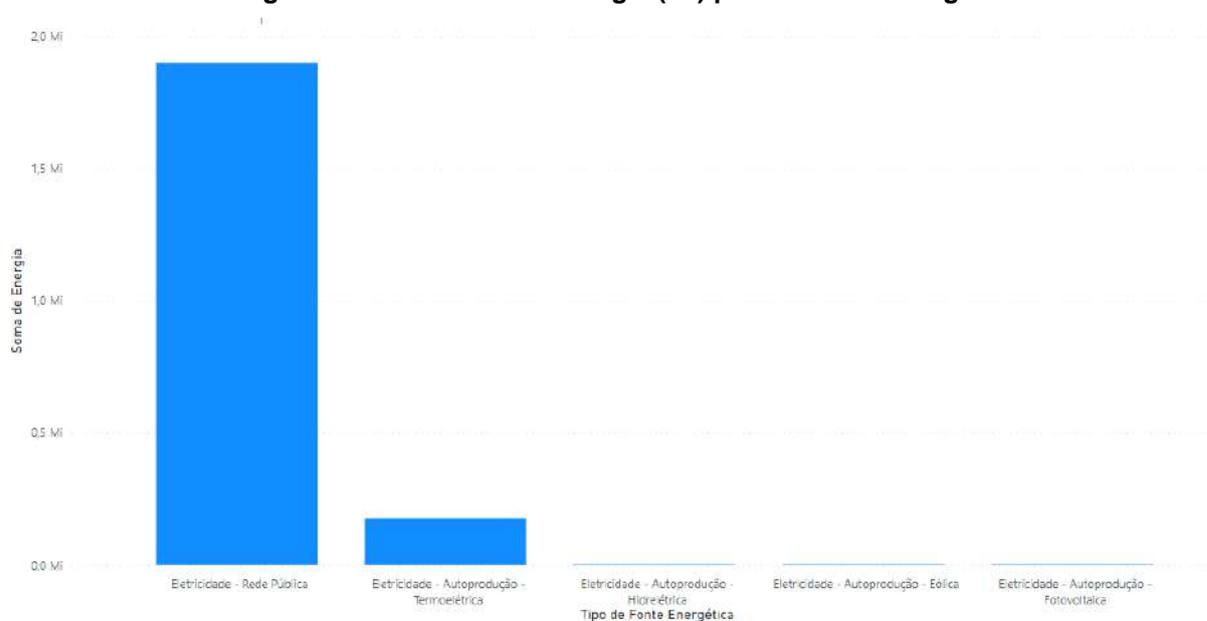
Fonte: Elaboração própria.

Apesar da variedade de fontes energéticas observada, a eletricidade abastecida via rede pública teve participação de quase 70% do consumo das empresas submetidas à taxa de fiscalização ambiental no setor químico. Essa expressividade parece favorável em termos de transição energética, pois a eletrificação dos processos industriais é uma das vias para se reduzir a queima de combustíveis fósseis, além de refletir a matriz de energia elétrica brasileira que é majoritariamente renovável (87,9%).

A energia elétrica também pode provir de geração própria, denominada de autoprodução de energia (Figura 13). Apesar de ser uma alternativa interessante para a transição energética - nos âmbitos econômico e ambiental - pela exploração da energia solar e eólica, a autoprodução ainda representa cerca de 10% do consumo total de energia elétrica declarada ao IBAMA. Entre as 2097 empresas da indústria química que submeteram o relatório sobre as fontes energéticas, apenas 62 declararam serem autoprodutoras. Apesar das dificuldades em torno do investimento inicial, na medida em que passa a ser uma atividade integrada à empresa e

internalizada em seu organograma, a autoprodução de energia pode trazer benefícios significativos como a redução de custos operacionais, a melhoria da segurança energética e a redução das emissões de gases de efeito estufa.

Figura 13 - Consumo de Energia (TJ) por Fonte de Energia Elétrica



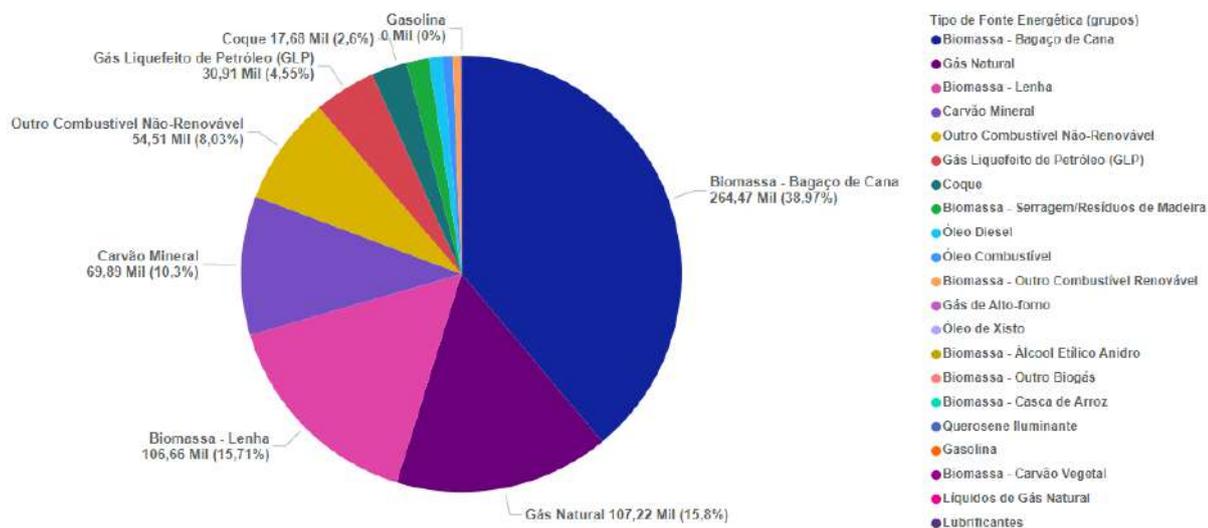
Fonte: Elaboração própria.

A maior fonte de energia elétrica por autoprodução foi a termoeletricidade, mas, o consumo foi relativamente pequeno: apenas 177 mil terajoules.

Pelo formulário “Fontes Energéticas”, o consumo de energia por eletricidade não gera contingente de emissões de CO₂. (apesar de, na prática, a cadeia elétrica gerar emissões ao longo de sua transmissão e distribuição). Isso significa que as 21,5 milhões de toneladas de CO₂ emitidas pela indústria química em 2022 são provenientes do restante das fontes energéticas do gráfico da Figura 12, e, dessa forma, devem ser destrinchados para melhor compreensão da análise.

Na figura 14 verifica-se a participação de cada fonte energética no consumo de energia da indústria química, com exceção da eletricidade.

Figura 14 - Quantidade de Energia Consumida (TJ) por Fonte Energética (exceto Eletricidade)



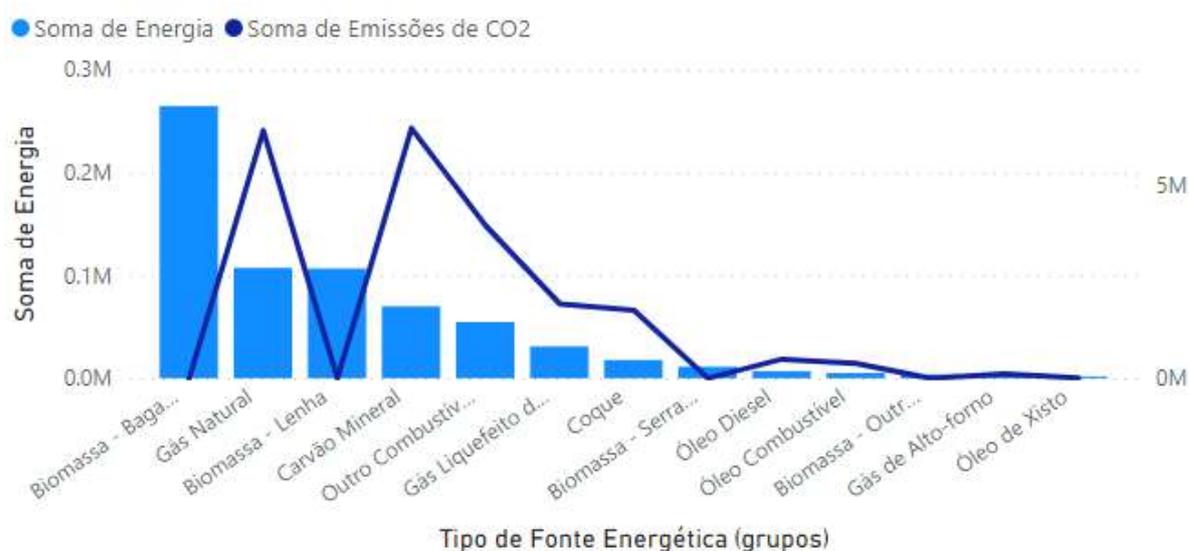
Fonte: Elaboração própria.

As outras fontes energéticas além da eletricidade correspondem a cerca de 24% do consumo das empresas da amostra da indústria química brasileira que está cadastrada no IBAMA: em 2022, cerca de 679 mil TJ. O resultado desta participação foi a emissão de 21,5 milhões de toneladas de CO₂ na atmosfera no mesmo ano. Assim, destaca-se que, apesar da grande participação da eletricidade na matriz energética das grandes empresas químicas com potencial poluidor, deve-se atentar para as demais fontes energéticas que são responsáveis por um dos maiores contingentes de emissões industriais do Brasil.

A leitura da Figura 14, por mostrar grande disparidade em relação aos dados recolhidos no Balanço Energético Nacional, permite colocar em dúvida a representatividade desta amostra de empresas e da metodologia de coleta dessas informações. Com base nas informações acima, excetuando à eletricidade, a biomassa é a fonte energética mais importante. Ela provém do bagaço da cana-de-açúcar e da lenha. Não é o que mostra o Balanço Energético Nacional (BEN), em que a participação de ambos no consumo total da indústria química nacional é bastante reduzida.

Para compreender melhor quais são os principais responsáveis pelas emissões nessa parcela da indústria química, procedeu-se uma comparação, apresentada na Figura 15, da soma do consumo de energia com a soma das emissões geradas pela mesma fonte energética.

Figura 15 - Comparativo de consumo de energia e emissões de CO₂ por fonte energética



Fonte: Elaboração própria.

Por serem fontes renováveis, as fontes a partir de Biomassa (Cana, Lenha etc) não geram CO₂ para a quantificação de emissões do relatório Fontes Energéticas. O mesmo critério que aquele utilizado pelo consumo de eletricidade. Dessa forma, as emissões provenientes da parte da indústria química brasileira em tela vêm majoritariamente do Gás Natural, Carvão Mineral, GLP, Coque e de outros combustíveis não-renováveis. Essas cinco categorias juntas são responsáveis pela emissão de 20,6 das 21,5 milhões de toneladas geradas de CO₂; ou seja, correspondeu a nada menos que 96% destas.

O valor expressivo de emissões de CO₂ provenientes de combustíveis fósseis, a despeito dos problemas representatividade e metodologia com a amostra, corrobora o quanto eles contribuem para as mudanças climáticas e o papel da indústria química.

Ademais, a importância do consumo de energias renováveis não necessariamente é feita de forma sustentável. Por exemplo, é necessário atentar-se

às práticas de desmatamento sem controle para obtenção de lenha, o que degrada o ambiente e impacta a biodiversidade local. Além da lenha, o uso da cana-de-açúcar também pode enfrentar desafios ambientais, como a expansão descontrolada das áreas de cultivo, o que traz impactos negativos significativos à disponibilidade e qualidade de recursos hídricos e à diversidade da fauna e da flora.

Dessa forma, para que esse grande contingente de emissões provenientes do Setor Químico consiga de fato decrescer nos próximos anos, é essencial que uma série de medidas sejam tomadas em prol dessa problemática ambiental:

- a. Independente da fonte energética, deve-se investir na pesquisa referente a eficiência energética dos processos industriais, para que as atividades que ainda não conseguem deixar de utilizar combustíveis fósseis possam poluir cada vez menos em seu exercício.
- b. Deve-se continuar, por meio do governo, o incentivo ao uso de fontes renováveis, de forma que o crescimento da oferta interna desse tipo de energia permaneça crescente. Com o estímulo à adoção da autoprodução por meio de parques eólicos e solares, as grandes empresas eletrointensivas poderão descarbonizar cada vez mais suas matrizes energéticas, ao invés de depender de combustíveis fósseis para a geração de energia.
- c. Inovação tecnológica: Ao passo que o estudo em relação a eficiência energética acontece, deve-se desenvolver novas tecnologias que consigam substituir os processos extremamente dependentes de combustíveis fósseis por processos que utilizem energias limpas. É imprescindível que esse avanço ocorra para que se consiga adotar tecnologias sustentáveis que sejam rentáveis ao cotidiano da indústria.
- d. Por fim, com a grande disparidade vista entre os dados oficiais do governo (BEN) e da ferramenta parafiscal analisada (RAPP), conclui-se que é de extrema importância que o governo pare de negligenciar o monitoramento de emissões de gases de efeito estufa. A negligência governamental tem se manifestado pela falta de cumprimento e fiscalização efetiva das regulamentações ambientais existentes, permitindo que as empresas

continuem operando sem adotar medidas adequadas de redução de emissões. É preciso que as políticas públicas mencionadas ao longo do trabalho, juntamente com os instrumentos de fiscalização já instaurados pelo governo, sejam utilizados e monitorados de forma plena, recolhendo a quantidade correta de taxas e acompanhando a evolução de emissões diligentemente.

5. CONCLUSÕES

Neste trabalho, para analisar o consumo de energia e emissões de CO₂ do segmento de empresas que exercem atividades potencialmente poluidoras na indústria química brasileira, utilizou-se a base de dados de 2022 do formulário “Fontes Energéticas”, do Relatório de Atividades Potencialmente Poluidoras e Utilizadoras de Recursos Ambientais (RAPP), publicado pelo IBAMA anualmente. Nessa base de dados encontrou-se a quantidade de energia consumida, os tipos de fonte energética e a quantidade de emissões de dióxido de carbono geradas pelas empresas que exercem atividades potencialmente poluidoras e submeteram o formulário do RAPP como requerido pelo IBAMA.

De acordo com a base de dados do IBAMA, a indústria química brasileira consumiu cerca de 2,8 milhões de terajoules e emitiu 21,5 milhões de toneladas de CO₂ no ano de 2022. Dentre todos os outros segmentos potencialmente poluidores, foi a quarta maior consumidora de energia e segunda maior emissora de CO₂.

Entre as fontes energéticas, a eletricidade proveniente da rede pública é majoritária, com participação de quase 70% do consumo de energia total da indústria química em 2022. Esse é um dado que poderia ser interessante pois, como citado no capítulo de fundamentação teórica, a eletrificação dos processos é uma importante solução para mitigar as emissões de gases de efeito estufa.

Além da energia elétrica, as outras fontes participam em cerca de um quarto do consumo; 24% ou 679 mil terajoules. Considerando que a eletricidade não contabiliza emissões de CO₂ no relatório do IBAMA, todas as emissões relatadas no formulário advém dessas outras fontes. O fato de não registrar a parte térmica da eletricidade proveniente, por exemplo, da queima do gás natural e derivados de petróleo faz desaparecer uma parte das emissões de responsabilidade das empresas químicas.

No que tange às emissões provenientes do setor químico, sempre considerando o banco de dados do IBAMA, as principais fontes identificadas, responsáveis por 96% das 21,5 milhões de toneladas equivalentes de CO₂, são o gás natural, carvão mineral, GLP, coque e outros combustíveis não-renováveis (categoria composta majoritariamente por óleo combustível). O resultado é o esperado tendo em

vista a intensidade energética e o fato de que, na transformação química, o hidrocarboneto ser matéria-prima e fonte de energia ao mesmo tempo.

Em relação às outras fontes de energia que têm contribuição significativa para o consumo energético e não geram emissões, destaca-se a biomassa. No setor, utiliza-se principalmente as biomassas provenientes da cana-de-açúcar e lenha. Essas fontes são renováveis e de origem agrícola e, portanto, não somente capturam dióxido de carbono pela fotossíntese, mas também geram renda no interior do país. Apesar desses benefícios, como visto, elas, podem acarretar mais emissões de forma indireta, se suas cadeias produtivas não forem gerenciadas de forma sustentável e adequada.

Há muito a ser feito para acelerar a transição energética e não foram poucas as iniciativas governamentais em favor da eficiência energética, proteção ambiental e mitigação das emissões como mostrou a revisão feita neste estudo. A importância do IBAMA, da taxa de fiscalização e do cadastro das empresas altamente poluidoras e intensivamente utilizadoras de recursos naturais para a eficiência deste aparato institucional é inquestionável.

Contudo, frente ao Balanço Energético Nacional, a disparidade das informações obtidas por meio do banco de dados da instituição, a natureza declaratória dessas informações, a distinta e particular metodologia de coleta, faz se perguntar sobre a coerência das políticas públicas e sobre a eficácia de instrumentos de monitoramento e fiscalização. Também não deixa de revelar o descaso em relação às questões ambientais reinante nos últimos dois governos, do Presidente Temer e do Presidente Bolsonaro.

À luz do exposto, fica evidente que a indústria química ainda é uma das principais geradoras de emissões de gases de efeito estufa em virtude do elevado consumo de energia. O processo químico, a transformação industrial no setor, as empresas químicas, em particular as maiores, ainda dependem intensamente de combustíveis fósseis, até mesmo no Brasil, onde o carvão tem participação residual no consumo total.

As fontes renováveis de energia são as alternativas que, no Brasil, têm participação significativa na matriz do segmento. Neste sentido, é indispensável a

intensificação de pesquisa e desenvolvimento em energias renováveis, em processos mais eficientes, em trajetórias tecnológicas menos agressivas ao meio ambiente e, em especial, que tenham menores emissões de gases de efeito estufa.

Além do aumento da participação de energias renováveis, é imprescindível o papel do governo em acompanhar de perto o exercício das políticas públicas relacionadas à sustentabilidade e transição energética. O Estado deve incentivar o uso de energias renováveis enquanto monitora corretamente suas políticas de fiscalização que desestimulam o aumento de emissões de gases de efeito estufa.

Se utilizadas de forma sustentável, as energias renováveis podem ser a alavanca para indústria química brasileira se reerguer no cenário mundial e contribuir para o país bem se posicionar na transição energética em andamento.

6. REFERÊNCIAS

ABIQUIM. **O Desempenho da Indústria Química Brasileira, 2020**. Disponível em: <https://abiquim-files.s3-us-west-2.amazonaws.com/uploads/guias_estudos/Livreto_Enaiq_2020.pdf> Acesso em: 7 de julho de 2023.

ABIQUIM. **O Desempenho da Indústria Química Brasileira, 2022**. Disponível em: <https://www.enaiq.org.br/wp-content/uploads/2022/12/Relatorio_2022.pdf> Acesso em: 7 de julho de 2023.

ABIQUIM, DELOITTE. **Um outro futuro é possível: Perspectivas para o setor**.

ABIQUIM. [S.l.]. 2018. Disponível em:

<<https://www2.deloitte.com/br/pt/pages/energy-and-resources/articles/abiquim-setor-quimico.html>> Acesso em: 7 de julho de 2023.

BARCELLOS, Felipe. **As emissões brasileiras de gases de efeito estufa nos setores de Energia e de Processos Industriais em 2019**. Instituto de Energia e Meio ambiente - IEMA. Disponível em: <<https://energiaeambiente.org.br/as-emissoes-brasileiras-de-gases-de-efeito-estufa-nos-setores-de-energia-e-de-processos-industriais-em-2019-20201201>>. Acesso em: 7 de julho de 2023.

BARBIERI, José Carlos. **Gestão Ambiental Empresarial: Conceitos, Modelos e Instrumentos**. São Paulo: Saraiva, 2007.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Análise da Eficiência Energética em Segmentos Industriais Selecionados Segmento Químico**. EPE – Empresa de Pesquisa Energética, 2017. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-314/topico-407/Produto%208%20-%20Relatorio%20de%20qu%C3%ADmica.pdf>> Acesso em: 30 de junho de 2023.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Atlas da Eficiência Energética**. Relatório de Indicadores. EPE – Empresa de Pesquisa Energética, 2022. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao->

741/Atlas_Eficiencia_Energetica_Brasil_2022.pdf> Acesso em: 30 de junho de 2023.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras e Utilizadoras de Recursos Ambientais – CTF/APP.**

Disponível em:

<https://sei.ibama.gov.br/documento_consulta_externa.php?id_acesso_externo=1000047&id_documento=16687775&infra_hash=66a45e29f5bcb6ba87b020d27acf12f2>

Acesso em: 30 de junho de 2023.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Formulário Emissões Atmosféricas – Fontes**

Energéticas. Disponível em:

<https://servicos.ibama.gov.br/ctf/manual/html/manual_formulario_emissoes_atmosfericas_fontes_energeticas.pdf> Acesso em: 30 de junho de 2023.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Instrução Normativa nº 6, de 24 de março de 2014.** Disponível em:

<https://www.ibama.gov.br/phocadownload/relatorios/atividades_poluidoras/IN_06_2014_compilada_2019.pdf> Acesso em: 30 de junho de 2023.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Relatório Anual de Atividades Potencialmente Poluidoras e Utilizadoras de Recursos Ambientais (RAPP).** IBAMA, 2016.

Disponível em:

<https://servicos.ibama.gov.br/phocadownload/manual/guia_emissoes_fontes_energeticas_v3.pdf> Acesso em: 28 de junho de 2023.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2032. Caderno de Demanda de Eletricidade.** Superintendência de Estudos Econômicos e Energéticos. EPE – Empresa de Pesquisa Energética, outubro de 2022. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-689/topico->

640/Caderno%20de%20Demanda%20de%20Eletricidade%20-%20PDE%202032.pdf> Acesso em: 30 de junho de 2023.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados de Petróleo e do Gás Natural - CONPET**. Subchefia para Assuntos Jurídicos, 1991. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/dnn/anterior_a_2000/1991/dnn213.htm#:~:text=DECRETO%20DE%2018%20DE%20JULHO,CONPET%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%A2ncias.f> Acesso em: 30 de junho de 2023

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Taxa de Controle e Fiscalização Ambiental (TCFA)**. Disponível em: <<https://www.gov.br/ibama/pt-br/servicos/taxas/tcfa/sobre-a-tcfa>> Acesso em: 28 de junho de 2023.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Portaria n. 594/2011**. Brasília, 2011. Disponível em: <<https://www.gov.br/mme/pt-br/aceso-a-informacao/legislacao/portarias/2010/portaria-n-594-2011.pdf/view>> Acesso em: 30 de junho de 2023.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Empresas da iniciativa RedEE Indústrias economizam 38,12 GWh/ano com ações de eficiência energética**, 2021. Disponível em: <<https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/empresas-da-iniciativa-redee-industrias-evitam-o-consumo-de-38-12-gwh-ano-com-aco-es-de-eficiencia-energetica>> Acesso em: 28 de junho de 2023.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Portaria nº 594, de 28 de abril de 2011**. Normas Regulamentadoras. Norma Regulamentadora nº 35 - Trabalho em Altura. Normas Brasil. Disponível em: <https://www.normasbrasil.com.br/norma/portaria-594-2011_233482.html> Acesso em: 30 de junho de 2023.

BRASIL. **Lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997**. Dispõe sobre a política energética nacional, as atividades relativas ao monopólio do petróleo, institui o Conselho Nacional de Política Energética e a Agência Nacional do Petróleo. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 7 ago. 1997. Disponível em:

<https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9478.htm.> Acesso em: 30 de junho de 2023.

BRASIL. **Lei nº 9.991, de 24 de julho de 2000.** Dispõe sobre a realização de investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética nas empresas concessionárias de energia elétrica. Brasília, DF, 2000. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9991.htm.> Acesso em: 30 de junho de 2023.

BRASIL. **Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001.** Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia. Brasília, DF, 2001. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10295.htm.> Acesso em: 30 de junho de 2023.

BRASIL. **Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica - PROCEL. Portaria nº 1.877, de 20 de dezembro de 1985.** Brasília, DF, 1985. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/ptbr/assuntos/secretarias/spe/procel/portaria_1877_1985.pdf.> Acesso em: 30 de junho de 2023.

BRASIL. **Resolução Normativa ANEEL Nº 1.059 de 7 de fevereiro de 2023.** Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, 2023. Disponível em: <<https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren20231059.pdf>> Acesso em: 28 de junho de 2023.

CEMBALEST, Michael. **Eye On The Market - 2021 Annual Energy Paper.** Jp Morgan Asset And Wealth Management, 2021. Disponível em: <<https://am.jpmorgan.com/content/dam/jpm-am-aem/global/en/insights/eye-on-the-market/future-shock-amv.pdf>> Acesso em: 14 de maio de 2023.

Conselho Federal de Química. **1956 – O ano de criação do Sistema CFQ/CRQs.** 2021. Disponível em: <<https://cfq.org.br/noticia/1956-o-ano-de-criacao-do-sistema-cfq-crqs/>> Acesso em: 20 de julho de 2023.

Confederação Nacional da Indústria. **Pesquisa Indústria e Sustentabilidade.** Grupo FSB, 2021. Disponível em: <<https://static.poder360.com.br/2021/10/Pesquisa-Indu%CC%81stria-e-Sustentabilidade-Me%CC%81dias-e-Grandes-.pdf>> Acesso em: 7 de julho de 2023.

CONPET. **Programa Brasileiro de Etiquetagem**. 4 Junho 2012. Disponível em: <http://www.conpet.gov.br/portal/conpet/pt_br/conteudo-gerais/programa-brasileiro-de-etiquetagem-1.shtml> Acesso em: 30 de junho de 2023.

HOWE, Cymene. **Latin America in the Anthropocene: Energy Transitions and Climate Change Mitigations**. The Journal of Latin American and Caribbean Anthropology, 20(2), 231–241. Rice University, Department of Anthropology, 2015. Disponível em: <<https://scholarship.rice.edu/bitstream/handle/1911/88451/LatinAmericaAnthropocene.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> Acesso em: 14 de maio de 2023.

MELO, Luciane; PEREIRA, Felipe dos Santos; SAVIGNON, Livia Tristão. **Química - Panoramas setoriais: Mudanças Climáticas**. Rio de Janeiro: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 2016 p. 55-63. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/7208/1/Qu%C3%ADmica_P.pdf> Acesso em: 7 de julho de 2023.

NAÇÕES UNIDAS. **Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento: estabelece uma abordagem equilibrada e integrada das questões relativas a meio ambiente e desenvolvimento – Agenda 21**. Brasília, Câmara dos Deputados, Coordenação de Publicações, 1995. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/528199/mod_resource/content/0/Agenda%2021.pdf> Acesso em: 30 de junho de 2023.

NAÇÕES UNIDAS. **Emissions Gap Report 2022: The Closing Window — Climate crisis calls for rapid transformation of societies**. Nairobi, 2022. Disponível em: <<https://www.unep.org/emissions-gap-report-2022>>

NAÇÕES UNIDAS. **Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <<https://brasil.un.org/sites/default/files/2020-09/agenda2030-pt-br.pdf>> Acesso em: 30 de junho de 2023.

NAÇÕES UNIDAS. **Conferência das Nações Unidas sobre Mudança Climática – COP 21**. Disponível em: <<https://wricidades.org/eventos/cop-21->

confer%C3%Aancia-das-na%C3%A7%C3%B5es-unidas-para-mudan%C3%A7as-clim%C3%A1ticas> Acesso em: 30 de junho de 2023.

NAÇÕES UNIDAS. **O Futuro Que Queremos**. Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável – Rio +20. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <http://www.rio20.gov.br/documentos/documentos-da-conferencia/o-futuro-que-queremos/at_download/the-future-we-want.pdf> Acesso em: 30 de junho de 2023.

Observatório do Clima. Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa - SEEG. **Análise das emissões brasileiras de Gases Efeito Estufa e suas implicações para as metas de clima do Brasil 1970-2019**. 2020. Disponível em: <https://seeg-br.s3.amazonaws.com/Documentos%20Analiticos/SEEG_8/SEEG8_DOC_ANALITICO_SINTESE_1990-2019.pdf> Acesso em: 8 de julho de 2023.

Observatório do Clima. Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa - SEEG. **Análise das emissões de gases de efeito estufa e suas implicações para as metas climáticas do Brasil 1970-2021**. 2023. Disponível em: <<https://energiaeambiente.org.br/produto/analise-das-emissoes-de-gases-de-efeito-estufa-e-suas-implicacoes-para-as-metas-climaticas-do-brasil-1970-2021#:~:text=As%20emiss%C3%B5es%20brutas%20de%20gases,bilh%C3%B5es%20de%20toneladas%20de%20CO2e.>> Acesso em: 8 de julho de 2023.

SMIL, Vaclav. **21st Century Energy: Some Sobering Thoughts**. OECD Observer, no. 258-259, 2006. Disponível em: <<https://go.gale.com/ps/i.do?id=GALE%7CA161024070&sid=googleScholar&v=2.1&it=r&linkaccess=abs&issn=00297054&p=AONE&sw=w&userGroupName=anon%7E3d5bb27a&aty=open+web+entry>> Acesso em: 14 de maio de 2023.

SMIL, Vaclav. **Energia e Civilização: Uma História**. Tradução: Manuel Santos Marques. Book Builders, Novembro de 2021. Disponível em: <http://e-primatur.com/assets-uploads/1637411027_rvgozcf7kCvoL4tqonH.pdf> Acesso em: 14 de maio de 2023.

SMIL, Vaclav. **Energy transitions, renewables and rational energy use: A reality check**. University of Manitoba. Canadá, novembro de 2015. Disponível em:

<https://vaclavsmil.com/wp-content/uploads/VaclavSmil_EnergyTransitions_OECDObserver304_November2015_COP21_lowres.pdf> Acesso em: 14 de maio de 2023.

SMIL, Vaclav. **Examining energy transitions: A dozen insights based on performance.** University of Manitoba, Winnipeg, Manitoba, R3T 2N2. Elsevier Ltd. Canadá, 2016. Disponível em: <<https://vaclavsmil.com/wp-content/uploads/2010/02/2016-ERSS-Debating-Energy-Transitions-1.pdf>>. Acesso em: 14 de maio de 2023.

TACHIZAWA, Takeshy. **Gestão ambiental e responsabilidade social corporativa: estratégias de negócios focados na realidade brasileira.** São Paulo: Atlas, 2002.

WALTER, Arnaldo. **Emissões de gases de efeito estufa no setor de energia, no brasil.** Revista Brasileira de Energia, Campinas, v. 27, n. 3, p. 1-9, 1 jan. 2021. Disponível em: <<https://sbpe.org.br/index.php/rbe/article/view/646>> Acesso em: 20 de julho de 2023.

WEINBERG, Jack. **Um marco de ação para proteger a saúde humana e o meio ambiente das substâncias químicas tóxicas.** Curitiba: Apromac, 2009.

YERGIN, Daniel. **O Novo Mapa: Energia, Clima e o Conflito entre Nações.** Bookman Editora, Fevereiro de 2023.

YERGIN, Daniel. **Bumps in the Energy Transition.** Finance & Development, International Monetary Fund. Estados Unidos da América, Dezembro de 2022. p. 9-13.

ANEXO A – Atividades que devem preencher o formulário “Emissões Atmosféricas – Fontes Energéticas” (IBAMA)

Código	Descrição
1-2	Lavra a céu aberto, inclusive de aluvião, com ou sem beneficiamento

1-3	Lavra subterrânea com ou sem beneficiamento
1-4	Lavra garimpeira
1-5	Perfuração de poços e produção de petróleo e gás natural
1-7	Lavra garimpeira - uso de mercúrio metálico
2-1	Beneficiamento de minerais não metálicos não associados a extração
2-2	Fabricação e elaboração de produtos minerais não metálicos tais como produção de material cerâmico, cimento, gesso, amianto, vidro e similares
3-1	Fabricação de aço e de produtos siderúrgicos
3-2	Produção de fundidos de ferro e aço, forjados, arames, relaminados com ou sem tratamento de superfície, inclusive galvanoplastia.
3-3	Metalurgia dos metais não-ferrosos em formas primárias e secundárias inclusive ouro
3-4	Produção de laminados, ligas, artefatos de metais não-ferrosos com ou sem tratamento de superfície, inclusive galvanoplastia
3-5	Relaminação de metais não-ferrosos, inclusive ligas
3-6	Produção de soldas e anodos
3-7	Metalurgia de metais preciosos
3-8	Metalurgia do pó, inclusive peças moldadas
3-9	Fabricação de estruturas metálicas com ou sem tratamento de superfície, inclusive galvanoplastia
3-10	Fabricação de artefatos de ferro, aço e de metais não-ferrosos com ou sem tratamento de superfície, inclusive galvanoplastia
3-11	Têmpera e cementação de aço, recozimento de arames, tratamento de superfície

4-1	Fabricação de máquinas, aparelhos, peças, utensílios e acessórios com e sem tratamento térmico ou de superfície
4-2	Fabricação de máquinas, aparelhos, peças, utensílios e acessórios com e sem tratamento térmico ou de superfície - fabricação de motosserras
5-1	Fabricação de pilhas, baterias e outros acumuladores
5-2	Fabricação de material elétrico, eletrônico e equipamentos para telecomunicação e informática
5-3	Fabricação de aparelhos elétricos e eletrodomésticos
6-1	Fabricação e montagem de veículos rodoviários e ferroviários, peças e acessórios
6-2	Fabricação e montagem de aeronaves
6-3	Fabricação e reparo de embarcações e estruturas flutuantes
7-1	Serraria e desdobramento de madeira
7-2	Preservação de madeira
7-3	Fabricação de chapas, placas de madeira aglomerada, prensada e compensada
7-4	Fabricação de estruturas de madeira e móveis
8-1	Fabricação de celulose e pasta mecânica
8-2	Fabricação de papel e papelão
8-3	Fabricação de artefatos de papel, papelão, cartolina, cartão e fibra prensada
9-1	Beneficiamento de borracha natural
9-3	Fabricação de laminados e fios de borracha

9-4	Fabricação de espuma de borracha e de artefatos de espuma de borracha, inclusive látex
9-5	Fabricação de câmara de ar
9-6	Fabricação de pneumáticos
9-7	Recondicionamento de pneumáticos
10-1	Secagem e salga de couros e peles
10-2	Curtimento e outras preparações de couros e peles
10-3	Fabricação de artefatos diversos de couros e peles
10-4	Fabricação de cola animal
11-1	Beneficiamento de fibras têxteis, vegetais, de origem animal e sintéticos
11-2	Fabricação e acabamento de fios e tecidos
11-3	Tingimento, estamparia e outros acabamentos em peças do vestuário e artigos diversos de tecidos
11-4	Fabricação de calçados e componentes para calçados
12-1	Fabricação de laminados plásticos
12-2	Fabricação de artefatos de material plástico
13-1	Fabricação de cigarros, charutos, cigarrilhas e outras atividades de beneficiamento do fumo
14-1	Usinas de produção de concreto
14-2	Usinas de produção de asfalto
15-1	Produção de substâncias e fabricação de produtos químicos
15-2	Fabricação de produtos derivados do processamento de petróleo, de rochas betuminosas e da madeira

15-3	Fabricação de combustíveis não derivados de petróleo
15-4	Produção de óleos, gorduras, ceras, vegetais e animais, óleos essenciais, vegetais e produtos similares, da destilação da madeira
15-5	Fabricação de resinas e de fibras e fios artificiais e sintéticos e de borracha e látex sintéticos
15-6	Fabricação de pólvora, explosivos, detonantes, munição para caça e desporto, fósforo de segurança e artigos pirotécnicos
15-7	Recuperação e refino de solventes, óleos minerais, vegetais e animais
15-8	Fabricação de concentrados aromáticos naturais, artificiais e sintéticos
15-9	Fabricação de preparados para limpeza e polimento, desinfetantes, inseticidas, germicidas e fungicidas
15-10	Fabricação de tintas, esmaltes, lacas, vernizes, impermeabilizantes, solventes e secantes
15-11	Fabricação de fertilizantes e agroquímicos
15-12	Fabricação de produtos farmacêuticos e veterinários
15-13	Fabricação de sabões, detergentes e velas
15-14	Fabricação de perfumarias e cosméticos
15-15	Produção de álcool etílico, metanol e similares
15-17	Produção de substâncias e fabricação de produtos químicos - fabricação de preservativos de madeira
15-18	Fabricação de produtos derivados do processamento de petróleo - Resolução CONAMA nº 362/2005
15-19	Produção de óleos - Resolução CONAMA nº 362/2005
15-20	Produção de substâncias e fabricação de produtos químicos - uso de mercúrio metálico

15-21	Produção de substâncias e fabricação de produtos químicos - fabricação, formulação e /ou manipulação de produtos remediadores físico-químicos
15-22	Fabricação de preparados para limpeza e polimento, desinfetantes, inseticidas, germicidas e fungicidas - saneantes de uso domissanitário
16-1	Beneficiamento, moagem, torrefação e fabricação de produtos alimentares
16-2	Matadouros, abatedouros, frigoríficos, charqueadas e derivados de origem animal
16-3	Fabricação de conservas
16-4	Preparação de pescados e fabricação de conservas de pescados
16-5	Beneficiamento e industrialização de leite e derivados
16-6	Fabricação e refinação de açúcar
16-7	Refino e preparação de óleo e gorduras vegetais
16-8	Produção de manteiga, cacau, gorduras de origem animal para alimentação
16-9	Fabricação de fermentos e leveduras
16-10	Fabricação de rações balanceadas e de alimentos preparados para animais
16-11	Fabricação de vinhos e vinagre
16-12	Fabricação de cervejas, chopes e maltes
16-13	Fabricação de bebidas não-alcoólicas, bem como engarrafamento e gaseificação e águas minerais
16-14	Fabricação de bebidas alcoólicas

16-15	Matadouros, abatedouros, frigoríficos, charqueadas e derivados de origem animal - fauna silvestre
17-1	Produção de energia termoelétrica
17-2	Tratamento e destinação de resíduos industriais líquidos e sólidos
17-3	Disposição de resíduos especiais tais como: de agroquímicos e suas embalagens usadas e de serviço de saúde e similares
17-4	Destinação de resíduos de esgotos sanitários e de resíduos sólidos urbanos, inclusive aqueles provenientes de fossas
17-5	Dragagem e derrocamentos em corpos d'água
17-13	Tratamento e destinação de resíduos industriais líquidos e sólidos - pneumáticos inservíveis
17-56	Tratamento e destinação de resíduos industriais líquidos e sólidos - substância controlada pelo Protocolo de Montreal
17-57	Tratamento e destinação de resíduos industriais líquidos e sólidos - operações de recuperação e aproveitamento energético de resíduos sólidos
17-58	Tratamento e destinação de resíduos industriais líquidos e sólidos - operações de disposição final de resíduos sólidos
17-59	Tratamento e destinação de resíduos industriais líquidos e sólidos - operações de tratamento de resíduos sólidos
17-60	Tratamento e destinação de resíduos industriais líquidos e sólidos - reciclagem de resíduos sólidos, exceto recuperação e aproveitamento energético
19-1	Complexos turísticos e de lazer, inclusive parques temáticos

ANEXO B – Unidades de Medida e Fatores de Conversão do Relatório Fontes Energéticas (IBAMA)

Caloria (cal): Unidade de energia. Quantidade de energia necessária para elevar a temperatura de um grama de água em 1 °C, de 14,5 °C a 15,5 °C, sob pressão atmosférica normal.

Joule (J): Unidade de trabalho, de energia e de quantidade de calor. O joule é o trabalho produzido por uma força de 1 Newton, que leva o ponto de aplicação dessa força a deslocar-se por uma distância de 1 metro na direção da força.

Watt (W): Unidade de potência. O watt é a potência de um sistema energético no qual é transferida, contínua e uniformemente, a energia de 1 joule por segundo.

Watt-hora (Wh): Unidade de energia. Energia transferida uniformemente por um sistema de potência igual a 1 watt durante uma hora.

Quantidade consumida

1 tonelada (t) = 1000 quilogramas (kg)
 1 metro cúbico (m³) = 1000 litros (L)

■ Prefixos

Kilo (k) = 1.000

Mega (M) = 1.000.000

Giga (G) = 1.000.000.000

Tera (T) = 1.000.000.000.000

■ Energia

1 cal = 4,1868 J

■ Poder calorífico

1 kcal/kg → 0,0000041868 TJ/t