

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
ENERGIA**

**PADRÕES DE QUALIDADE DO AR E LIMITES DE EMISSÕES PARA AS
CENTRAIS TÉRMICAS: ANÁLISE DA LEGISLAÇÃO APLICADA AO
SETOR ENERGÉTICO NO BRASIL**

FERNANDA SOUSA MENDES MACIEL FERREIRA

Itajubá, 26 novembro de 2015.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
ENERGIA**

FERNANDA SOUSA MENDES MACIEL FERREIRA

**PADRÕES DE QUALIDADE DO AR E LIMITES DE EMISSÕES PARA AS
CENTRAIS TÉRMICAS: ANÁLISE DA LEGISLAÇÃO APLICADA AO
SETOR ENERGÉTICO NO BRASIL**

**Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação
em Engenharia de Energia como parte dos requisitos
para obtenção de título de Mestre em Engenharia de
Energia.**

**Área de concentração: Energia, Sociedade e Meio
Ambiente.**

**Orientador: Prof. Dr. Electo Eduardo Silva Lora
Co-orientador: Prof. Dr. Rubenildo Vieira Andrade**

**Novembro de 2015
Itajubá**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
ENERGIA**

FERNANDA SOUSA MENDES MACIEL FERREIRA

**PADRÕES DE QUALIDADE DO AR E LIMITES DE EMISSÕES PARA AS
CENTRAIS TÉRMICAS: ANÁLISE DA LEGISLAÇÃO APLICADA AO
SETOR ENERGÉTICO NO BRASIL**

Dissertação aprovada por banca examinadora em 26
de novembro de 2015, conferindo ao autor o título de
Mestre em Engenharia de Energia.

Banca Examinadora:

Dra. Cristina Aparecida Vilas Bôas de Sales Oliveira
Prof. Dr. Arnaldo Martin Martinez Reyes
Profa. Dra. Regina Mambeli Barros
Prof. Dr. Electo Eduardo Silva Lora
Prof. Dr. Rubenildo Vieira Andrade

**Itajubá
2015**

DEDICATÓRIA

Dedico a Deus, aos professores, amigos e familiares!

Como é feliz o homem que acha a sabedoria, o homem que obtém entendimento, pois a sabedoria é mais proveitosa do que a prata e rende mais do que o ouro. É mais preciosa do que rubis; nada do que você possa desejar se compara a ela. Os caminhos da sabedoria são caminhos agradáveis, e todas as suas veredas são paz. A sabedoria é árvore que dá vida a quem a abraça; quem a ela se apega será abençoado.

Provérbios 13-18

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter mudado a trajetória da minha vida, e traçado planos tão perfeitos para o meu futuro. Aos meus pais que me criaram, e me apresentaram Jesus como Salvador. Ao meu filho que foi e é o motivo de todo o meu esforço e dedicação. Ao meu marido que transmite tanto amor à família. A UNIFEI pela oportunidade. Aos professores Electo e Rubenildo pelos ensinamentos. A minha irmã Priscila, pelo auxílio com a dissertação. Aos colegas do NEST em especial: Juliana, Lucimara, Cristina, Mateus, Diego e Arquimedes pelo incentivo e apoio constantes. Ao CNPQ, pelo auxílio financeiro oferecido e pela oportunidade da realização da pesquisa.

RESUMO

Esta dissertação busca avaliar a legislação brasileira referente aos padrões de qualidade do ar e os padrões de emissões para centrais termoelétricas, analisando aspectos ambientais e regulatórios envolvidos na formalização da lei, visando a minimização dos impactos decorrentes da poluição.

Foram realizadas comparações dos padrões de emissão previstos nas legislações brasileira e internacional, a fim de verificar se o Brasil está ou não acompanhando o contexto mundial sobre o tema emissões. Procurou-se demonstrar como a lei de licenciamento ambiental e de zoneamento urbano são instrumentos importantes de combate preventivo da poluição em todas as suas áreas. Por fim, foram elaborados cenários comparativos das emissões totais no Brasil, caso fosse adotada a legislação internacional.

Como resultado desta abordagem, foi concluído de maneira geral que a lei brasileira se encontra desatualizada, necessitando de maior empenho e dedicação por parte do legislativo, haja vista que este assunto está ligado diretamente à saúde da sociedade.

Palavras-chave: Centrais Termoelétricas; Padrões de Emissões; Legislação; Energia; Padrões de Qualidade do ar;

ABSTRACT

This paper seeks to assess the legislation concerning air quality standards and standards limits for thermoelectric plants, analyzing the environmental and regulatory aspects involved in the formalization of the law, all aimed at minimizing the environmental impacts.

Emission limits of comparisons were made under Brazilian law and international law in order to verify whether or not Brazil is following the legal changes in the global context on the subject of emissions. It sought to demonstrate how the law of environmental licensing and zoning are important instruments to combat pollution in all its areas.

As a result of this approach, it was generally concluded that the Brazilian laws that are outdated, requiring greater commitment and dedication on the part of the legislature, given that this issue is directly linked to the health of society.

Keywords: Thermoelectric plants; Emissions standards; Legislation; Energy; Quality standards of air;

Sumário

INTRODUÇÃO	1
OBJETIVOS	4
Capítulo 1- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
1.1 SETOR ENERGÉTICO MUNDIAL.....	5
1.2. A POLUIÇÃO RESULTADO DA QUEIMA DE COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS	6
1.3 LEGISLAÇÃO FEDERAL BRASILEIRA: Padrões de qualidade do ar e limites para emissões de gases prejudiciais ao meio ambiente	10
1.4 LEGISLAÇÃO FEDERAL: Padrões de emissão para a queima de combustíveis fósseis na produção de energia	13
1.5 NORMAS INTERNACIONAIS REFERENTES A POLUIÇÃO DO AR.....	16
1.5.1 Banco Mundial e Organização Mundial da Saúde	16
1.5.2 Estados Unidos	18
1.5.3 União Europeia.....	22
1.6 LICENCIAMENTO AMBIENTAL E ZONEAMENTO INDUSTRIAL PARA PREVENÇÃO DA POLUIÇÃO DO AR.....	26
1.6.1 Licenciamento ambiental.....	27
1.6.2 Zoneamento Industrial.....	31
Capítulo 2 - METODOLOGIA	33
2.1. COMPARAÇÃO DOS PADRÕES DE QUALIDADE DO AR ESTABELECIDOS NO BRASIL E NO EXTERIOR	34
2.2. COMPARAÇÃO DOS PADRÕES DE EMISSÕES NACIONAIS E INTERNACIONAIS	34
2.2.1. Método para a conversão das unidades de g/Mcal para mg/Nm ³ presentes na resolução CONAMA 8/90 - Usinas a carvão/ óleo combustível.....	35
Capítulo 3 – RESULTADOS	37
3.1. AVALIAÇÃO CRÍTICA DA LEGISLAÇÃO DE COMBATE A POLUIÇÃO DO AR NO BRASIL	37
Conclusões parciais	39
3.2 ANÁLISE COMPARATIVA DOS PADRÕES DE QUALIDADE DO AR VIGENTES NO BRASIL E NO EXTERIOR.....	40
Conclusões Parciais	45
3.3. ANÁLISE COMPARATIVA DOS PADRÕES DE EMISSÕES.....	47
3.3.1 Análise comparativa dos padrões de emissões para usinas a carvão.....	47
3.3.2 Análise comparativa dos padrões de emissões para usinas a combustível líquido .	50
3.3.3 Análise comparativa dos padrões de emissões para usinas a gás	52
Conclusões parciais	53
3.4 ANÁLISE DOS PROGRAMAS BRASILEIROS DE COMBATE A POLUIÇÃO NO SETOR ENERGÉTICO	55
Capítulo 4 - CENÁRIOS COMPARATIVOS DE EMISSÕES TOTAIS NO BRASIL ATENDENDO OS PADRÕES INTERNACIONAIS.....	57

4.1	QUANTIDADE TOTAL DE POLUENTES GERADOS POR FONTES FOSSEIS SE BRASIL ADOTASSE OS PADRÕES ATUAIS DE EMISSÕES E POLUENTES.....	58
4.1.1.	Cenário para SO _x	59
4.1.2.	Cenário para MP.....	59
4.1.3.	Cenário para NO _x	60
4.2.	VALORAÇÃO DOS DANOS CAUSADOS POR POLUENTES.....	61
	Capítulo 5 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	64
5.1.	CONCLUSÕES.....	64
5.2.	RECOMENDAÇÕES.....	66
	Anexo A. Cálculos do volume dos gases para queima de Carvão adotados para a resolução CONAMA 8/90	68
	Anexo B. Cálculos do volume dos gases para queima de óleo combustível adotados para a resolução CONAMA 8/90	71
	BIBLIOGRAFIA	74

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Usinas geradoras em operação- Por tipo.....	1
Figura 2 – Usinas termoeletricas em operação – Potência e tipo de combustível utilizado.....	2
Figura 3 - Produção de energia elétrica por Fontes.....	5
Figura 4 – Fluxograma da metodologia empregada.....	33
Figura 5 - Padrões primários diários de qualidade do ar para MP ₁₀ em diferentes regiões	41
Figura 6 - Padrões secundários diários de qualidade do ar para MP em 24 horas	42
Figura 7 - Padrões diários primários de qualidade do ar para SO ₂ em diferentes regiões	42
Figura 8 - Padrões diários secundários de qualidade do ar para SO ₂ em 24 horas	43
Figura 9 - Padrão Primário de Qualidade do ar em 1 hora para NO ₂ no Brasil e outras regiões, incluído OMS	43
Figura 10 - Padrão primário de qualidades do ar para o NO ₂ na MMA.....	44
Figura 11 - Padrões horários primários de qualidade do ar para CO nos EUA, Brasil e para o Banco Mundial	44
Figura 12 - Padrões diários primários de qualidade do ar para material particulado no Brasil e para o Banco	45
Figura 13 - Padrões de emissões de SO ₂ em usinas a carvão no Brasil e no Exterior.....	48
Figura 14 - Padrões de emissões de Material Particulado em usinas a carvão no Brasil e no Exterior.....	49
Figura 15 - Padrões de emissões de NO ₂ em usinas a carvão no Brasil e no Exterior	49
Figura 16 - Padrões de emissões de SO ₂ em usinas a óleo combustível no Brasil e na Europa	51
Figura 17 - Padrões de emissões de Material Particulado em usinas a óleo combustível no Brasil e na Europa	51
Figura 18 - Padrões de emissões de NO ₂ em usinas a óleo combustível na Europa	52
Figura 19 - Padrões de emissões de NO _x em usinas a gás no Brasil e outros países.....	53
Figura 20 – Balanço Energético Nacional, Fonte: (EPE,2015).....	57
Figura 21 – Quantidade de poluentes segundo os padrões atuais - CONAMA 436/2011	58
Figura 22 – Emissões totais de SO ₂ para usinas a carvão e óleo.....	59
Figura 23 – Emissões de MP para usinas a carvão e óleo	60
Figura 24 - Emissões de NO _x para usinas a gás	60
Figura 25 – Valoração econômica relativa a perdas de vida segundo os diferentes padrões. .	62
Figura 26 – Valoração econômica total segundo os diferentes padrões.....	63

LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Geração de eletricidade a partir de combustíveis fósseis	6
Tabela 2 - Classificação dos poluentes	7
Tabela 3 - Classificação das fontes poluidoras	8
Tabela 4 - Efeitos dos Poluentes sobre à Saúde	9
Tabela 5 - Tipos de padrões de qualidade do ar	11
Tabela 6 - Classificação das áreas para a implementação de uma política de não deterioração da qualidade do ar	11
Tabela 7 - Índice de qualidade do ar	12
Tabela 8 - Exposição aos poluentes e os sinais de atenção, alerta e emergência	13
Tabela 9 Padrões de emissão para processos de combustão externa em fontes novas fixas de poluição com potências nominais totais até 70 MW e superiores	14
Tabela 10 - Padrões de emissão para poluentes atmosféricos provenientes de turbinas a gás para geração de energia elétrica acima de 100 MW	15
Tabela 11 - Padrões de emissão para poluentes atmosféricos provenientes de turbinas a gás para geração de energia elétrica; Turbinas com potência maior que 100 MWe.....	15
Tabela 12 - Padrões de emissão para poluentes atmosféricos provenientes de turbinas a gás para geração de energia elétrica; Turbinas com potência menor que 100 MWe.....	16
Tabela 13 - Padrões de Qualidade do ar recomendados pelo Banco Mundial	17
Tabela 14 - Padrões de Qualidade do Ar recomendados pela Organização Mundial de Saúde	17
Tabela 15 – Padrões de emissões – UTE a carvão- Banco Mundial	17
Tabela 16 - Padrões nacionais de qualidade do ar em vigor nos EUA.....	19
Tabela 17 - Padrões de emissão de dióxido de carbono para turbinas de fontes estacionárias	21
Tabela 18 - Padrões de emissão de Material Particulado para Carvão, IGCC, óleo e derivados do petróleo	22
Tabela 19 - Padrões de emissão de SO ₂ para Carvão, IGCC, óleo e derivados do petróleo ..	22
Tabela 20 - Padrões de emissão para Termoelétricas a carvão	22
Tabela 21 - Padrões de Qualidade do ar na União Europeia	23
Tabela 22 – Padrões de emissão para certos poluentes provenientes de grandes instalações de combustão a gás.....	26
Tabela 23 - Padrões de emissão para certos poluentes provenientes de grandes instalações de combustão a carvão.	26
Tabela 24 – Padrões de emissão para certos poluentes provenientes de instalações de combustão de combustíveis líquidos.	26
Tabela 25 - Documentos Necessários para o Licenciamento de Termoelétricas	29
Tabela 26 - Representação das transformações de unidades da Resolução CONAMA 8/90.	36

Tabela 27- Principais leis para o combate da poluição atmosférica e limites de emissões (Anos 80 até hoje)	38
Tabela 28- Comparativos dos padrões de qualidade do ar brasileiros e internacionais	41
Tabela 29- Comparativos dos padrões de emissões de usinas a carvão no Brasil e no Exterior	47
Tabela 30- Comparação dos padrões de emissões de usinas a combustível líquido no Brasil e no Exterior	50
Tabela 31 - Comparação dos padrões de emissões de usinas a gás no Brasil, na Europa e nos EUA	52
Tabela 32 - Diferenças apontadas entre as resoluções CONAMA 8/90, 382/2006 e 436/2011, no que diz respeito apenas da combustão de combustíveis fósseis para produzir energia.	54
Tabela 33. – Cálculo dos custos associados aos poluentes – Segundo os padrões CONAMA, USEPA e EUROPEU;	62
Tabela A234 – Massa molar dos componentes em K/mol	68
Tabela A335 – Composição das substâncias produzidas na queima de 1K de carvão mineral.	68
Tabela 36- Massa molar dos componentes em Kmol.....	71
Tabela 37- Composição das substâncias produzidas na queima de 1K de Óleo combustível.71	
Tabela 38- Cálculo de volume de gases para as condições normais de temperatura e pressão (0°C e 1 atm)	71
Tabela 39- Volume de gases pela energia do combustível.....	71

LISTA DE ABREVIATURAS

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

Art. – Artigo

BIG – Banco de Informações de Gerações

BEN – Balanço Energético Nacional

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

CF – Constituição Federal

CNPQ – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

CQNUMC – Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima

CAA – Clean Air Action

CO – Monóxido de carbono

CO₂ – Dióxido de carbono

CH₄ – Metano

DNPN – Departamento Nacional de Produção Mineral

DNAEE – Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica

EIA – Estudo de Impacto Ambiental

eq. – equivalente

EPA – Environmental Protection Agency

EIA – Estudo de Impacto Ambiental

FIP – Federal Implementation Plan

g – grama

GEE – Gases do efeito estufa

HNO₃ – Ácido nítrico

IBAMA – Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis

INEA – Instituto Estadual do Meio Ambiente

IGCC – Gaseificação Integrada ao ciclo combinado

KW – Kilowatt

kcal – quilocaloria

LP – Licença prévia

LI – Licença de implantação

LO – Licença de operação

LAER – Lowest Achievable Emissions Rate
MGA – Média Geral Anual
MAA – Média Aritmética Anual
MME – Ministério de Minas e Energia
 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ – microgramas por metro cubico normal
 mg/Nm^3 – miligramas por metro cubico normal
MJ – Mega Joule
Mcal – mega caloria
MME – Ministério de Minas e Energia
MP – material particulado
mW – Mega Watts
NO – Oxido de Nitrogênio
NO₂ – Dióxido de nitrogênio
NEST – Núcleo de Excelência em Geração Termoelétrica Distribuída
N.A – Não aplicável
O₃ – Ozônio
OMS – Organização Mundial de Saúde
PCI – Poder Calorífico Inferior
PNMC – Política Nacional de Mudança do Clima
PNMA – Política Nacional do Meio Ambiente
PRONAR – Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar
ppm – partícula por milhão
PRONAR – Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar
PTS – Partículas totais em suspensão
RIMA – relatório de impacto ambiental
SO – Óxido de enxofre
SO₂ – Dióxido de enxofre
SISNAMA – Sistema Nacional do Meio Ambiente
SIP – State Implementation Plan
Ton – tonelada
USEPA – Agencia de Proteção Ambiental dos Estados Unidos da América
UE – União Europeia
WHO –World Health Organization

INTRODUÇÃO

O mundo utiliza de forma majoritária no seu suprimento energético, as fontes de energia não renováveis, ou seja, os combustíveis fósseis: o petróleo, o carvão mineral e o gás natural. O uso dos combustíveis fósseis para produzir energia é um dos maiores responsáveis por grande parte das emissões de gases do efeito estufa (GEE). Aproximadamente 98% das emissões de CO₂ provêm da queima de combustíveis fósseis, e entre todos os combustíveis, a queima do carvão representa de 30 a 40% das emissões de CO₂ do mundo. (DEMIRBAS, 2005).

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), no ano 2014 foram registradas aproximadamente, nove milhões de mortes prematuras associadas a poluição do ar. (OMS, 2014).

O Brasil é o oitavo maior consumidor de energia total e o décimo maior produtor do mundo. É o terceiro das Américas, atrás apenas dos Estados Unidos e Canadá. (EIA, 2013). De acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), o Brasil possui 3.111 empreendimentos de geração em operação, totalizando 127.839.005 kW de potência instalada. Está prevista para os próximos anos uma adição de 36.170.267 kW na capacidade de geração do país, proveniente dos 209 empreendimentos atualmente em construção e mais 505 outorgados. (ANEEL, 2014). A Figura 1 apresenta a distribuição das fontes geradoras de energia.

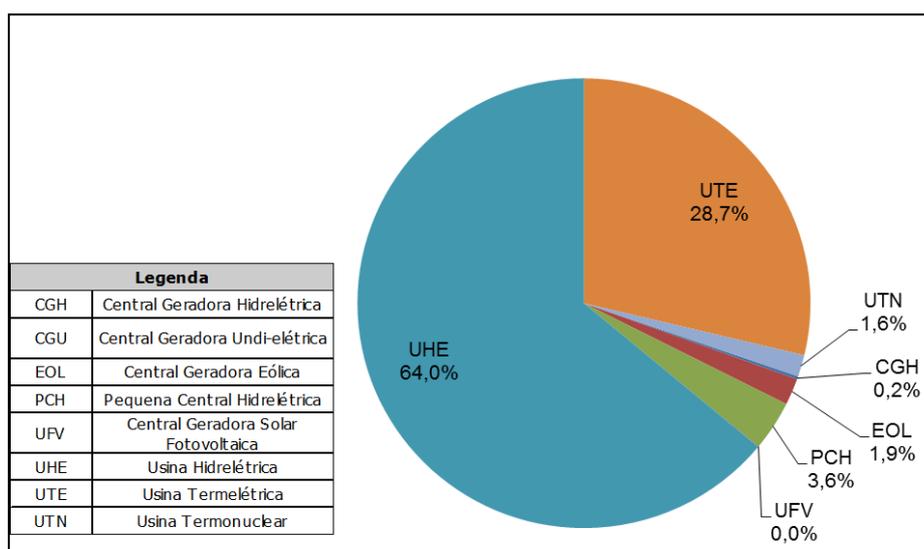


Figura 1 – Usinas geradoras em operação- Por tipo
Fonte: BIG - Aneel (2014)

As usinas termoeletricas representam 28,7% da geracao de eletricidade no Brasil, possuindo atualmente 1800 empreendimentos em operacao, gerando 38.821.803 kW de potencia outorgada e 36.706.035 kW de potencia fiscalizada. Ha ainda no Brasil 14 empreendimentos termoeletricos sendo construidos o que acrescentara aproximadamente mais 1.249.2452 kW de potencia na matriz energetica, um aumento de 6%.

Os principais combustiveis utilizados no Brasil sao: biomassa (bagaço de cana de açucar, licor negro, madeira, biogás, casca de arroz, carvão vegetal, capim elefante e óleo de palmiste), combustiveis fosséis (carvão mineral, gás natural, óleo diesel, óleo combustivel, óleo ultra viscoso, gás de refinaria) e outros. Os combustiveis com maior representatividade são o gás natural e o bagaço de cana de açucar. São 378 empreendimentos em operacao movidos a bagaço de cana de açucar, gerando 9.338.666 kW e 112 empreendimentos em operacao movidos a gás natural, gerando 12.133.909 kW. A Figura 2 mostra as termoeletricas em operacao em funcao da potencia instalada e pelo tipo de combustivel utilizado.

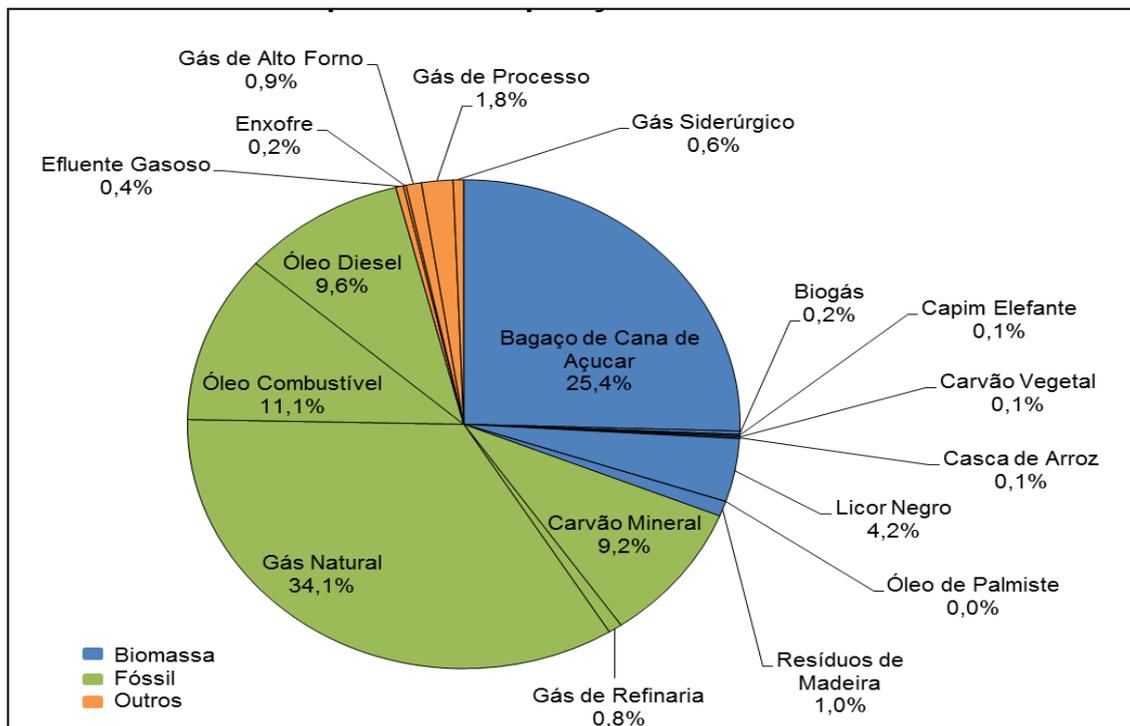


Figura 2 – Usinas termoeletricas em operacao – Potencia e tipo de combustivel utilizado
Fonte: BIG - Aneel (2014)

Com o avanço das centrais térmicas na matriz energética brasileira e consequente aumento da queima de combustiveis fosséis, faz-se necessário uma avaliacao da legislaço brasileira e dos programas de combate à poluiço no setor energético, verificando a maneira com que estes são elaborados e a atualidade dos mesmos. Para isso se realizou-se uma revisao bibliográfica

da legislação federal de controle e combate da poluição do ar, um estudo dos padrões de qualidade do ar propostos OMS, pela Agência de Proteção Ambiental dos EUA (USEPA), e pela União Europeia (UE), isto torna possível realizar uma comparação da legislação nacional de combate à poluição do ar com o previsto internacionalmente, propondo, caso seja necessário, sugestões de mudança na lei.

OBJETIVOS

Objetivo Geral

Realizar uma análise da legislação federal brasileira referente aos padrões de qualidade do ar e de emissão de poluentes gasosos em usinas termoeletricas, analisando a sua origem e evolução, constitucionalidade e a aplicabilidade, a fim de aprimorar o arcabouço legal vigente e garantindo a melhoria continua da qualidade do ar.

Objetivos Específicos

Constituem-se em objetivos específicos do presente estudo:

- Fazer um levantamento histórico da legislação federal brasileira de combate à poluição do ar, proporcionando, tanto para as empresas quanto para a sociedade, um maior esclarecimento sobre a evolução da legislação brasileira que trata das emissões atmosféricas.
- Realizar uma análise comparativa dos padrões internacionais de qualidade do ar com os padrões de qualidade do ar da legislação federal brasileira, apontando as principais falhas da nossa legislação, e os aspectos positivos da mesma.
- Realizar uma comparação dos padrões de emissão internacionais com os padrões de emissão nacionais, abordando as principais diferenças entre a legislação nacional e a internacional, e indicando possíveis estratégias e modificações da legislação brasileira, para o aprimoramento da mesma.
- Analisar a legislação ligada ao licenciamento e ao zoneamento ambiental para as centrais térmicas, abordando-as como forma de prevenção da poluição do ar no setor energético, possibilitando um maior conhecimento sobre os procedimentos a serem adotados na obtenção das licenças.
- Elaborar cenários comparativos de emissões totais no Brasil, atendendo os padrões de emissões internacionais.
- Realizar uma estimativa da valoração dos danos causados por poluentes.

Capítulo 1- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1 SETOR ENERGÉTICO MUNDIAL

Os combustíveis fósseis como o petróleo, o carvão e o gás natural são os mais utilizados no setor energético mundial. Houve um aumento significativo na utilização de gás natural e carvão nas últimas décadas. No ano de 2011, o carvão foi responsável por 41,3% da energia elétrica produzida no mundo e o gás natural por 21,9%. Já a utilização dos sistemas hidroelétricos, representou apenas 15,8%, conforme mostrado na Figura 3 (EPE,2014).

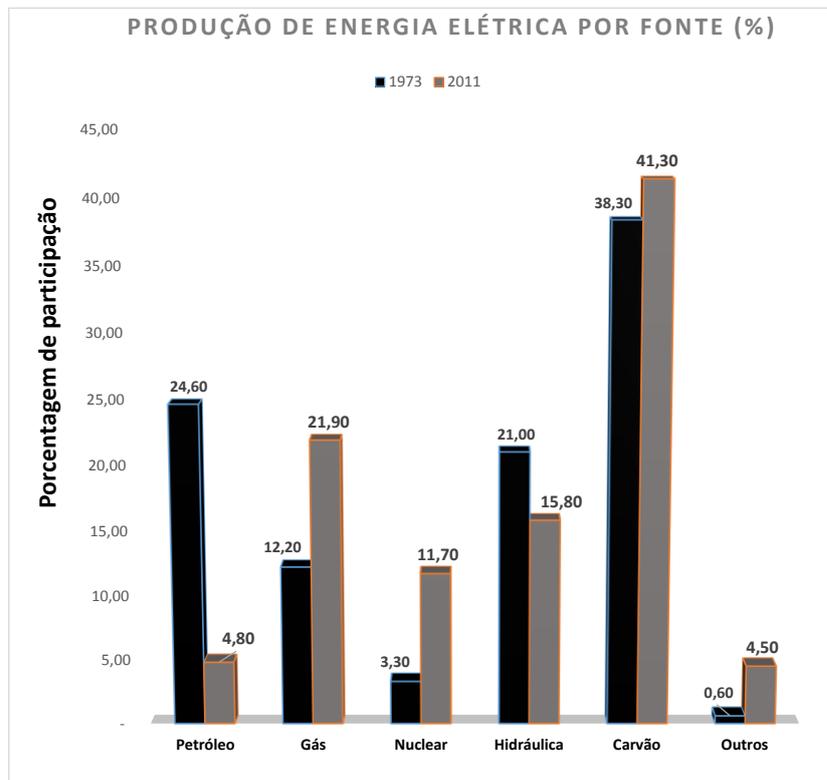


Figura 3 - Produção de energia elétrica por Fontes.
Fonte: Adaptação de BEN, 2014

A China e os EUA lideram a utilização do carvão para produção de energia elétrica. O uso do gás natural para produzir energia é liderado pelo Japão e Rússia, como detalhado na Tabela 1 (BEN, 2014).

Tabela 1 - Geração de eletricidade a partir de combustíveis fósseis

2011		2011		2011	
Carvão	TWh	Petróleo	TWh	Gás Natural	TWh
China	3723	Japão	153	Rússia	1045
Estados Unidos	1875	Arábia Saudita	142	Japão	519
Índia	715	Irã	67	Irã	374
Japão	281	México	48	México	160
Alemanha	272	Indonésia	42	Reino Unido	156
África do Sul	243	Estados Unidos	40	Itália	147
Coréia	225	Kuwait	36	Egito	145
Austrália	173	Paquistão	34	Coréia	117
Rússia	164	Rússia	27	Índia	116
Polônia	141	Egito	444	Demais Países	1964
Demais Países	1332	Demais Países	1058	Mundo	4852
Mundo	9144	Mundo			

Fonte: EPE, 2014

A utilização dos combustíveis fósseis no Brasil é bem menor que em outros países, isso é resultante de fatores como a disponibilidade de um potencial hidroelétrico para a produção de energia elétrica. Porém, como já mencionado anteriormente as termoelétricas vêm tomando um espaço significativo na matriz energética brasileira, o que traz à tona a necessidade de uma legislação eficiente para tratar da poluição gerada pelas mesmas.

1.2. A POLUIÇÃO RESULTADO DA QUEIMA DE COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS

A poluição gerada hoje nos centros urbanos é resultado, principalmente, da queima dos combustíveis fósseis como, por exemplo, carvão mineral e derivados do petróleo (gasolina e diesel). A queima destes produtos tem disseminado grande quantidade de monóxido e dióxido de carbono na atmosfera terrestre (DOZENA, 2000). Estes dois combustíveis são responsáveis pela geração de energia que, alimenta os setores industrial, elétrico e de transportes de grande parte das economias do mundo (STAMM, 2003).

A poluição gerada afeta a saúde das pessoas. Várias doenças respiratórias como a bronquite, rinite e asma levam milhares de adultos e crianças aos hospitais todos os anos. A poluição também tem causado danos aos ecossistemas e ao patrimônio histórico e cultural. (YAU *et al.*, 2013).

A Lei nº 6.938, (BRASIL,1981), no art.3º, conceitua poluição como:

"a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente: a) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população; b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; c) afetem desfavoravelmente a biota; d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; e) lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos".

A Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) número 3 de (BRASIL, CONAMA,1990), também conceitua poluente atmosférico como:

"Qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos, e que tornem ou possam tornar o ar impróprio, nocivo ou ofensivo a saúde, inconveniente ao bem-estar público, danoso aos materiais, a fauna e a flora ou prejudicial a segurança, ao uso e gozo da propriedade e as atividades normais da comunidade".

Em outras palavras, pode-se afirmar que poluição do ar é toda presença de materiais no ar que tenha impacto negativo sobre a saúde. Tudo que possa ser vaporizado ou transformado em pequenas partículas, de modo que possa flutuar no ar, deve ser classificado como potencial poluente.

A poluição direta ou indiretamente causa danos irreversíveis não só ao meio ambiente como também a saúde da população. Os poluentes podem ser classificados conforme indicado na Tabela 2.

Tabela 2 - Classificação dos poluentes

Poluentes Primários	Poluentes Secundários
São contaminantes que são lançados diretamente na atmosfera. Poluentes como o CO ₂ , SO ₂ e NO _x são exemplos de poluentes primários.	São contaminantes que não são lançados diretamente para a atmosfera, são resultantes de reações químicas a partir de poluentes primários e a atmosfera. O ₃ é um bom exemplo de poluente secundário, pois não é emitido e surge na atmosfera devido a reações químicas de outros poluentes.

Fonte: CAVALCANTI, 2010

As fontes poluidoras são classificadas em móveis e imóveis, como apresentado na tabela 3.

Tabela 3 - Classificação das fontes poluidoras

Fontes Móveis	Fontes Estacionárias
Uma das principais formas de poluição do ar atmosférico está nas fontes móveis como: veículos automotores, trens, aviões e embarcações marítimas. Nas grandes metrópoles, os carros se destacam como os principais poluidores. Os derivados do petróleo como a gasolina e o diesel, quando liberados em forma de combustíveis fósseis, soltam na atmosfera grande quantidade de gás carbônico e monóxido de carbono, causando danos diretos à saúde dos seres humanos.	A quantidade e qualidade do poluente emitido por este tipo de fonte dependem de vários fatores interdependentes da fabricação, ou seja, do processo industrial, das matérias primas e combustíveis envolvidos na fabricação do produto, e também do grau das medidas acauteladoras contra a poluição. Ex.: Indústrias de petróleo, materiais não metálicos, metalúrgicos; mecânicas; têxteis, madeira e mobiliário; papel; produtos alimentares, etc.

Fonte: (LOPES, 2008).

As termoelétricas são classificadas como fontes estacionárias da poluição do ar. Produzem energia por meio da queima de combustíveis fósseis. Embora haja muitas vantagens na implementação dessas instalações elétricas, pois trazem estabilidade ao sistema energético, tendo em vista que não há dependência das condições climáticas, esses empreendimentos apresentam expressivas emissões de poluentes na atmosfera, afetando diretamente o meio ambiente. (OLIVEIRA, 2009).

Os principais poluentes emitidos com a queima dos combustíveis fósseis são: o material particulado, dióxido de enxofre, óxidos de nitrogênio, monóxido de carbono entre outros. Esses poluentes causam diversos efeitos na saúde da população, como pode ser verificado na Tabela 4.

Tabela 4 - Efeitos dos Poluentes sobre à Saúde

Poluentes monitorados	Fontes de Emissão	Efeitos à Saúde
Partículas inaláveis (MP₁₀)	Processos de combustão (indústria e veículos automotores.). Aerossol secundário (formado na atmosfera)	Interfere no sistema respiratório, pode afetar os pulmões e todo o organismo.
Partículas em suspensão (poeira)	Processos industriais. Veículos motorizados (exaustão). Poeira de rua suspensa. Queima de biomassa. Fontes naturais: pólen, aerossol, marinho e solo, queimadas e poeiras diversas.	Danos à vegetação. Deterioração da visibilidade e contaminação do solo.
Dióxido de Enxofre SO₂	Queima de combustíveis fósseis que contenham enxofre, como óleo, combustível, carvão mineral e óleo diesel.	Ação irritante nas vias respiratórias, o que provoca tosses e até falta de ar. Agrava os sintomas da asma e bronquite crônica. Afeta, ainda, os outros órgãos sensoriais.
Óxidos de Nitrogênio NO₂ e NO	Queima de combustíveis em altas temperaturas em veículos, aviões, fornos e incineradores.	Agem sobre o sistema respiratório, podendo causar irritações e, em altas concentrações, problema respiratório e edema pulmonar.
Monóxido de Carbono CO	Combustão incompleta de materiais que contêm carbono como derivados de petróleo e carvão.	Provoca dificuldade respiratória e asfixia. É perigoso para aqueles indivíduos que têm problemas cardíacos e pulmonares.
Ozônio O₃	Não é um poluente emitido diretamente pelas fontes, mas formado na atmosfera por meio da reação entre os compostos orgânicos voláteis e óxidos de nitrogênio em presença de luz solar.	Irritações nos olhos e nas vias respiratórias, agravando doenças pré-existentes, como asma e bronquite, reduzindo as funções pulmonares.

Fonte: INEA, 2014

A principal mudança na composição do ar se dá devido à combustão de combustíveis fósseis, usados para a geração de energia e transporte. (KAMPA et al., 2007).

Os poluentes liberados nas grandes instalações industriais, tais como usinas de energia movidas a carvão, podem causar efeitos adversos sobre a saúde humana e ao meio ambiente (TRASANDE et al., 2005), e também, sobre os diferentes setores da economia (SÆTTERSTRØM, et al. 2012).

Estudos apontam que as crianças e os idosos são os mais afetados com a emissão desses poluentes, as crianças ficam internadas por mais tempo nos hospitais e os idosos falecem em decorrência de doenças cardiovasculares e respiratórias decorrentes da poluição (MARTINS, 2001). O MP 2,5 é mais perigoso, pois, quando inalados, podem alcançar as regiões periféricas dos bronquíolos, e interferir com a troca de gases no interior dos pulmões (WHO, 2011).

1.3 LEGISLAÇÃO FEDERAL BRASILEIRA: Padrões de qualidade do ar e limites para emissões de gases prejudiciais ao meio ambiente

Com a publicação da Lei nº 6.938/81 (BRASIL, 1981) o país passou a ter formalmente uma Política Nacional do Meio Ambiente, um marco legal para todas as políticas públicas de meio ambiente a serem desenvolvidas pelos entes da federação.

Essa é a mais importante norma ambiental depois da Constituição Federal de 1988 (BRASIL, 1988), pela qual foi recepcionada, visto que delineou toda a sistemática das políticas públicas brasileiras para o meio ambiente.

O objetivo geral da Política Nacional do Meio Ambiente está dividido em preservação, melhoramento e recuperação do meio ambiente. Preservar é procurar manter o estado natural dos recursos naturais, impedindo a intervenção dos seres humanos (SIRVINSKAS, 2005). Significa perenizar, perpetuar, deixar intocados os recursos ambientais (ANTUNES, 2000).

Uma importante questão abordada pela Lei nº 6.938/1981 (BRASIL, 1981), foi o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) órgão consultivo e deliberativo do SISNAMA (Sistema Nacional do Meio Ambiente).

O CONAMA, por meio de resoluções, busca controlar a poluição do ar, regulamentando regras básicas para os padrões de qualidade do ar, o zoneamento ambiental, os padrões de incremento e os padrões de emissão de poluentes atmosféricos.

As duas principais resoluções do CONAMA, referente à poluição do ar são:

a) RESOLUÇÃO CONAMA 5 DE 1989, que institui o PRONAR - Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar:

A principal estratégia do PRONAR é limitar, em nível nacional, as emissões por tipologia de fontes e poluentes prioritários, reservando o uso dos padrões de qualidade do ar como ação complementar de controle.

Esta resolução estabelece dois tipos de padrões de qualidade do ar, apresentados na tabela 5.

Tabela 5 - Tipos de padrões de qualidade do ar

Padrões primários de qualidade do ar	São as concentrações de poluentes que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população, podendo ser entendidos como níveis máximos toleráveis de concentração de poluentes atmosféricos, constituindo-se em metas de curto e médio prazo.
Padrões secundários de qualidade do ar	As concentrações de poluentes atmosféricos abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem-estar da população, assim como o mínimo dano à fauna e flora aos materiais e meio ambiente em geral, podendo ser entendidos como níveis desejados de concentração de poluentes, constituindo-se em meta de longo prazo.

Fonte: Resolução CONAMA 5/1989 (BRASIL/CONAMA, 1989)

Para a prevenção de deterioração significativa da qualidade do ar, e para a implementação de uma política de não deterioração significativa da qualidade do ar em todo o território nacional, suas áreas devem ser enquadradas de acordo com a seguinte classificação de usos pretendidos (Tabela 6).

Tabela 6 - Classificação das áreas para a implementação de uma política de não deterioração da qualidade do ar

Áreas Classe I:	Áreas a serem atmosféricamente preservadas (Unidades de Conservação, com exceção das APA's). Nestas áreas fica proibida qualquer atividade econômica que gere poluição do ar. As atividades econômicas podem ser para lazer, turismo, estancias climáticas, hidrominerais e hidrotermais.
Áreas Classe II	Áreas onde o nível de deterioração da qualidade do ar está limitado pelo padrão secundário de qualidade.
Áreas Classe III	Áreas de desenvolvimento onde o nível de deterioração da qualidade do ar seja limitado pelo padrão primário de qualidade.

Fonte: Resolução CONAMA 5 DE 1989 (BRASIL/CONAMA, 1989)

Para que os objetivos da Resolução CONAMA 5 de 1989 (BRASIL/CONAMA, 1989), sejam alcançados, as principais estratégias utilizadas são:

- Monitoramento da qualidade do ar
- Gerenciamento do licenciamento de fontes de poluição do ar
- Inventário nacional de fontes e poluentes do ar
- Políticas internas em procura de ações de melhora e cumprimento da lei

RESOLUÇÃO CONAMA Nº 03 DE 1990 (BRASIL/CONAMA, 1990), que cria novos Padrões de Qualidade do Ar;

Esta resolução definiu o conceito de padrões de qualidade do ar como: “*são padrões de qualidade do ar as concentrações de poluentes atmosféricos que, ultrapassadas, poderão*

afetar a saúde, a segurança e o bem-estar da população, bem como ocasionar danos à flora e à fauna, aos materiais e ao meio ambiente em geral”.

Os principais objetivos desta resolução são alcançar os padrões de qualidade do ar a serem atingidos mediante a estratégia de controle fixada pelos padrões de emissão que deverão orientar a elaboração de Planos Regionais de Controle de Poluição do Ar.

Assim sendo, estabeleceu Padrões de Qualidade do Ar, Primários e Secundários, para particulados totais e inaláveis, SO₂, fumaça, CO, NO₂ e ozônio, bem como níveis de Atenção, Alerta e Emergência de Poluição do Ar, para o dióxido de enxofre (SO₂), material particulado inaláveis e totais (MP), monóxido de carbono (CO) e oxidantes fotoquímicos. Tais padrões estão apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 - Índice de qualidade do ar

Poluente	Tempo de amostragem	Padrão primário µg/m ³	Padrão Secundário µg/m ³	Método de medição
Partículas totais em suspensão	24 horas MGA*	240 80	150 60	Amostrador de grandes volumes
Partículas inaláveis	24 horas MAA**	150 60	150 60	Separação inercial/filtração
Fumaça	24 horas MAA**	150 60	100 40	Refletância
Dióxido de enxofre	24 horas MAA**	365 80	100 40	Pararosanilina
Dióxido de nitrogênio	1 hora MAA**	320 100	190 100	Quimiluminescência
Monóxido de carbono	1 hora 8 horas	40000 35ppm 10.000 9ppm	40000 35ppm 10.000 9ppm	Infravermelho não dispersivo
Ozônio	1 hora	160 µg/m ³	160 µg/m ³	Quimiluminescência

*MGA:Media geométrica anual

**MAA:Media aritmética anual

Fonte: Resolução CONAMA 3/1990 (BRASIL/CONAMA, 19990)

O fato de cumprir a resolução CONAMA 3/1990 (BRASIL/CONAMA, 19990), diminui a emissão de poluentes no ar, mas não garante a total melhora da qualidade do ar, constitui-se em uma ferramenta de apoio a diferentes propostas e programas que devem ser implementados na procura de melhorar a qualidade do ar baseados na diminuição de poluentes.

O Plano de Emergência para Episódios Críticos de Poluição do Ar, relatado no CETESB, (2011) detalha na Tabela 8 quais são os índices de atenção, alerta e emergência para diferentes poluentes no ar. Os quais são as referências para as diferentes ações de medida, controle e prevenção.

Tabela 8 - Exposição aos poluentes e os sinais de atenção, alerta e emergência

Parâmetros	Ud. - Tempo	Atenção	Alerta	Emergência
Partículas totais em suspensão	$\mu\text{g}/\text{m}^3 - 24\text{h}$	375	625	875
Partículas inaláveis	$\mu\text{g}/\text{m}^3 - 24\text{h}$	250	420	500
Dióxido de enxofre	$\mu\text{g}/\text{m}^3 - 24\text{h}$	800	1.600	2.100
SO ₂ x pts	$\mu\text{g}/\text{m}^3 - 24\text{h}$	65.000	261.100	393.000
Monóxido de carbono	ppm -8h	15	30	40
Ozônio	$\mu\text{g}/\text{m}^3 - 1\text{h}$	400	800	1.000
Fumaça	$\mu\text{g}/\text{m}^3 - \text{ND}^*$	250	420	500
Dióxido de nitrogênio	$\mu\text{g}/\text{m}^3 - \text{ND}^*$	1.130	2.260	3.000

Fonte: CETESB, 2011 *Não determinado

1.4 LEGISLAÇÃO FEDERAL: Padrões de emissão para a queima de combustíveis fósseis na produção de energia

Neste tópico apresenta-se 3 importantes resoluções que estabelecem os padrões de emissão para a queima de combustíveis fósseis. As três principais resoluções são:

- a) **Resolução CONAMA 8 de 1990** (BRASIL/CONAMA, 1990) que estabelece os padrões de emissão de poluentes atmosféricos para processos de combustão externa para novas fontes fixas de poluição aérea;
- b) **Resolução CONAMA 382 de 2006** (BRASIL/CONAMA, 2006) que estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas.
- c) **Resolução CONAMA 436 de 2011** (BRASIL/CONAMA, 2011) que estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas instaladas ou com pedido de licença de instalação anteriores a 02 de janeiro de 2007.

Resolução CONAMA 8 de 1990 (BRASIL/CONAMA, 1990): considera como processo de combustão externa em fontes fixas toda a queima de substâncias combustíveis realizadas nos seguintes equipamentos: caldeiras; geradores de vapor; fornos, fornalhas, estufas e secadores para a geração e uso de energia térmica, incineradores e gaseificadores e também, as centrais para a geração de energia elétrica. Considera ainda que, com exceção ao óleo combustível e o carvão mineral, caberão aos Órgãos Estaduais de Meio Ambiente o estabelecimento de limites

máximos de emissão para partículas totais, dióxido e enxofre e, se for o caso, outros poluentes, quando do licenciamento ambiental do empreendimento.

Esta resolução estabelece em nível nacional, limites máximos de emissão de poluentes do ar (padrões de emissão) para processos de combustão externa em fontes novas fixas de poluição com potências nominais totais até 70 MW (setenta megawatts) e superiores.

Os limites legais ficam estabelecidos de acordo com as informações apresentadas na Tabela 9.

Tabela 9 Padrões de emissão para processos de combustão externa em fontes novas fixas de poluição com potências nominais totais até 70 MW e superiores.

Áreas	Combustível	Potencia (MW)	SO ₂ (g/10 ⁶ kcal)	MP total (g/10 ⁶ kcal)
Classe I	Óleo ou Carvão	≤ 70	2000	120
		>70	Não é permitido	
Classes II e III	Óleo	≤70	5000	350
		>70	2000	120
	Carvão	≤70	5000	1500
		>	2000	800

Fonte: adaptado da Resolução CONAMA 8/90 (BRASIL/CONAMA, 1990)

Resoluções CONAMA 382 de 2006 (BRASIL/CONAMA, 2006) e 436 de 2011 (BRASIL/CONAMA, 2011): estas, além de outros padrões, estabelecem limites específicos de emissões na combustão de gás natural para gerar energia elétrica.

Essas resoluções sem sobra de dúvidas são as mais importantes no quesito combate à poluição no setor energético por meio da queima de combustíveis fósseis, pois tratam separadamente dos padrões de emissões permitidos para cada tipo de fonte poluidora. Estabeleceram padrões de emissão para dióxido de enxofre e material particulado, para fontes fixas cuja combustão seja realizada nos seguintes equipamentos: caldeiras, geradores de vapor, centrais para geração de eletricidade, fornos, fornalhas, estufas e secadores para a geração e uso de energia térmica, incineradores e gaseificadores. Ressaltando-se que a Resolução 436/2011 (BRASIL/CONAMA, 2011), complementa as Resoluções nº 05/1989 (BRASIL/CONAMA, 1989) e nº 382/2006 (BRASIL/CONAMA, 2006).

Para estabelecer os padrões de emissão de poluentes atmosféricos as resoluções 382/2006 e 436/2011, consideraram alguns critérios mínimos como:

- A utilização dos padrões de emissão como instrumentos de controle ambiental, sendo que aplicação deve ser associada a critérios de capacidade e suporte do meio ambiente, ou seja, ao grau de saturação da região onde se encontra o empreendimento;
- Os limites devem ser estabelecidos levando-se em consideração, tecnologias ambientalmente adequadas, abrangendo todas as fases, desde a concepção, instalação, operação e manutenção das unidades, bem como, o uso de matérias-primas e insumos;

A) Padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 382 de 2006 (BRASIL/CONAMA, 2006):

Os padrões de emissão de poluentes atmosféricos de turbinas a gás definidos pela resolução Conama 382/2006 estão apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 - Padrões de emissão para poluentes atmosféricos provenientes de turbinas a gás para geração de energia elétrica acima de 100 MW

Turbina por tipo de combustível	NO _x (1)	CO (1)	SO _x (1)	MP (1)
Gás Natural	50	65	N.A	N.A

Fonte: Resolução CONAMA 382/2006 (BRASIL/CONAMA, 2006)

(1) os resultados devem ser expressos na unidade de concentração mg/Nm³, em base seca e de 15% de excesso de oxigênio.
N.A- Não aplicável

O anexo 5 da resolução, no item 7, explica que o lançamento de efluentes gasosos na atmosfera deverão ser realizados através de dutos ou chaminés, cujo projeto deve levar em consideração as edificações do entorno à fonte poluidora e os padrões de qualidade do ar estabelecidos.

Relata ainda que o órgão ambiental licenciador poderá estabelecer limites de emissão mais restritivos, inclusive considerando a alternativa de utilização de combustíveis com menor potencial poluidor. Isso dependerá das características locais da área de influência da fonte poluidora sobre a qualidade do ar.

B) Padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 436 de 2011 (BRASIL/CONAMA, 2011):

A

Tabela 11 e a tabela 12 apresentam os padrões de emissão de poluentes atmosféricos de turbinas a gás definidos pela resolução Conama 436/2011.

Tabela 11 - Padrões de emissão para poluentes atmosféricos provenientes de turbinas a gás para geração de energia elétrica; turbinas com potência maior que 100 MWe.

Turbina por tipo de combustível	Limites de Emissão			
	NO _x (1) (Como NO ₂)	CO (1)	SO _x (1)	MP (1)
Gás Natural	50	65	N.A	N.A

Fonte: Resolução CONAMA 436/2011 (BRASIL/CONAMA, 2011)

(1). Os resultados devem ser expressos na unidade de concentração mg/Nm³, em base seca a 15% de oxigênio. NA - Não aplicável

Tabela 12 - Padrões de emissão para poluentes atmosféricos provenientes de turbinas a gás para geração de energia elétrica; Turbinas com potência menor que 100 MWe.

Turbina por tipo de combustível	Limites de Emissão			
	NO _x (1) (Como NO ₂)	CO (1)	SO _x (1)	MP (1)
Gás Natural	90	65	N.A	N.A

Fonte: Resolução CONAMA 436/2011 (BRASIL/CONAMA, 2011)

Turbinas a gás com capacidade menor que 100 MW e que estejam em empreendimentos nos quais a somatória total de geração elétrica for superior a 100 MW

(1). Os resultados devem ser expressos na unidade de concentração mg/Nm³, em base seca a 15% de oxigênio.
NA - Não aplicável

Já os padrões de emissão para poluentes atmosféricos provenientes de turbinas a gás para geração de energia elétrica, entram em vigor na data de publicação da Resolução 436/2011(BRASIL/CONAMA, 2011). A Resolução 436/2011 é uma das medidas mais importantes de combate às emissões que o CONAMA aprovou nos últimos anos, incentivando uma profunda mudança tecnológica ao parque industrial brasileiro e diminuindo de forma expressiva, as emissões destas indústrias. A Resolução restringe as emissões de poluentes de treze dos principais setores da indústria nacional, determinando limites de emissão dos principais poluentes, estabelecendo prazos fixos para a implementação das mudanças.

1.5 NORMAS INTERNACIONAIS REFERENTES A POLUIÇÃO DO AR

A proteção do meio ambiente é de interesse mundial, sendo insuficiente o respeito apenas às normas nacionais de combate a degradação ambiental. É necessária a aplicação de um Direito Internacional Ambiental na proteção de tão valioso bem e, a partir dessa base, desenvolver as normas nacionais, adequadas às características e necessidades particulares.

O Direito Ambiental Internacional explicitou, ao longo do tempo, a necessidade da preservação do meio ambiente no cenário mundial, editando declarações e tratados internacionais que serviram de base para a formação da legislação ambiental interna dos vários países. (ESTOCOLOMO, 72).

1.5.1 Banco Mundial e Organização Mundial da Saúde

De acordo com a orientação geral da OMS, os padrões de qualidade do ar baseados nos índices de poluição devem ser considerados como o nível máximo de concentração de um poluente atmosférico permitido por uma lei. As Tabelas 13, 14 e 15 apresentam os padrões recomendados pelo Banco Mundial e pela OMS.

Tabela 13 - Padrões de Qualidade do ar recomendados pelo Banco Mundial

<i>Poluente</i>	<i>Tempo de Amostragem</i>	<i>Padrão Primário (µg/m³)</i>
<i>Partículas inaláveis (MP 10)</i>	Média 24 horas	150
	Média aritmética anual	50
<i>Material Particulado (MP 2,5)</i>	Média 24 horas	65
	Média aritmética anual	15
<i>Material Particulado total</i>	Média 24 horas	230
	Média aritmética anual	80
<i>Dióxido de Nitrogênio</i>	Média 24 horas	150
	Média aritmética anual	100
<i>Dióxido de Enxofre</i>	Média 24 horas	365
	Média aritmética anual	150
<i>Monóxido de carbono</i>	1 hora	40.000 (35 ppm)
	8 horas	10.000 (9 ppm)

Fonte: BANCO MUNDIAL apud MAGRINI et al (2001)

Tabela 14 - Padrões de Qualidade do Ar recomendados pela Organização Mundial de Saúde

Poluente	Padrões	Comentários
NO _x	1 hora: 200 µg/m ³ Ano: 40 µg/m ³	- Concentração mínima que afeta a doentes de asma em 30-110 minutos de exposição: 565 µg/m ³ . - Efeitos respiratórios em crianças durante exposição por longo tempo: 50-75 µg/m ³ . - Valor médio anual nas cidades: 20-90 µg/m ³
SO _x	1 hora: 125 µg/m ³ Ano: 50 µg/m ³	- Concentração mínima que afeta a doentes de asma em 10 minutos de exposição: 500 µg/m ³ - Concentração mínima de efeito adverso durante exposição por longo tempo: 100 µg/m ³ - Concentração natural no ar limpo: 1-9 µg/m ³ ; - Concentração média anual nas cidades: 20-40 µg/m ³
Ozônio	8 horas: 120 µg/m ³	- Concentração mínima que afeta a doentes de asma várias horas de exposição: 280-340 µg/m ³ - Efeitos respiratórios em crianças durante exposição por tempo curto: 100 µg/m ³ . - Concentração natural no ar limpo: 40-70 µg/m ³ - Valor Médio anual nas cidades: 300 µg/m ³
PM 2,5	24 horas: 25 µg/m ³ Ano: 10 µg/m ³	- Concentração mínima que afeta a doentes de asma vários minutos de exposição - Inflamação da conjuntiva e outra irritação nos olhos e trato respiratório
PM 1,0	24 horas: 50 µg/m ³ Ano: 20 µg/m ³	- Concentração mínima que afeta a doentes de asma com só poucos minutos de exposição - Inflamação da conjuntiva e outra irritação nos olhos e trato respiratório

Fonte: WHO,2005

Tabela 15 – Padrões de emissões – UTE a carvão- Banco Mundial

UTE carvão	Limites Banco Mundial (µg/Nm ³)	
	NO _x – 750	SO ₂ - 2000

Fonte: BANCO MUNDIAL apud SALOMON, 2003

A OMS, sugere que além de levantamentos de informações técnicas-científicas, os padrões de qualidade do ar devem ser definidos considerando a realidade social, política e econômica de cada país ou região, e assim, traçar metas a serem alcançadas em um determinado período.

Em suma, a orientação dada pela OMS é que cada governo considere suas peculiaridades socioeconômicas como fatores para determinar os padrões de qualidade do ar. (WHO, 2005)

A OMS, para tratar dos padrões de qualidade, aponta os seguintes indicativos à serem considerados:

- A utilização de um índice que padronize todos os poluentes em uma única escala visando promover a divulgação dos resultados do monitoramento da qualidade do ar;
- As estatísticas utilizadas para o alcance dos resultados e a comparação com outros valores, verificando o impacto do poluente;
- O procedimento utilizado para o monitoramento e os limites de detecção aplicáveis, baseados nas concentrações dos poluentes monitorados e nas faixas de concentração determinadas para cada poluente;
- A revisão contínua do número de ultrapassagens ou as violações aceitáveis;
- A avaliação constante dos métodos de manejo dos dados;
- O registro dos cronogramas de combate à poluição para o fiel cumprimento dos padrões de qualidade do ar;
- As principais táticas de medição;
- O controle do tempo médio de amostragem, para fins de monitoramento;
- A identificação dos níveis de atenção, a partir dos quais as medidas urgentes e mais rígidas de controle precisem ser seguidas; (WHO, 2005)

1.5.2 Estados Unidos

É possível dizer que as estruturas para aplicação das leis americanas de proteção ambiental se consolidaram há aproximadamente 47 anos, mas precisamente no ano de 1969 com a Lei de Proteção Ambiental (EUA, 1969), que posteriormente foi regulada pelas leis do ar limpo (EUA, 1970) e água limpa (EUA, 1977) entre outras.

Agência de Proteção Ambiental Americana (USEPA) foi fundada em 1970, dentre suas atribuições específicas, tais como legislar sobre questões ambientais, trata também:

- Da gestão da qualidade do ar;
- De elaborar os padrões de qualidade do ar em nível nacional, seguindo as políticas estaduais;
- A preparação de estudos, captação e sistematização de dados;
- Definição de diretrizes e regras de atendimento mínimo.

No mesmo ano foi promulgada a Lei do Ar Limpo - "Clean Air Act", dando início ao combate efetivo à poluição do ar. (INEA, 2012)

Em 1971 foram aprovados os padrões nacionais de qualidade do ar. Atualmente, a legislação federal dos EUA estabelece padrões de qualidade do ar para CO, chumbo, NO₂, O₃, MP10, MP2,5 e SO₂ (EUA, 1970 apud INEA, 2012). Esses valores são apresentados na Tabela 16.

Tabela 16 - Padrões nacionais de qualidade do ar em vigor nos EUA

Poluente	Primário e/ou secundário (*)	Tempo de amostragem	Concentração	Observação
CO (2011)	Primário	8h 1h	9ppm 35 ppm	Não deve ser excedido mais que uma vez no ano
Chumbo (2008)	Primário e secundário	Média móvel Trimestral	0,15 µg/m ³	Não deve ser ultrapassado
NO ₂ (2010)	Primário Primário e secundário	1h Anual	100 ppb 53 ppb	Percentil 98 sobre médias de 3 anos Média anual
O ₃ (Ozônio -2008)	Primário e secundário	8h	0,075 ppm	Quarta maior máxima média diária de 8 horas anual sobre médias de 3 anos
MP 2,5 (2006)	Primário e secundário	Anual 24h	15 µg/m ³ 35	Média anual sobre médias de 3 anos Percentil 98 sobre médias de 3 anos
MP 10(2006)	Primário e secundário	24h	150 µg/m ³	Não deve ser excedido mais de uma vez por ano sobre médias de 3 anos
SO ₂ (2010)	Primário Secundário	1h 3h	75ppb 0,5 ppm	Percentil 99 das máximas de uma hora diária (s), média de 3 anos Não deve ser excedido mais de uma vez por ano.

Fonte: (INEA, 2012)

(*) os padrões primários devem permitir uma margem adequada de segurança para proteção da saúde pública. Os padrões secundários devem ser adequados a proteção de bem-estar público, compreenda, entre estes, os efeitos sobre a vegetação, colheitas, solos, águas, faunas, materiais sintéticos e a visibilidade.

A CAA (*Clean Air Action*) estabelece que os padrões de qualidade do ar devam se ater aos conhecimentos científicos mais recentes e, para tanto, é necessário realizar uma revisão pela EPA a cada cinco anos, em um procedimento que contemple etapas de planejamento, avaliações técnicas, de risco/exposição e políticas, e, por fim, de regulamentação.

Essa revisão deve acontecer, tendo em vista que as tecnologias disponíveis para mitigar as emissões devem se aprimorar cada vez mais, auxiliando no combate as emissões e por consequência, ao cumprimento do disposto na legislação americana. Isso também força o governo a investir cada vez mais em tecnologias que ajudem a combater a poluição. (USEPA, 2015)

Os estados norte-americanos possuem uma grande autonomia legislativa, o que lhes garante a possibilidade de legislar com maior facilidade, sem entraves federais, e pode até haver divergências legislativas entre um estado e outro. Neste contexto, os Estados devem estabelecer medidas específicas de controle das emissões de poluentes, tudo conforme a

situação da qualidade do ar de cada um. Neste sistema, os padrões são utilizados como referência para a classificação das áreas de controle da qualidade do ar, sendo:

- **Áreas de não atendimento:** qualquer área do território que não atenda ao padrão de qualidade do ar para um ou mais poluentes;
- **Áreas de atendimento:** qualquer área que atenda aos padrões de qualidade do ar;
- **Inclassificáveis:** qualquer área que não possa ser classificada com base na informação disponível. (CAVALCANTI, 2010)

Isso possibilita e exige que cada estado tenha o seu próprio plano de controle da poluição do ar – *State Implementation Plan* (SIP), identificando os programas e ações a serem implantados em cada uma das áreas. Os elementos-essenciais de um SIP são os seguintes:

- **Plano de monitoramento da qualidade do ar.** Anualmente, os estados precisam exibir um plano de monitoramento da qualidade do ar, demonstrando os resultados alcançados com o monitoramento daquele ano.
- **Elaboração de um inventário de emissões.** A USEPA determina todos os procedimentos a serem adotados para a organização do inventário de emissões, sendo que neste inventário, é necessário que sejam incluídas todas as fontes de emissões e o quanto elas emitem. Para isso a EPA disponibiliza modelos a serem adotados.
- **Demonstração e quantificação das reduções necessárias.** Nos planos estaduais é preciso quantificar e posteriormente, demonstrar os métodos a serem aplicados para a redução significativa dos poluentes, e colocarem essas áreas em conformidade com os padrões nacionais de qualidade do ar.
- **Imposição de limites obrigatórios de emissão e das medidas de controle a serem adotadas.** Uma das grandes medidas adotadas é a imposição de procedimentos legais relativos ao licenciamento ambiental para novas fontes significativas – *major sources*– e a manutenção das licenças para fontes significativas que já existem. A *Lowest Achievable Emissions Rate* (LAER) determina que nas áreas de não atendimento dos padrões nacionais de qualidade do ar, as emissões sejam as mínimas possíveis de se alcançar.
- **Obediência ao Princípio da Publicidade.** A sociedade tem direito de ter acesso a quaisquer informações relativas as emissões, e os órgãos responsáveis são obrigados a notificar a população e disponibilizar as informações relativas aos inventários de emissões, sobre a rede de monitoramento. As informações devem ser apresentadas da forma mais clara possível.

- **Avaliação e aprovação dos SIPs:** Após a avaliação e aprovação dos SIPs, estes são sancionados pela USEPA, e passam a valer como lei, cabendo ao poder executivo prezar pelo seu cumprimento.
- **Proibição de receber recursos, no caso de não cumprimento da lei:** Se os Estados não cumprirem as metas e disposições legais, podem ser proibidos de receber recursos de um fundo federal destinado à manutenção e construção de rodovias. (CENTER FOR CLIMAT ENERGY SOLUTION, 2015)

Padrões de emissão de poluentes provenientes de instalações de combustão nos EUA

O Código de Regulação Federal Americano é um instrumento legal codificado, contendo as regras gerais e permanentes publicadas pelos departamentos executivos e pelas agências do governo federal. Esse código é dividido em 50 títulos que representam as áreas mais importantes sujeitas à regulamentação. O título 40 dessa codificação legal organiza os regulamentos ambientais que foram promulgados pela Agência de Proteção Ambiental dos EUA (USEPA).

Os artigos 60 e 63 desse título tratam das normas nacionais de emissão para poluentes atmosféricos perigosos provenientes do carvão e petróleo utilizados para combustão nas centrais térmicas, estabelece também padrões de desempenho para as novas fontes fixas e a subparte “DA”, trata dos padrões de desempenho para as Centrais térmicas. Essa lei foi promulgada no dia 16 de fevereiro de 2012 (EUA, 2012).

Outra importante modificação na lei ocorreu em 8 de janeiro de 2014 (EUA, 2014), em que foram estabelecidos novos padrões de emissão para as novas fontes estacionárias geradoras de energia elétrica.

Todas as informações sobre o assunto podem ser acessadas no site <http://www.ecfr.gov/> - US “Government Publishing Office”, mas precisamente no “*Electronic Code Of Federal Regulations*”. As Tabelas 17 -20 apresentam os valores dos padrões de emissão por queima de combustíveis nos estados unidos.

Tabela 17 - Padrões de emissão de dióxido de carbono para turbinas de fontes estacionárias

TURBINAS ESTACIONÁRIAS DE COMBUSTÃO	PADRÃO DAS EMISSÕES DE CO₂
Motor superior a 250 MW	450 quilogramas (kg) de CO ₂ por megawatt-hora (MWh) de produção bruta
Motor superior a 73 MW e igual ou inferior de 250 MW	500 kg de CO ₂ por MWh de produção bruta

Fonte: Federal Register / Vol. 79, No. 5 / Wednesday, January 8, 2014 / Proposed Rule

Tabela 18 - Padrões de emissão de Material Particulado para Carvão, IGCC, óleo e derivados do petróleo

Tipo de usina	Material particulado em lb/MMBtu gerado
Existente – para carvão betuminoso	0,03
Existente – projetada para carvão sub betuminoso	0,03
Existentes – IGCC	0,04
Existentes - Óleo	0,008
Tipo de usina	Material particulado em lb/MWh gerado
Nova – Não baixa classificação para carvão virgem	0,007
Nova – projetada para baixo grau de carvão virgem	0,007
Nova – IGCC	0,09
Nova – Combustível Sólido e derivados do petróleo	0,02

Fonte: Federal Register / Vol. 77, No. 32
 (*)IGCC- Ciclo Combinado Integrado com gaseificação

Tabela 19 - Padrões de emissão de SO₂ para Carvão, IGCC, óleo e derivados do petróleo

Tipo de usina	Emissões de SO ₂ em lb/MMBtu gerado
SO ₂ - plantas existentes	0,2
SO ₂ - plantas novas	0,4

Fonte: Federal Register / Vol. 77, No. 32

Guttikunda e Jawahar (2014) elaboraram um estudo a respeito das emissões atmosféricas de termoelétricas a carvão na Índia, no qual apresentaram os limites de emissões americanos na unidade mg/Nm³, o que facilita a compreensão pois esta unidade é a mesma utilizada na União Europeia.

Tabela 20 - Padrões de emissão para Termoelétricas a carvão

PAÍS	MATERIAL PARTICULADO	SO ₂	NO ₂
USA	37 mg/Nm ³ para instalações antigas 6 mg/Nm ³ para novas instalações	245 mg/Nm ³ para instalações antigas 50 mg/Nm ³ para novas instalações	61 mg/Nm ³ para instalações antigas 42 mg/Nm ³ para novas instalações

Fonte: GUTTIKUNDA, S.K.; JAWAHAR, 2014.

1.5.3 União Europeia

A legislação Europeia de combate a poluição é muito antiga, a exemplo podemos citar a Constituição Federal de Portugal de 1922 (PORTUGAL, 1922), onde era atribuído o dever das câmaras municipais de plantarem árvores em terrenos baldios. O Decreto n.º8 de 5 de dezembro de 1892 (PORTUGAL, 1892), já preconizava do Regulamento dos Serviços Hidráulicos. O Decreto n.º 5787 de 10 de maio de 1919 (PORTUGAL, 1919), tratava da Lei de Águas. (ANTUNES, 2015). Há tempos os europeus, já se preocupavam com a poluição em suas várias formas.

Na União Europeia, os padrões de qualidade do ar são formalizados como:

“**Valores-limite**”: ações mitigatórias que deve ser feito naquele momento por determinação legal, ou seja, a partir da vigência da lei;

- “Valores alvo”: metas a serem alcançadas no futuro, mas com uma peculiaridade, ou seja, caso não sejam atendidas não haverá penalidade.

Os valores limites são mais rigorosos do que os valores alvos, pois caso estes não sejam cumpridos os empreendimentos geradores de poluição não sofrerem nenhum tipo de sanção, diferente do que acontece com os valores limites.

Atualmente, são estabelecidos valores limites para material particulado (MP10 e MP2,5), SO₂, NO₂, CO, chumbo e benzeno, conforme mostra a Tabela 21.

Tabela 21 - Padrões de Qualidade do ar na União Europeia

Poluente	Valor – Limite Concentração / Data de atendimento	Valor – Alvo Concentração / Data de atendimento	Período de amostragem	Ultrapassagens anuais permitidas	Margem de tolerância
MP 2,5	25µg/m ³ 1/1/2015 20µg/m ³ (a) 1/1/2020	25µg/m ³ 1/1/2010 - -	1 ano -	- -	20% até 11/06/2008, a reduzir gradativamente até atingir 0% em 1/1/2015 -
MP 10	50µg/m ³ 1/1/2005 40µg/m ³ 1/1/2005	- - - -	24 horas 1 ano	35 -	50% 20%
SO ₂	350µg/m ³ 1/1/2005 125µg/m ³ 1/1/2005	- - - -	1 hora 24 horas	24 3	150µg/m ³ (43%) -
NO ₃	200µg/m ³ 1/1/2010 40µg/m ³ 1/1/2010	- - - -	1 hora 1 ano	18 -	50% em 19/07/1999, a reduzir gradativamente até atingir 0% em 1/1/2010 50% em 19/07/1999, a reduzir gradativamente até atingir 0% em 1/1/2010
CO	10µg/m ³ 1/1/2005	120µ/m ³ -	Média máxima diária por períodos de 8h	-	60%
O ₃	- -	120µ/m ³ 1/1/2010 18.000µg/m ³ 1/1/2010 (b)	Média máxima diária por períodos de 8h Maio a junho, num período de 5 anos	25 dias em média por ano, num período de 3 anos (e) -	- -
Benzeno	0,5µg/m ³ 1/1/2005 (f)	- -	1 ano	-	5mg/m ³ (100%) em 13/12/200, a reduzir gradativamente, até atingir 0% em 1/1/2010
Chumbo	- -	6µ/m ³ 31/12/2012	1 ano	-	100%
Arsênio	- -	5µ/m ³ 31/12/2012	1 ano	-	-
Cádmio	- -	6µ/m ³ 31/12/2012	1 ano	-	-
Níquel	- -	5µ/m ³ 31/12/2012	1 ano	-	-
HPA (*)	- -	- -	-	-	-

Fonte: INEA,2012

Em 1996, a UE adotou a diretiva relativa à qualidade do ar ambiente e gestão (96/62/CE), com o objetivo de conservar e aprimorar a qualidade do ar na Comunidade Europeia, a diretiva estabeleceu os princípios de base que permitem:

- Definir objetivos para a qualidade do ar ambiente.
- Estabelecer métodos e critérios comuns de avaliação do ar.

- Dispor de informações sobre a qualidade do ar e divulgá-las. (DIRECTIVA 96/62/CE)

Todos os países que fazem parte da União Europeia têm por obrigação a aplicação da presente diretiva.

Os países que compõem a União Europeia devem controlar a qualidade do ar. Se porventura, os valores limites sejam excedidos, um programa de combate à poluição é implantado, e um prazo fixo é estabelecido para que a normalidade se reestabeleça.

O programa obedece fielmente ao princípio da publicidade, e as informações devem ser divulgadas ao público, especificando detalhadamente:

- Localização em que foi excedida a poluição.
- Natureza e avaliação da poluição.
- Origem da poluição. (DIRECTIVA 96/62/CE)

Se as áreas avaliadas estiverem com os níveis de poluição menores aos valores limite, os Estados Membros têm por obrigação manter esses níveis.

Esta diretriz foi posteriormente complementada por quatro diretivas específicas que estabelecem os valores-limite e / ou valores-alvo para as concentrações máximas permitidas de poluentes atmosféricos no ar ambiente:

- 1999/30/CE, cobrindo valores limites para o dióxido de enxofre, dióxido de azoto, partículas e chumbo.
- 2000/69/CE, que abrange o benzeno e o monóxido de carbono.
- 2002/3/CE, que trata de ozônio troposférico.
- 2004/107/CE, que abrange os hidrocarbonetos poliaromáticos (PAH) e uma série de metais pesados (As, Cd, Ni, Hg).

Há também a nova diretiva “combinada” da qualidade do ar ambiente e de um ar mais limpo na Europa (DIRECTIVA 2008/50/CE), que entrou em vigor em junho de 2008, sendo sua principal proposta simplificar e agilizar todo e qualquer procedimento para a melhoria da qualidade do ar na Europa.

Essa diretiva é muito importante, pois introduziu um novo valor-limite de partículas finas (PM 2.5) de 25 microgramas por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Em contraste, as diretrizes de qualidade do ar acordadas pela Organização Mundial de Saúde (OMS), em 2005, recomendaram um padrão PM 2.5 médias anual de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

A União Europeia não detalha como os padrões de qualidade do ar devam ser revistos e elaborados, apenas preconiza que estes devem estar embasados em estudos

técnicos/científicos, tendo como parâmetro todos os efeitos que possam causar a saúde humana e ao meio ambiente, e que cabe a cada Estado membro instituir e manter a rede de monitoramento da qualidade do ar conforme os métodos e critérios estabelecidos legalmente e por coordenar as medidas, políticas e programas nacionais e comunitários de gerenciamento e controle da poluição do ar, além de dar publicidade a todas as informações.

Padrões de emissão de poluentes provenientes de instalações de combustão na Europa

A União Europeia adota o princípio da Subsidiariedade, ou seja, um fundamento legal para o funcionamento da UE, mais precisamente para a tomada de decisão em nível europeu, esse princípio permite estabelecer medidas em nível comunitário, e se considerarmos as emissões, essa é a melhor solução, pois não é uma ação isolada, mas uma ação conjunta entre todos os membros da União Europeia. (GUIA DAS INSTITUIÇÕES DA UE, 2013).

Diante disso, estabeleceu-se a Diretiva 2001/80/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 23 de outubro de 2001, relativa a limitação das emissões atmosféricas de certos poluentes provenientes de grandes instalações de combustão. Está se aplica às instalações de combustão térmica nominal igual ou superior a 50MW, independente do combustível utilizado (sólido, líquido ou gasoso).

Essa diretriz trata unicamente, das instalações destinadas à produção de energia. O objetivo principal dessa diretriz é auxiliar a redução de gases prejudiciais ao meio ambiente e garantir o cumprimento do plano nacional de redução das emissões.

O plano nacional de redução das emissões obedece às seguintes condições:

- a) O plano deve incluir os objetivos e as metas com eles relacionadas, as medidas e calendários para alcançar esses objetivos e metas, e ainda um mecanismo de vigilância;
- b) Os Estados-Membros devem comunicar à Comissão o seu plano nacional de redução das emissões;
- c) A Comissão deve avaliar se o plano obedece ou não aos requisitos do presente número. Se a Comissão considerar que não é o caso, informará o Estado-Membro e nos três meses seguintes o Estado-Membro deve comunicar as medidas que tiver tomado para garantir o cumprimento do disposto no presente número; (Diretiva 2001/80/CE)

A diretriz estabeleceu diversos padrões de emissão, apresentados nas Tabelas 22, 23 e 24.

Tabela 22 – Padrões de emissão para certos poluentes provenientes de grandes instalações de combustão a gás

	GÁS		
	NO ₂	SO ₂	MP
União Europeia	>50MW= 50 mg/Nm ³ De 50 a 500 MW= 300 mg/Nm ³ > 500MW=200 mg/Nm ³	35 mg/Nm ³	5 mg/Nm ³

Fonte: Adaptado da Diretiva 2001/80/CE

Tabela 23 - Padrões de emissão para certos poluentes provenientes de grandes instalações de combustão a carvão.

	CARVÃO		
	NO ₂	SO ₂	MP
União Europeia	<p>Para instalações antigas: De 50 a 500 MW = 600 mg/Nm³ >500MW = 500 mg/Nm³</p> <p>Para instalações novas a partir de janeiro de 2016: De 50 a 500 MW = 600 mg/Nm³ >500MW = 200 mg/Nm³</p>	<p>>500MW = 400 mg/Nm³</p> <p><100MW=850 mg/Nm³</p> <p>>100MW=200 mg/Nm³</p>	<p>50 a 100 MW = 50 mg/Nm³</p> <p>> 100MW = 30 mg/Nm³</p> <p><500 MW= 100 mg/Nm³</p> <p>≥ 500 MW= 50mg/Nm³</p>

Fonte: Adaptado da Diretiva 2001/80/CE

Tabela 24 – Padrões de emissão para certos poluentes provenientes de instalações de combustão de combustíveis líquidos.

	Combustíveis Líquidos		
	NO ₂	SO ₂	MP
União Europeia	De 50 a 500 MW = 450 g/Nm ³ > 500MW = 400 mg/Nm ³	De 50 a 100MW = 850 mg/Nm ³ De 100 a 300 MW = 400 a 200mg/Nm ³ >300MW = 200 mg/Nm ³	50 mg/Nm ³

Fonte: Adaptado da Diretiva 2001/80/CE

1.6 LICENCIAMENTO AMBIENTAL E ZONEAMENTO INDUSTRIAL PARA PREVENÇÃO DA POLUIÇÃO DO AR

Segundo Lora (2000), a prevenção e o controle da poluição decorrente do funcionamento das indústrias são um dos mais delicados dilemas do mundo atual, uma verdadeira encruzilhada, haja vista que de um lado, acredita-se que o desenvolvimento da indústria moderna significa progresso, melhores condições de vida para mais pessoas, e que seja uma trajetória positiva, benéfica. Por outro lado, os efeitos da poluição originada na atividade industrial e energética são conhecidos, ou, pelo menos, são percebidos por todos os que vivem nas grandes

aglomerações industriais, e também pelos que moram, ou frequentam, e, até, pelos os que ali passam uma única vez.

Diante disso, faz-se necessário a implementação e a observância de uma legislação preventiva e repressiva da poluição do ar no setor energético, principalmente no que se refere a queima de combustíveis fósseis para produzir energia. O licenciamento ambiental e o zoneamento ambiental são exemplos de políticas públicas de combate à poluição do ar.

1.6.1 Licenciamento ambiental

De acordo com a Resolução Conama nº. 237, de 19 de dezembro de 1997 (BRASIL/CONAMA, 1997), licenciamento ambiental é definido como:

“Processo administrativo pelo qual o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação, ampliação e operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras e daquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental, considerando as disposições legais regulamentares e as normas técnicas aplicáveis ao caso. ”

O processo de licenciamento ambiental nada mais é que um conjunto de estudos e análises que devem ser realizados quando da instalação de qualquer novo empreendimento ou atividade, de forma a identificar os futuros impactos ambientais decorrentes deste empreendimento/atividade, bem como verificar a viabilidade ambiental do mesmo.

O objetivo maior do licenciamento ambiental é a preservação do meio ambiente, e garantir que as futuras gerações possam desfrutar de um meio ambiente ecologicamente equilibrado. Fiscalizar as atividades ambientais quaisquer que sejam, principalmente aquelas potencialmente poluidoras, por meio de uma cadeia de procedimentos a serem detalhadamente observados e determinados pelo órgão administrativo responsável pela fiscalização, com a finalidade maior de proteger o bem comum de todos que é o meio ambiente ecologicamente equilibrado. (ARAUJO, 2010)

O licenciamento ambiental faz parte da PNMA (Política Nacional do Meio Ambiente), conforme previsto no artigo 9º, inciso IV da Lei nº. 6.938 de 1981(BRASIL/CONAMA, 1981):

“Art 9º - São instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente: IV - o licenciamento e a revisão de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras”.

Trata-se de um procedimento administrativo, bastante complexo, que tramita perante os órgãos públicos estaduais e municipais, e em alguns casos, tramita perante o órgão público

federal. Este processo tem como objetivo permitir a instalação e obtenção de recursos naturais para o desenvolvimento de alguma atividade. No entanto, deve-se sempre levar em consideração se as medidas preventivas utilizadas irão ser compatíveis com o desenvolvimento sustentável.

1.6.1.1 Fases do licenciamento ambiental

a) Licença Prévia (LP)

A licença prévia é aquela concedida na fase preliminar do planejamento da atividade, ou seja, no momento em que começa a reunir as informações essenciais da atividade a ser desenvolvida, como localização, instalação, operação, etc.

b) Licença Ambiental de Instalação (LI)

Este tipo de licença refere-se ao momento que autoriza o início da implantação do empreendimento, ou seja, quando o órgão competente confere ao empreendedor o direito de iniciar o seu planejamento, conforme projeto executivo aprovado.

Nesta fase, após obter sua licença prévia, o empreendedor precisa apresentar ao órgão ambiental competente o projeto físico e operacional da obra, contendo assim, todos os detalhes que norteiam o empreendimento.

É importante o empreendedor demonstrar que já se encontra em concordância com todas as condições e restrições impostas pela licença prévia.

Somente com a licença de instalação concedida é que o empreendedor pode iniciar suas obras ou suas atividades.

c) Licença Ambiental de Operação (LO)

Depois de terminadas as obras ou o empreendimento, o órgão ambiental retorna ao local para uma vistoria do serviço realizado, para constatar se o resultado ficou de acordo com o que foi planejado, principalmente no tocante às condições e restrições ambientais.

Se o resultado for diferente do que foi proposto, a obra ou o empreendimento poderá ser embargado. No entanto, se estiver tudo em conformidade com o que foi exigido, o empreendimento poderá começar a funcionar e a atividade começará a ser desempenhada.

A partir deste resultado positivo, o órgão ambiental confere ao empreendedor a licença de operação, que autoriza o desenvolvimento do empreendimento que atendeu as normas ambientais.

A licença de operação deve servir para a ampliação, modificação ou até mesmo, o começo de operação de atividades ou empreendimento. (RODRIGUES, 2010)

1.6.1.2 Licenciamento ambiental para termoeletricas

As termoeletricas estão sujeitas ao processo de licenciamento ambiental com base na Resolução CONAMA 6/87 (BRASIL/CONAMA, 1987). Esta resolução foi criada com o intuito de facilitar o entendimento entre aqueles que necessitam da licença e os órgãos públicos licenciadores. Para isso a resolução traz separadamente os documentos necessários para a expedição de cada licença, ou seja, Licença Prévia, Licença de Instalação e Licença de Operação, apresentados na Tabela 25. As regras devem ser fielmente cumpridas para que assim sejam concedidas as determinadas licenças.

Todo esse importante instrumento regulatório de controle das atividades nocivas ao meio ambiente decorre do princípio da consideração do meio ambiente na tomada de decisões, e da elementar obrigação de se levar em conta o fator ambiental em qualquer ação ou decisão – pública ou privada – que possa sobre ele causar qualquer efeito negativo (MILARÉ, 2000).

Tabela 25 - Documentos Necessários para o Licenciamento de Termoeletricas

Tipos de Licença	Usinas Termoeletricas
Licença Prévia (LP)	Requerimento de Licença Prévia Cópia de Publicação do pedido de LP Portaria MME autorizando o Estudo da Viabilidade Alvará de pesquisa ou lavra do DNPN, quando couber Manifestação da Prefeitura RIMA (sintético e integral)
Licença de Instalação (LI)	Requerimento de Licença de Instalação Cópia da publicação da concessão da LP Cópia da publicação do pedido de LI Relatório de Viabilidade aprovado pelo DNAEE Projeto Básico Ambiental
Licença de Operação (LO)	Requerimento de Licença de Operação Cópia da publicação de concessão da LI Cópia da publicação do pedido de LO Portaria do DNAEE de aprovação do Projeto Básico Portaria do MME autorizando a implantação do empreendimento

Fonte: Adaptado da Resolução CONAMA 6/87

De acordo com a Resolução CONAMA 1/86 (BRASIL/CONAMA, 1986), antes da solicitação das licenças faz se necessária a elaboração de um Estudo de Impacto Ambiental (EIA), posteriormente a apresentação de um Relatório de Impacto Ambiental (RIMA). Assim sendo, o EIA/RIMA são partes integrantes de todo procedimento de licenciamento para termoeletricas.

O EIA é uma ferramenta importante de análise dos impactos ambientais causados por ações humanas voluntárias, não considerando impactos por ocorrências naturais.

O objetivo principal é precaver e prever o dano ambiental, avaliando a grandeza, o grau e a reversibilidade do impacto, indicando soluções que evitem ou atenuem essas degradações e, ainda, elaborando programas de acompanhamento e monitoramento à atividade a ser implementada.

Assim sendo, o EIA pode ser considerado um procedimento administrativo de prevenção e de monitoramento de danos ambientais. Ele nada mais é que um estudo das prováveis modificações, nas diversas características socioeconômicas e biofísicas do meio ambiente, que podem resultar de um projeto proposto (MILARÉ, 2000).

O EIA, por se tratar de um documento complexo e minucioso, com uma linguagem muitas das vezes incompreensível para os leigos, contendo dados e apresentações sobre o empreendimento, deve vir acompanhado do RIMA. Este refletirá suas conclusões mediante uma linguagem acessível, ilustrada com mapas, quadros e gráficos, de forma a demonstrar à população as expectativas dos danos ambientais, suas alternativas e soluções, tudo de acordo com o Princípio da Informação Ambiental.

Além da obrigatoriedade de ter linguagem clara e acessível, o RIMA deve retratar fielmente o conteúdo do EIA, de modo compreensível e menos técnico possível.

Para Paulo Affonso Leme Machado. “As verificações e análises do estudo de impacto ambiental terminam por um juízo de valor, ou seja, uma avaliação favorável ou desfavorável ao projeto. Não se admite um estudo de impacto ambiental que se abstenha de emitir avaliação do projeto”. (MACHADO, 2001)

Outro ponto importante a ser mencionado é a Resolução CONAMA 9/87 (BRASIL/CONAMA, 1987), que disciplinou a realização das audiências públicas para expor os EIA/RIMA para a população, discutir os fatos e dirimir as dúvidas de todos os interessados no empreendimento, levando em consideração quaisquer críticas e sugestões.

As audiências públicas têm cunho facultativo, ou seja, poderão ou não acontecer. De acordo com a Resolução CONAMA 9/87, ocorrerá quando: a) for solicitada por entidade civil ou pelo Ministério Público; b) quando o órgão público competente para conceder a licença solicitar; c) quando cinquenta ou mais membros da sociedade requerer ao órgão ambiental;

Se houver requerimento de alguns desses legitimados, e a audiência pública não for realizada, a licença concedida será inválida (FIORILLO, 2001).

Com a finalidade de facilitar a participação da sociedade, a audiência deverá ser marcada e realizada em local acessível, conforme artigo 2º, parágrafo 4º da Resolução 09/87 do CONAMA.

A Audiência Pública é a última grande etapa do procedimento do EIA, corroborando para aplicação dos princípios da publicidade e da participação popular, democratizando e legitimando as decisões da Administração Pública. Deve ser considerada para análise e parecer final do órgão licenciador.

1.6.2 Zoneamento Industrial

Tratando da construção e implantação de termoeletricas em perímetros urbanos, há necessidade de conhecer as questões relacionadas ao zoneamento, que está diretamente ligado ao princípio do desenvolvimento sustentável, cujo objetivo principal é compatibilizar o desenvolvimento industrial com preservação do meio ambiente.

Assim sendo, as autoridades públicas devem promover uma política de urbanização que determine o afastamento da população das vizinhanças das instalações de risco, levando em conta tanto a probabilidade de que um acidente ocorra, quanto as características locais; determinando com clareza quais os tipos de instalações são adequados a cada área. A localização das instalações de risco maior e o uso das áreas de seu entorno devem ser consideradas como elemento fundamental do sistema de prevenção de riscos de acidentes ampliados. (ROSA, 2014)

O decreto 1413 de 1975 (BRASIL, 1975), estabelece que toda indústria para se instalar no território nacional é obrigada a promover medidas necessárias para prevenir ou corrigir problemas ligados a poluição, caso a empresa não obedeça às normas poderá ser cancelado ou suspenso o funcionamento das atividades industriais. Para áreas críticas, todo cuidado é necessário para não agravar a situação e para as áreas não críticas será adotado o esquema de zoneamento urbano.

Zoneamento urbano, nada mais é que é um instrumento legal de planejamento. Nesse caso, um planejamento industrial, que pode ser caracterizado por um sistema legislativo municipal, que procura regular a instalação de empresas em determinados locais, controlando a utilização do solo e definindo as atividades que ali poderão ser exploradas.

Nesse contexto ligado ao zoneamento industrial, pode-se citar a lei 6.803 de 80 (BRASIL, 1980), que dispõe sobre as diretrizes básicas para o zoneamento industrial nas áreas críticas de poluição. A criação dessa lei representou um avanço significativo no que diz respeito às questões ambientais. Isso em razão do fato que as elevou a tema de suma importância, conseguindo atrair, pela primeira vez, todo o Congresso Nacional para formular pontos de vista e votar um problema ambiental.

Essa preocupação em regulamentar zonas específicas para instalação de indústrias surgiu com o fato de que a excessiva concentração industrial em certas áreas metropolitanas provocava poluição aguda e significativa nessas áreas, postulando uma política de equilíbrio, de modo a conciliar o desenvolvimento em alta velocidade com um mínimo de efeitos danosos sobre a ecologia. (SILVA, 2000)

Assim sendo, a regra geral dessa lei é a implantação de indústrias dentro das zonas destinadas a elas, com algumas exceções previstas nos artigos 8 e 10 da lei. Atribui ainda, aos estados e municípios o poder de estabelecer limites e padrões ambientais para a instalação e licenciamento das indústrias, exigindo o Estudo de Impacto Ambiental.

Esta lei é de suma importância, pois é anterior a constituição de 1988, e elevou todos os seus preceitos em nível constitucional.

Capítulo 2 - METODOLOGIA

A partir da metodologia, foi possível realizar a comparação dos padrões de qualidade do ar e dos padrões de emissões previstos na lei brasileira e no contexto internacional, a fim de verificar se o Brasil está ou não acompanhando as mudanças legais no contexto mundial sobre o tema emissões.

Foi possível também, analisar os programas regulatórios brasileiros de combate à poluição, avaliando quão importantes são para evitar danos ambientais. Trata-se também de demonstrar como a lei de licenciamento ambiental e de zoneamento urbano são instrumentos importantes de combate preventivo da poluição em todas as suas áreas.

Para isso foi dividida a metodologia, conforme descrito e apresentado no fluxograma da Figura 4:

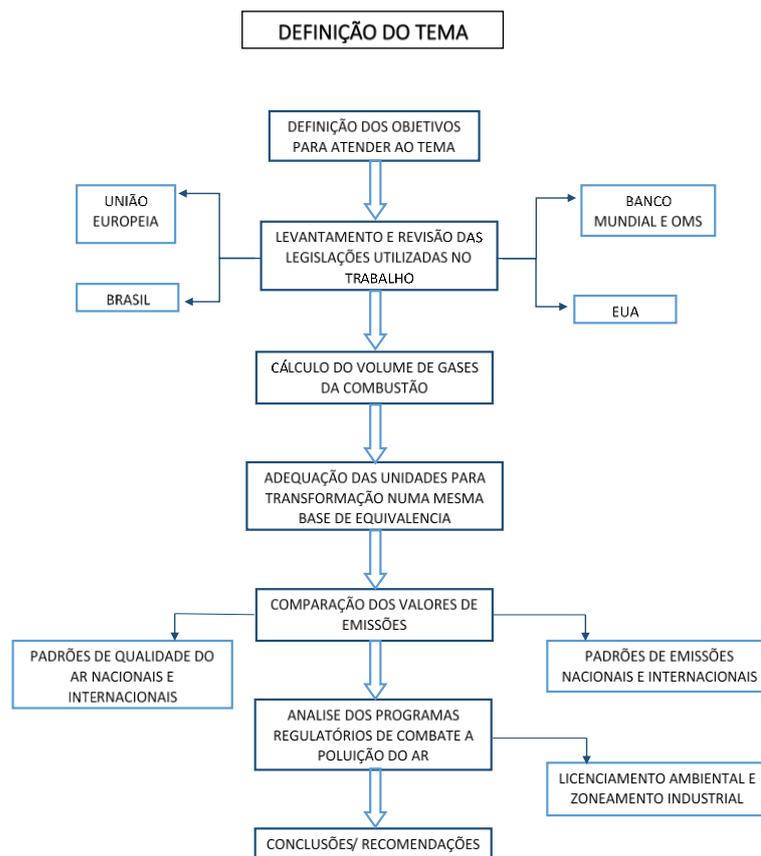


Figura 4 – Fluxograma da metodologia empregada

- Comparação dos padrões de qualidade do ar e padrões de emissão estabelecidos no Brasil e no exterior;

- Método para a conversão das unidades de g/Mcal para mg/Nm³ presentes na resolução CONAMA 8/90 - Usinas a carvão/ óleo combustível;
- Avaliação dos programas brasileiros de combate a poluição no setor energético - licenciamento ambiental e zoneamento industrial
- Resultados e comparações com outros padrões.
- Cenários

2.1. COMPARAÇÃO DOS PADRÕES DE QUALIDADE DO AR ESTABELECIDOS NO BRASIL E NO EXTERIOR

Para a realização da comparação entre os padrões de qualidade do ar estabelecidos na legislação federal brasileira e os padrões de qualidade do ar em vigor internacionalmente, foram utilizadas como referências básicas a Resolução CONAMA 3/1990, informações obtidas na USEPA, Diretrizes europeias e dados da Organização Mundial de Saúde (OMS), diante disso foram elaboradas tabelas e gráficos comparando os padrões de qualidade do ar para os seguintes poluentes: NO_x, SO₂, MP e CO. Por fim foram apresentadas as conclusões parciais sobre o assunto.

2.2. COMPARAÇÃO DOS PADRÕES DE EMISSÕES NACIONAIS E INTERNACIONAIS

Para a realização das comparações entre os padrões legais de emissão para MP, SO₂ estabelecidos na legislação federal brasileira (Resolução CONAMA 8/90), e os estabelecidos internacionalmente, foi necessária a conversão das unidades em (g/Mcal) para (mg/Nm³). Essa conversão foi realizada tendo em vista que a resolução CONAMA 8/90, estabelece os limites de emissões para fontes fixas movidas a carvão e óleo combustível em gramas por mega caloria (g/Mcal), e os limites europeus e do banco mundial são expressos em miligrama por normal metro cúbico (mg/Nm³). Os resumos dos cálculos realizados para a conversão das unidades encontram-se nos anexos A e B.

As resoluções CONAMA 382/2006 e 436/2011 trazem os limites legais para usinas movidas a gás natural e é comparada com a legislação Europeia. Neste caso, não foi necessária a realização da conversão das unidades, pois ambas se encontram na mesma unidade, qual seja, miligrama por normal metro cúbico (mg/Nm³).

2.2.1. Método para a conversão das unidades de g/Mcal para mg/Nm³ presentes na resolução CONAMA 8/90 - Usinas a carvão/ óleo combustível

➤ Carvão

Para a realização da conversão da unidade de g/Mcal para mg/Nm³ presentes na resolução CONAMA 8/90, foi necessário primeiramente adotar uma composição elementar básica para o carvão brasileiro. Neste caso, foi adotado como padrão o carvão do estado de Santa Catarina.

Foram feitos os balanços estequiométricos para a combustão do combustível baseados na composição elementar e a unidade contida nele, levando em conta a queima completa do combustível sem e com excesso de ar. Vale mencionar que a resolução CONAMA 08/90 não estabelece a quantidade de oxigênio referencial, as emissões são estabelecidas em gramas de poluentes por milhão de caloria, que é equivalente a gramas por megajoules de energia (g/MJ).

➤ Óleo Combustível

Da mesma forma que no caso do carvão, foram feitos os balanços estequiométricos para a combustão do combustível, considerando a queima completa sem e com excesso de ar, numa combustão de 1kg de combustível.

➤ Gás Natural

Não foi necessário a conversão das unidades para o Gás Natural, haja vista que a lei já traz as unidades em mg/Nm³.

O segundo passo foi a realização das comparações utilizando os dados já mencionados na revisão bibliográfica, ou seja, dados da Diretriz Europeia, Banco Mundial, Resolução CONAMA e do estudo realizado por Guttikinda e Jawahar (2014), onde constam os limites previstos na lei americana já convertidos para mg/Nm³. Então, foram confeccionadas tabelas e gráficos com os resultados e apresentadas as conclusões parciais sobre o assunto. Os resultados consolidados dos calculos são apresentados na Tabela 26

Tabela 26 - Representação das transformações de unidades da Resolução CONAMA 8/90

Áreas de Classe I - ≤70 MW	Vr.	Ud.	G/gcal→ MJ	g/MJ	Vol. dos gases de combustão	g/Nm³	mg/Nm³
SO ₂ carvão	2000	g/Mcal	4186,8	0,4777	0,49	0,9749	974,9
SO ₂ Óleo	2000	g/Mcal	4186,8	0,4777	1	0,4777	477,7
Material particulado carvão	120	g/Mcal	4186,8	0,0287	0,49	0,0585	58,5
Material particulado Óleo	120	g/Mcal	4186,8	0,0287	1	0,0287	28,7
Áreas de Classe II e III - ≤70 MW							
SO ₂ carvão	5000	g/Mcal	4186,8	1,1942	0,49	2,4372	2.437,2
Material particulado carvão	1500	g/Mcal	4186,8	0,3583	0,49	0,7312	731,2
Material particulado Óleo	350	g/Mcal	4187,8	0,0836	1	0,0836	83,6
SO ₂ Óleo	5.000	g/Mcal	4187,8	1,1942	1	1,1942	1.194,20
Áreas de Classe II e III - >70 MW							
SO ₂ carvão	2000	g/Mcal	4186,8	0,4777	0,49	0,9749	974,9
Material particulado carvão	800	g/Mcal	4186,8	0,1911	0,49	0,3900	390,0
Material particulado óleo	120	g/Mcal	4186,8	0,0287	1	0,0287	28,7
SO ₂ Óleo	2000	g/Mcal	4186,8	0,4777	1	0,4777	477,7

Sobre os programas que auxiliam a análise e a perspectiva futura da qualidade do ar, foi considerada apenas a legislação preventiva da poluição do ar para efeito de estudo, e abordou-se o zoneamento e o licenciamento ambiental, por meio dos quais a administração pública pode evitar a instalação de fontes específicas de poluição em determinados locais (exemplo: áreas de classe I, II, III), bem como tentou-se definir as principais medidas legais de controle da poluição.

Capítulo 3 – RESULTADOS

Para obter a conclusão do trabalho, optou-se por apresentar os resultados em quatro tópicos, em conformidade com a metodologia descrita no capítulo 2.

3.1. AVALIAÇÃO CRÍTICA DA LEGISLAÇÃO DE COMBATE A POLUIÇÃO DO AR NO BRASIL

É correto admitir que a existência constitucional de textos que visam um ambiente limpo e ecologicamente equilibrado, não traz a garantia de se respirar um ar limpo. No entanto, as garantias constitucionais previstas em um capítulo inteiro da constituição e mencionadas em vários outros pontos constitucionais possibilitam exigir dos poderes públicos condutas que resguarde e preserve o meio ambiente como um todo.

A proteção ambiental e a busca pela mitigação da poluição em qualquer de suas formas estão inseridas na competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios (art.22, VI, CF/88). Assim, todos os entes federados possuem competência administrativa para praticar atos na esfera da proteção do meio ambiente e, portanto, da luta contra a poluição atmosférica, sendo assim, os estados puderam criar seus próprios órgãos ambientais cuja competência inclui a prevenção e o controle da poluição atmosférica.

Foi possível observar que com a criação da CETESB, em 24 de julho de 1968, no Estado de São Paulo, iniciou-se o efetivo controle das fontes de poluição do ar. Com essa iniciativa, os outros Estados, passaram a realizar ações governamentais para combater a poluição.

Na década de 80 os problemas relacionados a poluição passaram a ser frequentes, com isso o legislador brasileiro passou a dar mais ênfase para as questões ambientais. Nesta década houve um grande avanço legal na área legislativa ligada ao meio ambiente, isso ocorreu também porque a população percebeu que através das leis poderiam obter uma melhoria em sua qualidade de vida.

As principais leis aprovadas desde os anos 80 até hoje, em questões que versem sobre emissão de gases prejudiciais ao meio ambiente são apresentadas na Tabela 27.

Tabela 27- Principais leis para o combate da poluição atmosférica e limites de emissões (Anos 80 até hoje)

LEGISLAÇÃO	DATA	ASSUNTO
Decreto Lei 1.413	31/07/1975	Dispõe sobre o controle da poluição do meio ambiente provocada por atividades industriais.
Portaria MINTER nº 231	27/04/1976	Estabelece Padrões de Qualidade do Ar; (REVOGADA pela Resolução CONAMA 3 de 26/06/1990)
Lei n.º 997	31/05/1976	Dispõe sobre o Controle da Poluição do Meio Ambiente
Decreto 8.468	08/09/1976	Aprova o Regulamento da Lei n.º 997, de 31 de maio de 1976, que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente
Lei 6.803	02/07/1980	Dispõe sobre as diretrizes básicas para o zoneamento industrial nas áreas críticas de poluição, e dá outras providências. (ALTERADA pela lei 7.804 1989, substituindo-se, onde couber, a expressão Secretaria Especial do Meio Ambiente - SEMA por Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis – IBAMA)
Lei nº 6.938	31/08/1981	Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. (ALTERADA pela lei 7.804 de 1989, substituindo-se, onde couber, a expressão Secretaria Especial do Meio Ambiente - SEMA por Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis – IBAMA)
Resolução CONAMA n.º6	16/09/1987	Considerando a necessidade de que sejam editadas regras gerais para o licenciamento ambiental de obras de grande porte, especialmente aquelas nas quais a União tenha interesse relevante como a geração de energia elétrica, no intuito de harmonizar conceitos e linguagem entre os diversos intervenientes no processo.
Resolução CONAMA nº 9	03/12/1987	Dispõe sobre a realização de Audiências Públicas no processo de licenciamento ambiental.
Resolução CONAMA nº5	15/06/1989	Instituiu o Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar - PRONAR, como um dos instrumentos básicos da gestão ambiental para proteção da saúde e bem-estar das populações e melhoria da qualidade de vida com o objetivo de permitir o desenvolvimento econômico e social do país de forma ambientalmente segura, pela limitação dos níveis de emissão de poluentes por fontes de poluição atmosférica;
Portaria Normativa nº 348/IBAMA	14/03/1990	Trata de padrões de qualidade do ar e as concentrações de poluentes atmosféricos que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde, a segurança e o bem-estar da população, bem como ocasionar danos à flora e à fauna, aos materiais e ao meio ambiente em geral. (Foi transformada em Resolução)
Resolução CONAMA nº 3	26/06/1990	Trata dos padrões de qualidade do ar e as concentrações de poluentes atmosféricos que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde, a segurança e o bem-estar da população, bem como ocasionar danos à flora e à fauna, aos materiais e ao meio ambiente em geral.

Cont. Principais leis para o combate da poluição atmosférica e limites de emissões (Anos 80 até hoje)

LEGISLAÇÃO	DATA	ASSUNTO
Resolução CONAMA nº 8	06/12/1990	Estabelecer, em nível nacional, limites máximos de emissão de poluentes do ar (padrões de emissão) para processos de combustão externa em fontes novas fixas de poluição com potências nominais totais até 70 MW (setenta megawatts) e superiores;
Resolução CONAMA 237	19/12/1997	Trata da necessidade de regulamentação de aspectos do licenciamento ambiental estabelecidos na Política Nacional de Meio Ambiente;
Decreto Legislativo nº 144	26/06/2002	Aprova o texto do Protocolo de Quioto a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima aberto a assinaturas na cidade de Quioto, Japão, em 14 de dezembro de 1997, por ocasião da Terceira Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima.
Decreto Legislativo nº 5.445	12/05/ 2005	Promulga o Protocolo de Quioto a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, aberto a assinaturas na cidade de Quioto, Japão, em 11 de dezembro de 1997, por ocasião da Terceira Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima.
Resolução CONAMA 382	26/12/2006	Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas.
Lei Complementar 140	08/12/2011	Fixa normas, nos termos dos incisos III, VI e VII do caput e do parágrafo único do art. 23 da Constituição Federal, para a cooperação entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios nas ações administrativas decorrentes do exercício da competência comum relativas à proteção das paisagens naturais notáveis, à proteção do meio ambiente, ao combate à poluição em qualquer de suas formas e à preservação das florestas, da fauna e da flora; e altera a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981.
Resolução CONAMA 436	26/12/2011	Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas instaladas ou com pedido de licença de instalação anteriores a 02 de janeiro de 2007.

Conclusões parciais

A legislação federal brasileira ainda é muito recente. Só ganhou expressividade na década de 80, sendo que países da Europa e os EUA, já possuem uma legislação de combate à poluição há décadas. Mas isso não diferencia as primeiras leis promulgadas por esses países da nossa legislação. Principalmente, no quesito prevenção, tanto a legislação brasileira quanto as primeiras leis destes países, surgiram em decorrência de um problema e não para evitar o problema. Esse cenário vem mudando, e hoje a legislação brasileira é mais preventiva, e para isso pode-se citar a lei de licenciamento ambiental, que só permite a instalação de um empreendimento mediante aprovação dos estudos de viabilidade técnica e impactos ambientais, isso é uma garantia preventiva de menor impacto possível para o meio ambiente como um todo.

A promulgação da Constituição Federal de 1988, destacando o capítulo V – Do Meio Ambiente, em seu corpo normativo, elevou as questões ambientais como matérias da mais alta importância no contexto ambiental nacional, sendo erguida à categoria de princípio da atividade econômica e direito assegurado a todos de terem um meio ambiente ecologicamente equilibrado.

Diante disso, percebe-se atualmente o interesse maior do legislador em combater a poluição, e agora não mais de forma repressiva, mas preventiva, levando em consideração áreas críticas decorrentes da poluição e áreas não críticas. A legislação federal deu muita ênfase às questões ambientais, promulgando diversas normativas:

- Leis federais;
- Leis ordinárias;
- Leis complementares;
- Medidas provisórias;
- Resoluções;
- Portarias;
- Decretos;

O país possui um bom aparelhamento legislativo, mas que não vem acompanhando o crescimento econômico da nação. Os empreendimentos energéticos estão aumentando a cada dia, mas a legislação em matéria de padrões de emissões é a mesma de anos atrás. É preciso atualizar a lei com a mesma agilidade com que as mudanças socioeconômicas acontecem, assim o judiciário pode aplicar a lei com maior segurança, não permitindo que a mesma caia em descrédito, tanto por parte da população como para os próprios empreendedores. Com uma legislação atual, baseada em estudos técnicos e científicos, é possível proporcionar maior segurança jurídica para todos os envolvidos em projetos de desenvolvimento energético no país, e principalmente resguardando o bem mais importante que é um meio ambiente ecologicamente equilibrado.

3.2 ANÁLISE COMPARATIVA DOS PADRÕES DE QUALIDADE DO AR VIGENTES NO BRASIL E NO EXTERIOR

A tabela 28 apresenta os limites de concentração de poluentes e o tempo de exposição dos padrões de qualidade do ar estabelecidos no Brasil, EUA, UE, OMS e Banco Mundial.

Tabela 28- Comparativos dos padrões de qualidade do ar brasileiros e internacionais

Poluente	Tempo de exposição	Brasil		Banco Mundial		EUA		Europa		OMS	
		Primário	Secundário	Primário	Secundário	Primário	Secundário	Primário	Secundário	Primário	Secundário
MP ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	24h	150	150	150		150	50	50		50	50
	MAA	60	60	50						20	20
	1 ano							40			
SO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	24h	365	100	365		30	30	125		20	20
	MAA	80	40	150						500	
	1 ano			80						50	
	1h					2,12	2,12	350		125	
NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	3h					1,41	1,41				
	1h	320	190	100		203	203			200	
CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	MAA	100	100	100						40	
	24h			150							
	1 ano					107	107			40	
O ₃ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1h	43,2	43,2	43,2		11		10		10	
	8h	11,1	11,1	11,1		43,2		120		100	
MP ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1h	160	160			0,159	0,159	120		100	
	8h										
MP ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	24h	240	150	230						Não reportados	Não reportados
	MAA			80							
	MGA	80	60								

Fonte: Resolução CONAMA 3 (1990); MAGRINI (2001); WHO (2005); EPA (2011)

A) Comparação de padrão de qualidade para MP₁₀

A legislação Americana diz que este poluente não deve ser excedido mais de uma vez por ano sobre médias de 3 anos.

Considerando a Figura 5, os limites primários estabelecidos na legislação europeia de $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ e o recomendado pela OMS, são mais rigorosos que os previstos no Brasil que são de $150\mu\text{g}/\text{m}^3$. A concentração de MP no ar permitida no Brasil é 3 vezes mais do que o permitido na UE e o recomendado pela OMS. Se levarmos em consideração a recomendação do Banco Mundial e da legislação americana que é de $150\mu\text{g}/\text{m}^3$, o Brasil estaria de acordo com os padrões internacionais. A Figura 6 apresenta os padrões secundários.

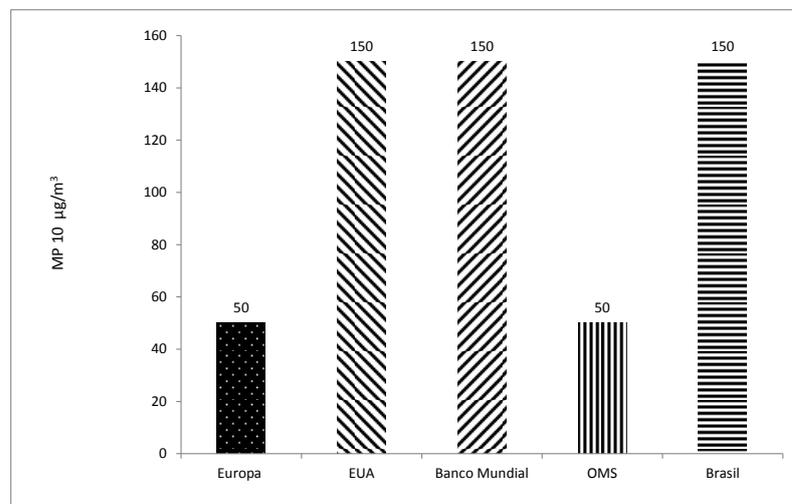


Figura 5 - Padrões primários diários de qualidade do ar para MP₁₀ em diferentes regiões

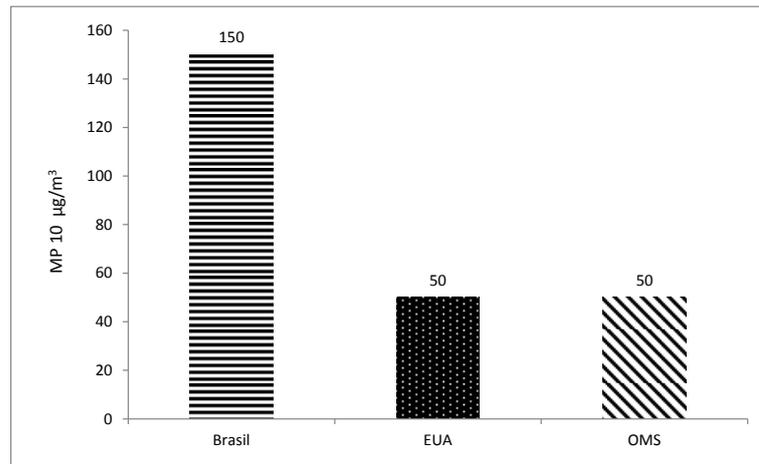


Figura 6 - Padrões secundários diários de qualidade do ar para MP em 24 horas

B) Comparação de padrão de qualidade para o Dióxido de Enxofre (SO_2)

Em 24 horas, para os padrões primários de qualidade do ar, o Brasil tolera a concentração de $365 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{SO}_2$, o mesmo valor indicado pelo Banco Mundial. Já os EUA $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a OMS $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e a Europa $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$, conclui se que a legislação brasileira adota valores menos rigorosos do que o imposto pelos EUA, Europa e OMS. Na Figura 7 apresentam-se os padrões diários primários por região e na Figura 8, os padrões secundários.

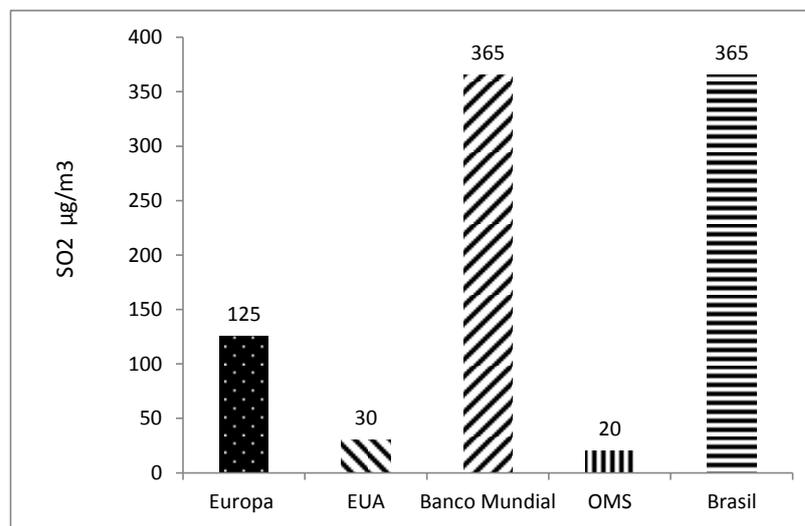


Figura 7 - Padrões diários primários de qualidade do ar para SO_2 em diferentes regiões

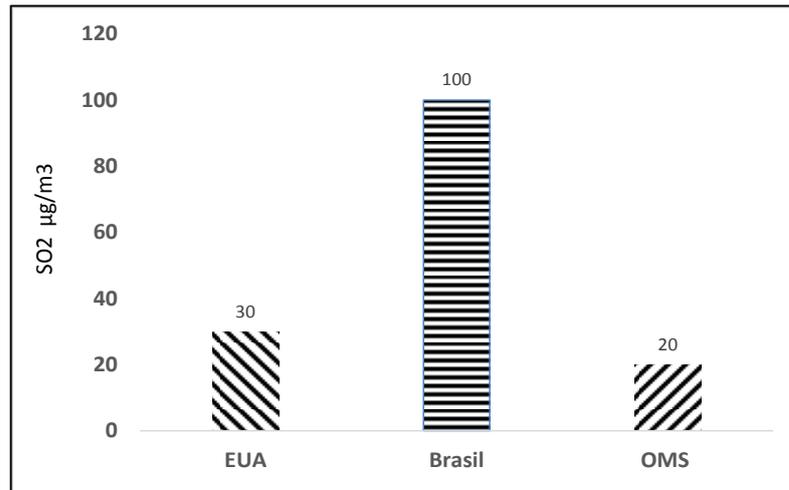


Figura 8 - Padrões diários secundários de qualidade do ar para SO₂ em 24 horas

C) Comparação de padrão de qualidade para o Dióxido de Nitrogênio

É possível observar na Figura 9, que, considerando o previsto pela OMS e pela UE, o valor recomendado para a concentração do NO₂ é de 200 µg/m³, nos EUA o limite de concentração é de 203 µg/m³ e para o Banco Mundial é 100 µg/m³ já a legislação brasileira estabelece um limite de 320 µg/m³, dando a possibilidade de se emitir mais, e estando em desconformidade com o limite internacional.

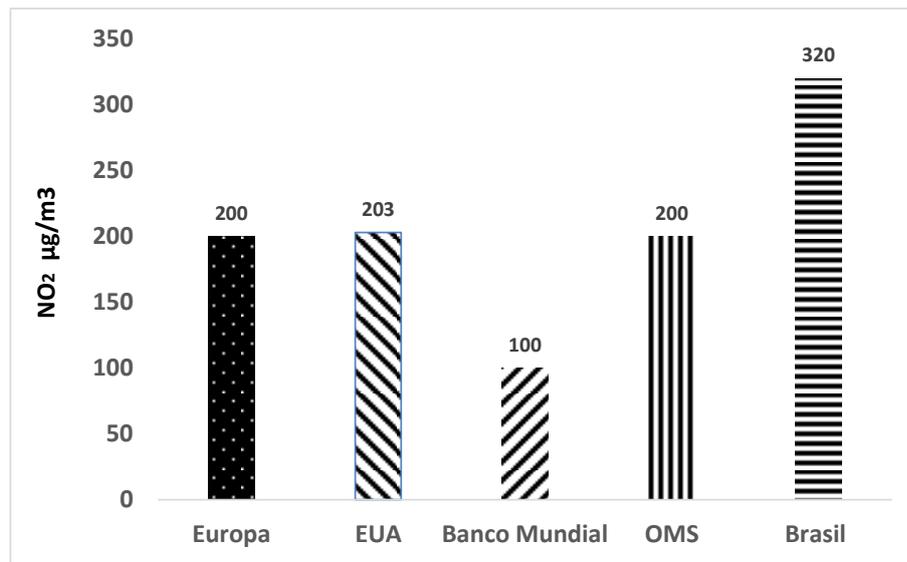


Figura 9 - Padrão Primário de Qualidade do ar em 1 hora para NO₂ no Brasil e outras regiões, incluído OMS

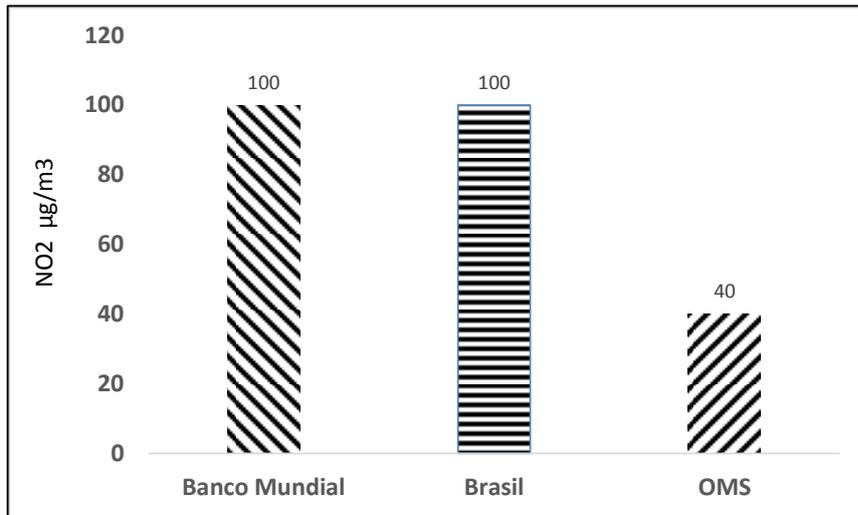


Figura 10 - Padrão primário de qualidades do ar para o NO₂ na MMA

D) Comparação de padrão de qualidade para o Monóxido de Carbono

A legislação Americana, recomenda que esse limite não deva ser excedido mais que uma vez no ano. Considerando a Figura 11, o Brasil obedece ao mesmo padrão estabelecido pelo Banco Mundial, mas está muito além do que o permitido pela legislação americana, ou seja, a legislação americana é muito mais rigorosa do que a brasileira, enquanto o Brasil e o Banco Mundial estabelecem o valor de concentração de 43,2µg/m³ os EUA e a OMS, toleram a concentração de apenas 11,0 µg/m³ e 10 µg/m³ de CO respectivamente.

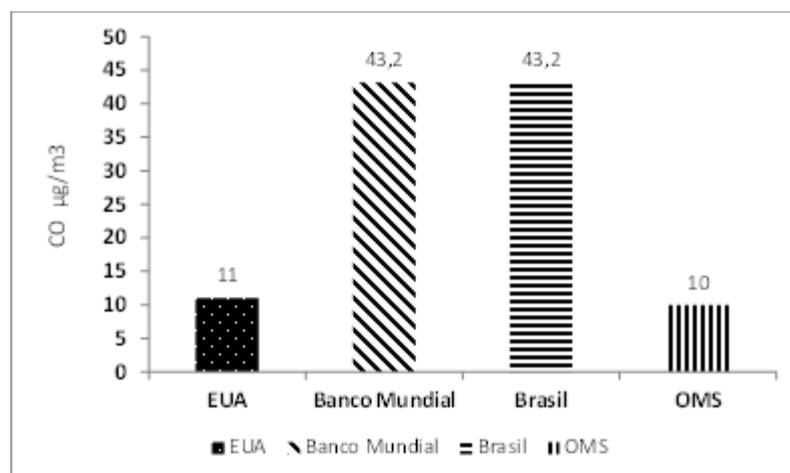


Figura 11 - Padrões horários primários de qualidade do ar para CO nos EUA, Brasil e para o Banco Mundial

E) Comparação de padrão de qualidade para o Material Particulado Total

Na Figura 12, pode se observar que o Brasil tolera limites menos rigorosos que o Banco Mundial. O Brasil estabelece a concentração de 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de MP no ar, já o Banco Mundial recomenda o valor de 230 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de MP.

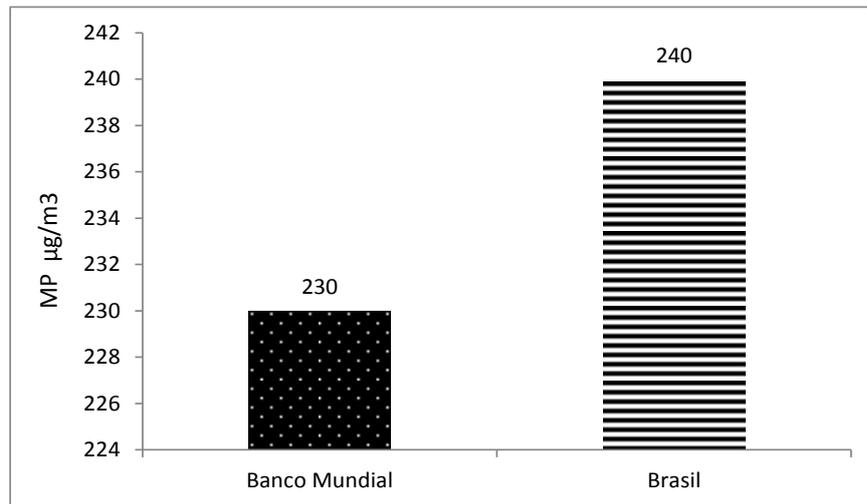


Figura 12 - Padrões diários primários de qualidade do ar para material particulado no Brasil e para o Banco Mundial

- **Comentários sobre o MP_{2,5}:** Não foi possível estabelecer comparativos a respeito da concentração no ar do material particulado (MP_{2,5}), haja vista que o Brasil ainda não reporta nenhum valor para este poluente. O banco mundial sugere que as concentrações não ultrapassem a 65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ em 24 horas e não ultrapassem 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ na média aritmética anual. Os EUA sugerem que não passe de 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ em 24 horas e 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ na média aritmética anual.

Conclusões Parciais

Os padrões nacionais de qualidade do ar, desde 1990, quando foram estabelecidos, nunca foram revistos. Assim sendo, no que se refere ao NO₂, SO₂, MP₁₀ e MP_{2,5} faz-se necessário que o CONAMA proceda uma revisão e atualização dos mesmos, tendo como base estudos epidemiológicos mais recentes.

Importante ressaltar que a legislação federal brasileira sequer faz menção ao MP_{2,5}, sendo que este poluente traz sérios problemas a saúde, já que por seu tamanho é facilmente inalável, pode atingir os alvéolos pulmonares. A OMS, os EUA e a UE, estabeleceram limites

máximos de concentração para este poluente, e introduziu o mesmo aos padrões de qualidade do ar.

No momento em que o CONAMA for realizar uma atualização dos padrões de qualidade do ar nacionais é preciso tomar como referência as recomendações da OMS, levando em consideração a realidade socioeconômica brasileira e atualizando os valores que estão acima do estabelecido internacionalmente e inserindo o $MP_{2,5}$ nos novos padrões com limites iguais aos atribuídos internacionalmente.

Outra questão que pode ser abordada é que durante a pesquisa, percebeu-se uma precariedade nas informações fornecidas pelos órgãos públicos dos Estados sobre o monitoramento da qualidade do ar, embora forneçam as informações por meio de *download*, relatórios sobre a qualidade do ar, estes se encontram desatualizados, pode se citar o website do IEMA (Espírito Santo), que disponibiliza relatório referente ao ano de 2007, a FEPAM, do Rio Grande do Sul, que disponibiliza relatório referente ao ano de 2002, a SEMA (Mato Grosso), oferece relatório referente ao ano de 2008, e a FEAM, de Minas Gerais, cujo relatório disponibilizado é referente ao ano de 2011. Uma exceção a ser mencionada é o Estado de São Paulo, onde as informações estão atualizadas.

Desta forma, é difícil verificar se os Estados cumprem ou não o que está previsto na legislação federal de combate à poluição do ar, se está ou não cumprido os limites estabelecidos para os padrões de qualidade do ar. Embora haja a disponibilização das informações estas deveriam ser atuais, e disponibilizadas de forma clara e simples para as pessoas interessadas.

Diante disso, ocorre o descumprimento da Lei N.º 10.650/2003, que dispõe sobre o acesso público às informações ambientais existentes nos órgãos e entidades integrantes do Sistema Nacional do Meio Ambiente, prejudicando assim o fornecimento dos dados de monitoramento de qualidade do ar e sua transparência para com os interessados.

Diante dos quase 26 anos de criação do PRONAR, embora tenha sido estabelecida a criação de uma Rede Nacional de Monitoramento da Qualidade do Ar, esta ainda não foi totalmente implementada, acarretando grandes prejuízos à população. Considerando que com a falta dessa rede, é praticamente impossível o Estado formular políticas públicas de combate à poluição atmosférica, fazendo com que toda a população venha a sofrer com os problemas decorrentes da poluição. É possível concluir que com a falta de uma rede de monitoramento adequada, todos saem perdendo, a população que sofre com vários problemas que a poluição causa, desde asma, alergias, câncer, problemas cardíacos, entre outros, e o Estado que precisa

investir cada vez mais na saúde. Se houvesse uma real aplicação de tudo que a legislação prevê certamente muitos desses problemas poderiam ser evitados ou mitigados, proporcionando um maior bem-estar para todos os envolvidos.

3.3. ANÁLISE COMPARATIVA DOS PADRÕES DE EMISSÕES

3.3.1 Análise comparativa dos padrões de emissões para usinas a carvão

A Tabela 29 apresenta as comparações dos limites entre as usinas ao carvão de Classe I, II e III do Brasil, constantes na Resolução 8/90 e os limites previstos internacionalmente.

Tabela 29- Comparativos dos padrões de emissões de usinas a carvão no Brasil e no Exterior

País	Classe	Poluentes em mg/Nm ³		
		SO ₂	M P	NO ₂
Brasil	Classe I, potencia ≤ 70 MW	974,9	58,5	-
	Classe II e III Potencia ≤ 70MW	2437,20	731,2	-
	Classe II e III Potencia > 70MW	974,9	390	-
Europa	Potencia < 100 MW	800	50	600
	Potencia > 100MW até 500MW	200	30	600
	Potencia > 500 MW	400	30	200
Índia	Potencia < 210 MW	N/A	350	N/A
	Potencia >210 MW	N/A	210	N/A
China	Todas as potencias. Novas plantas	100	30	100
	Todas as potencias. Plantas em funcionamento	200	30	
	Todas as potencias. Algumas regiões	50	20	
Austrália	Todas as potencias (1997-2005)	N/A	100	800
	Todas as potencias depois de 2005		50	500
EUA	Todas as potencias	50	6	42
Banco Mundial	Todas as potencias	2000	-	750

Fonte: Sarath K. Guttikunda , Puja Jawahar (2014); Resolução CONAMA 8(1990) SALOMON (2003); DIRETIVA 2001/80/CE

a) Comparação dos padrões de emissão de SO₂ em usinas a carvão no Brasil e no Exterior

De acordo com a Figura 13, onde são reportados os limites de emissão para SO₂, percebe se que os limites para as usinas de classe I ≤ a 70 MW, e para as usinas de classe II e III maior que 70 Mw são iguais, ou seja, 974,9 mg/Nm³, e que se considerarmos apenas o limite estabelecido para o Banco Mundial que é de 2000 mg/Nm³, o Brasil estaria com uma legislação mais eficaz. Mas se considerarmos esses mesmos limites com o estabelecido pela União Europeia e pelos EUA o Brasil está com uma legislação desatualizada, pois os limites estão muito aquém do que o estabelecido internacionalmente. Considerando apenas as áreas

de classe II e III \leq a 70MW, cujo limite é de 2437,2 mg/Nm³ a legislação brasileira está em total desconformidade com o permitido internacionalmente.

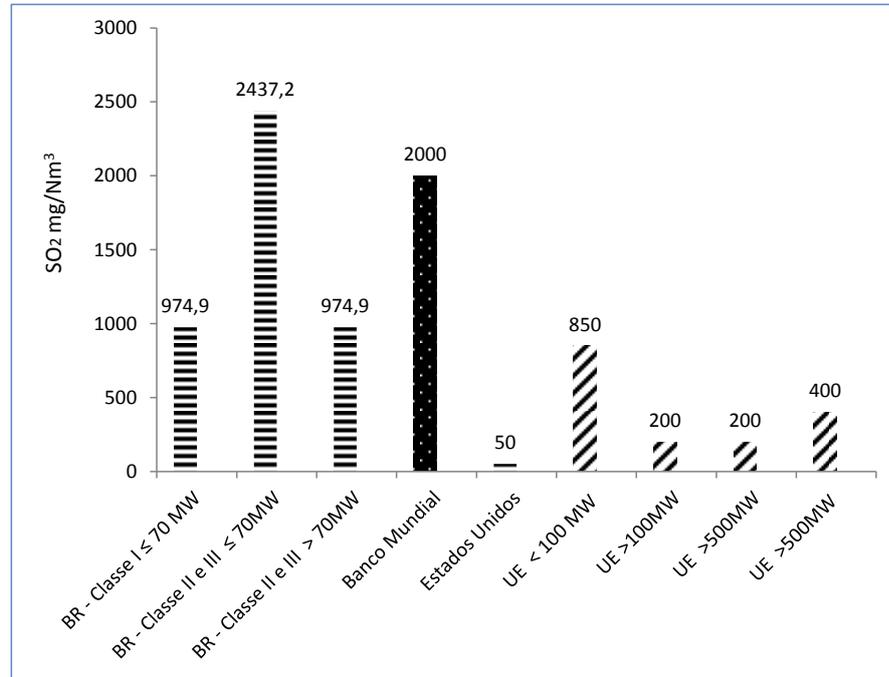


Figura 13 - Padrões de emissões de SO₂ em usinas a carvão no Brasil e no Exterior

b) Comparação dos padrões de emissões de Material Particulado em usinas a carvão no Brasil e no Exterior

Considerando a Figura 14, onde são mostrados os limites para o Material Particulado, pode se observar que os limites para as usinas de classe I menor ou igual a 70 MW é de 58,5 mg/Nm³ e que se for considerado o limite estabelecido para a usinas europeias de 50 a 100 MW que é de 50 mg/Nm³, e o limite estabelecido para as usinas americanas que é de 6 mg/Nm³, a lei brasileira está em desconformidade com os limites internacionais.

Considerando o limite de 731,2 mg/Nm³ estabelecido para as usinas de classe II e III \leq a 70 MW e comparando este com o limite estabelecido para as usinas europeias de 50 a 100 MW que é de 50 mg/Nm³, e com o limite estabelecido para as usinas americanas que é de 6 mg/Nm³, a lei brasileira está em desconformidade com os limites internacionais. Considerando ainda as usinas de classe II e III $>$ 70 MW cujo limite é de 390 mg/Nm³ e comparando este com o estabelecido internacionalmente, a legislação Brasileira continuaria em total desacordo com o proposto na esfera internacional.

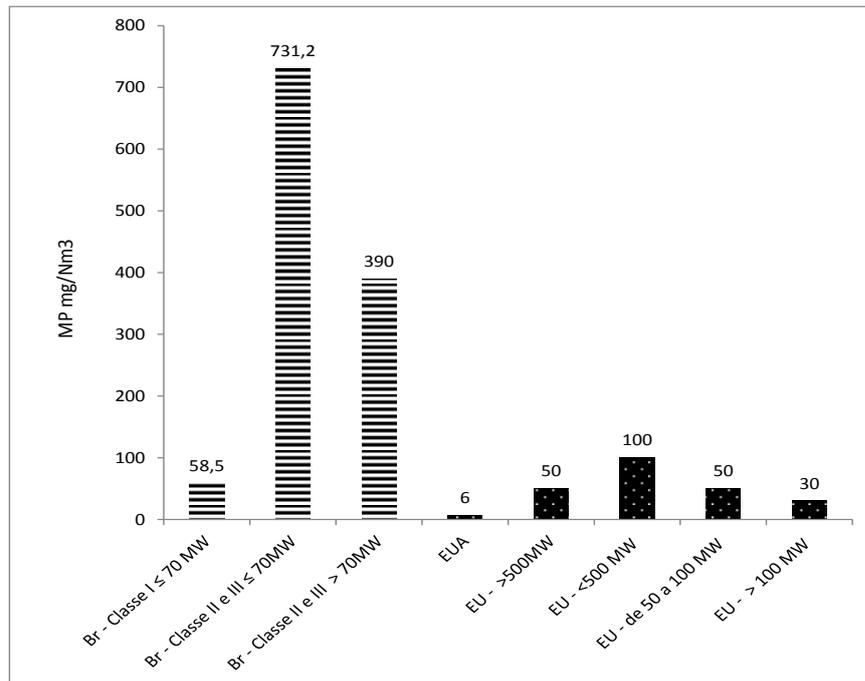


Figura 14 - Padrões de emissões de Material Particulado em usinas a carvão no Brasil e no Exterior

c) Comparação dos limites de emissões de NO₂ em usinas a carvão no Brasil e no Exterior

Até o presente momento, o Brasil não estabelece nenhum limite de NO₂ para as usinas a carvão.

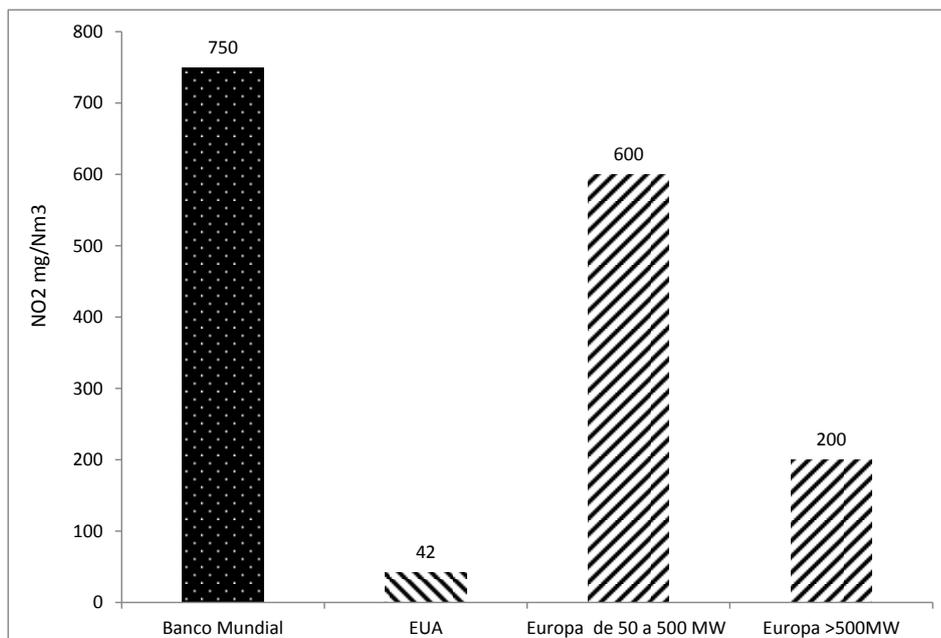


Figura 15 - Padrões de emissões de NO₂ em usinas a carvão no Brasil e no Exterior

3.3.2 Análise comparativa dos padrões de emissões para usinas a combustível líquido

A Tabela 30 apresenta a comparação entre os padrões de emissão das usinas ao combustível líquido de Classe I, II e III do Brasil, constantes na Resolução 8/90 e os limites previstos pela União Europeia.

Tabela 30- Comparação dos padrões de emissões de usinas a combustível líquido no Brasil e no Exterior

País	Classe	Poluentes em mg/Nm ³		
		SO ₂	M P	NO ₂
Brasil	Classe I, potencia ≤ 70 MW	477,60	28,6	-
	Classe II e III Potencia ≤ 70MW	1194,2	83,6	-
	Classe II e III Potencia > 70MW	477,6	28,6	-
União Européia	Potencia 50 a 100MW	850	50	450
	Potencia > 100MW até 300MW	400 a 200		
	Potencia > 300 MW	200		
	Potencia > 500 MW	200		

a) Comparação dos padrões de emissões de SO₂ em usinas a óleo combustível no Brasil e no Exterior

De acordo com a Figura 16, onde são reportados os limites de emissão para SO₂, percebe-se que os limites para as usinas de classe I ≤ a 70 MW, e para as usinas de classe II e III < 70 MW são iguais, ou seja, 477,6 mg/Nm³, e que se considerarmos qualquer dos limites estabelecidos pela União Europeia (850 mg/Nm³, 400 mg/Nm³ ou 200 mg/Nm³), o Brasil está com uma legislação desatualizada, pois os limites encontram-se muito aquém do que o estabelecido internacionalmente.

Considerando apenas as áreas de classe II e II ≤ a 70Mw, cujo limite é de 1194,2 mg/Nm³ a legislação brasileira está em desconformidade com o permitido internacionalmente.

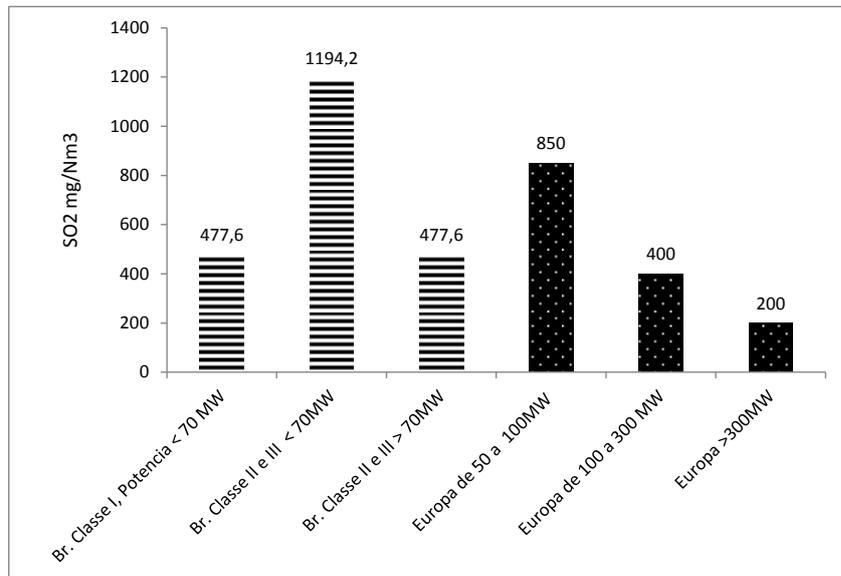


Figura 16 - Padrões de emissões de SO₂ em usinas a óleo combustível no Brasil e na Europa

b) Comparação dos padrões de emissões de Material Particulado em usinas a óleo combustível no Brasil e no Exterior

Considerando a Figura 17, onde são demonstrados os limites para o Material Particulado, pode se observar que os limites para as usinas de classe I \leq a 70 MW e para as usinas de classe II e III $>$ 70MW é o mesmo de 28,6 mg/Nm³ e que se considerarmos o limite estabelecido para a usinas europeias que é de 50 mg/Nm³, a lei brasileira é mais rigorosa quando comparada com os limites internacionais.

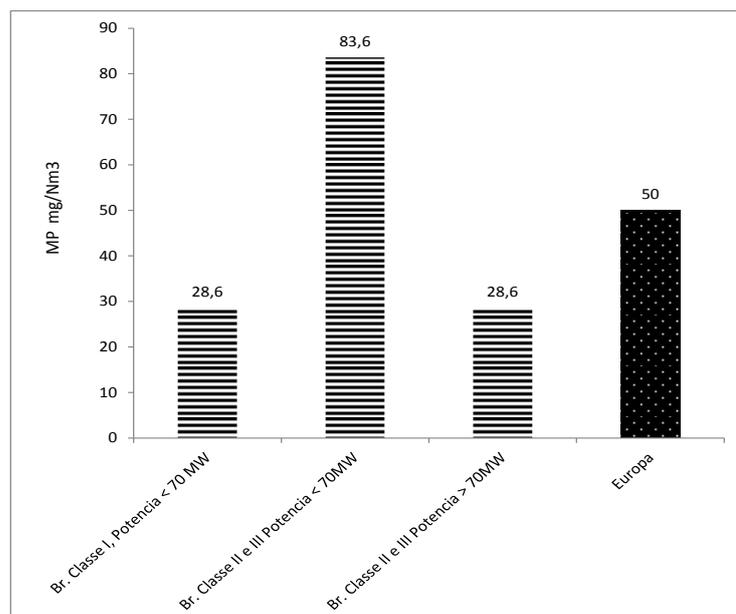


Figura 17 - Padrões de emissões de Material Particulado em usinas a óleo combustível no Brasil e na Europa

c) Comparação dos padrões de emissões de NO₂ em usinas a óleo combustível no Brasil e na Europa

O Brasil não estabelece padrões de emissões para o NO₂ em usinas a óleo combustível, os limites permitidos na Europa são apresentados na Figura 18.

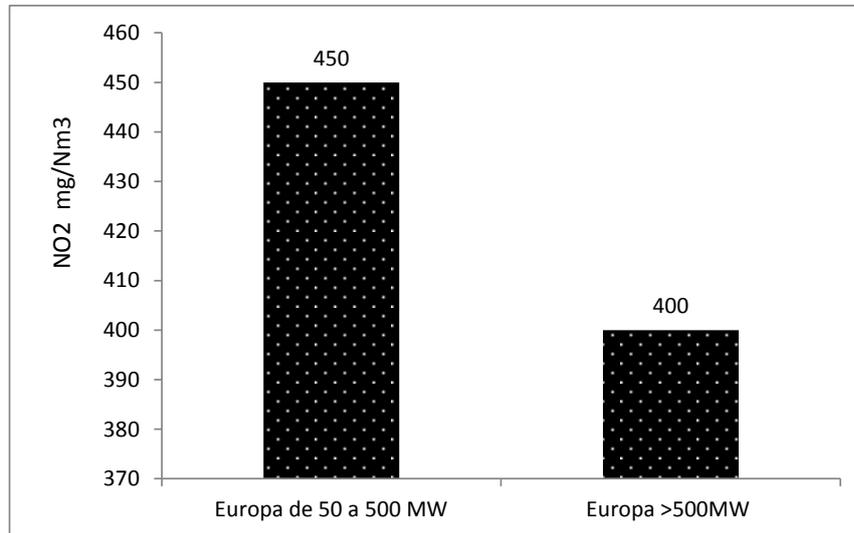


Figura 18 - Padrões de emissões de NO₂ em usinas a óleo combustível na Europa

3.3.3 Análise comparativa dos padrões de emissões para usinas a gás

Neste item, foram comparadas as resoluções CONAMA 382/2006 e 436/2011 com a legislação europeia, Diretiva 2001/80, o resumo delas é apresentado na Tabela 31.

Tabela 31 - Comparação dos padrões de emissões de usinas a gás no Brasil, na Europa e nos EUA

País ou Região	Normativa	Poluentes em mg/Nm ³		
		SO ₂	MP	NO _x
Brasil	Resolução CONAMA 382/2006			50
	Resolução CONAMA 436/2011- Usinas com potência<100 MW			90
	Resolução CONAMA 436/2011- Usinas com potência>100 MW			50
União Europeia	Diretiva 2001/80 De 50 a 500 MW	35	5	300
	Diretiva 2001/80 > 500MW			200
	Diretiva 2001/80 >50MW=			50
Estados Unidos	Apud (Chen, Y., <i>et al</i> 2015)			50

a) Comparação dos padrões de emissões de NO₂ em usinas a gás no Brasil, na União Europeia e nos EUA

A legislação federal brasileira não reporta nenhum limite de SO₂ e Material Particulado para as Usinas a gás, trata apenas dos limites para NO₂, e mostra que a legislação brasileira tem limites mais rigorosos do que os limites previstos pela União Europeia e pelos EUA. O Brasil

apresenta limites de 50 e 90 mg/Nm³, enquanto a UE apresenta limites de 300 mg/Nm³, 200 mg/Nm³ e 50 mg/Nm³, e os EUA limite de 50 mg/Nm³

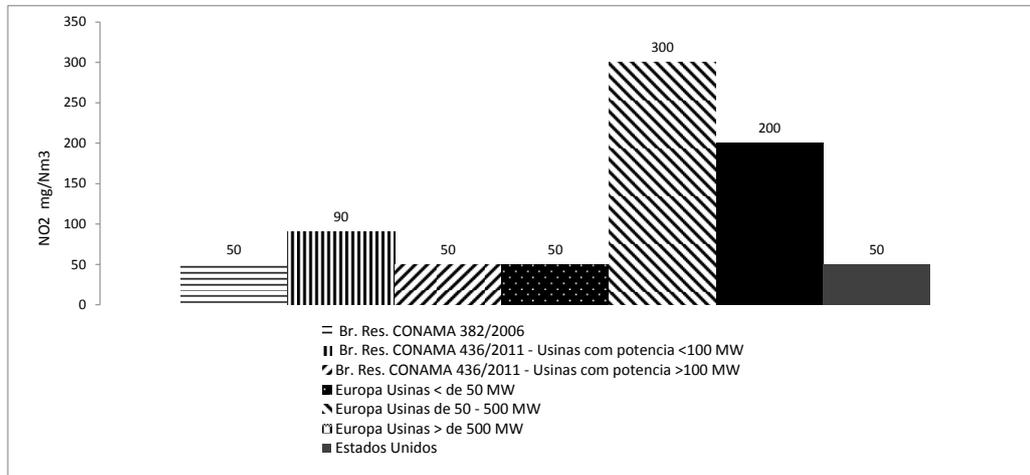


Figura 19 - Padrões de emissões de NO_x em usinas a gás no Brasil e outros países

Conclusões parciais

A resolução CONAMA 8/90 trata dos padrões de emissões para as usinas a carvão e a óleo combustível, e limita as emissões de SO₂ e MP, não menciona em nenhum momento limites para as emissões de NO₂, portanto, surge a necessidade de estabelecer limites para emissões deste poluente. As resoluções CONAMA 382 /2006 e 436/2011 tratam das usinas a gás natural e não mencionam a usinas a carvão e óleo combustível, e limitam apenas a emissão de NO₂ para as usinas a gás natural.

Nas resoluções está escrito que elas se complementam, no entanto, não mencionam limites para NO₂.

Uma única observação deve ser referida, quando se aborda apenas a complementação das resoluções 382/2006 e 436/2011. É possível mencionar que a resolução 436/2011 complementa a 382/2006, no que tange aos limites de emissão para poluentes atmosféricos oriundos de processos de geração de energia elétrica por turbinas a gás, pois além de trazer à baila turbinas com potência maior que 100 MW, trata também das turbinas a gás com capacidade menor que 100 MW. Na tabela 32 é possível observar as diferenças das resoluções:

Tabela 32 - Diferenças apontadas entre as resoluções CONAMA 8/90, 382/2006 e 436/2011, no que diz respeito apenas da combustão de combustíveis fósseis para produzir energia.

RESOLUÇÕES CONAMA/ COMPARATIVOS		
8/90	382/2006	436/2011
Os limites estabelecidos estão representados em g/Gcal	Os limites estabelecidos estão representados em mg/Nm ³	Os limites estabelecidos estão representados em mg/Nm ³
Para estabelecer os limites classifica as áreas em áreas de classe I, II, III	Não estabelece classificação de áreas	Não estabelece classificação de áreas
Estabelece limites para os processos de combustão externa para fontes fixas entre outras para a geração de energia elétrica, utilizando como combustível, óleo combustível e carvão, cujos limites estabelecidos são para o MP e o SO _x	Não estabelece limites para carvão. Trata apenas de derivados da madeira: madeira em forma de lenha, cavacos, serragem, pó de lixamento, casca, aglomerado, compensado ou MDF e assemelhados, cujos limites estabelecidos são para MP e NO _x . Estabelece limites de emissão para a combustão de óleo combustível, mas não para a produção de energia elétrica.	Não estabelece limites para carvão. Trata apenas de derivados da madeira: madeira em forma de lenha, cavacos, serragem, pó de lixamento, casca, aglomerado, compensado ou MDF e assemelhados, cujos limites estabelecidos são para MP e NO _x . Estabelece limites de emissão para a combustão de óleo combustível, mas não para a produção de energia elétrica.
Não trata de limites para a combustão de gás natural para produzir energia.	Estabelece limites para poluentes atmosféricos provenientes de turbinas a gás para geração de energia elétrica. Os limites são para NO _x e CO. Os limites estabelecidos são apenas para processos de geração de energia elétrica por turbinas a gás com potência maior que 100 MW.	Estabelece limites para poluentes atmosféricos provenientes de turbinas a gás para geração de energia elétrica Os limites são para NO _x e CO. Os limites estabelecidos são para processos de geração de energia elétrica por turbinas a gás com potência maior que 100 MW e também para as turbinas a gás com capacidade menor que 100 MW.

Quando se trata de comparar normas de emissões para instalações de combustão entre a UE, EUA e Brasil, a principal dificuldade encontrada diz respeito às unidades as quais são definidos os padrões de emissões. A Resolução CONAMA 8 traz a unidade de g/Gcal, na Europa a unidade é mg/nm³ e nos EUA a unidade é lb/MMBtu. Outra grande dificuldade encontrada é que nos EUA, os limites são estabelecidos por usinas novas e usinas antigas, já na UE os limites variam de acordo com a potência das usinas, e no Brasil os limites são estabelecidos por classes I, II, III para usinas a carvão e por potência para as usinas movidas a gás natural.

Assim, uma comparação exata e direta entre os limites impostos internacionalmente e a legislação ambiental brasileira se torna um pouco complexa. Para a realização das comparações não foram consideradas nenhuma dessas peculiaridades apresentadas pelos países, apenas considera-se os limites impostos pela lei. Diante das comparações realizadas é

fácil perceber o quanto o Brasil possui uma legislação desatualizada, o que é fácil perceber na Resolução CONAMA8/90.

3.4 ANÁLISE DOS PROGRAMAS BRASILEIROS DE COMBATE A POLUIÇÃO NO SETOR ENERGÉTICO

Percebe-se no decorrer do trabalho a grande importância do licenciamento ambiental para a efetivação dos princípios do direito ambiental constitucional. Pode-se dizer que é o principal mecanismo da política nacional do meio ambiente, combatendo a poluição na defesa do bem-estar social. Por meio do licenciamento ambiental, é possível identificar e mensurar os riscos que a instalação de fontes poluidoras, neste caso as termoeletricas, podem trazer para a desarmonia ambiental, mais precisamente, para a poluição do ar.

O licenciamento ambiental é uma das principais garantias de que é possível preservar o meio ambiente tanto para a presente geração quanto para as futuras gerações.

Pode-se afirmar que o licenciamento ambiental é o principal instrumento da política nacional do meio ambiente, o qual está inserido na estrutura do Sistema Nacional de Meio Ambiente – SISNAMA, garantindo que o desenvolvimento econômico não altere de forma significativa o meio ambiente.

Já no que se refere ao zoneamento industrial, é uma importante ferramenta na delimitação de áreas onde podem ou não ser instaladas determinadas atividades industriais que porventura seja uma potencial fonte poluidora, evitando assim, a aglomeração dessas fontes e a maior deterioração ambiental.

Esses dois instrumentos conjuntamente, por meio de uma série de atos encadeados com objetivo principal de verificar se certa atividade está dentro dos padrões ambientais, são sem sombra de dúvidas os maiores programas brasileiros de combate à poluição do ar.

Não foram abordadas questões específicas sobre a mitigação da poluição do ar, mas é possível afirmar que a legislação que estabelece os padrões de qualidade do ar não pode ser tratada somente de maneira preventiva, mas repressiva também, pois quando há um adequado monitoramento do ar e transparência nas ações de monitoramento a sociedade pode se ater aos acontecimentos e caso seja necessário realize ações públicas de combate a degradação da qualidade do ar.

Outro fator a ser mencionado é a punição legal, como fator repressivo, onde há a possibilidade de obrigar o poluidor a reparar o dano, além da responsabilidade penal por crime ambiental.

Finalizando, a lei propriamente dita, quando elaborada embasada em estudos técnicos e científicos considerando a realidade social, econômica e ambiental do país, e devidamente aplicada é o principal instrumento de combate à poluição em todas as suas áreas, inclusive no que se refere a poluição do ar.

Capítulo 4 - CENÁRIOS COMPARATIVOS DE EMISSÕES TOTAIS NO BRASIL ATENDENDO OS PADRÕES INTERNACIONAIS

Neste capítulo instituiu-se diferentes cenários com base nas normativas americanas e da UE. Formulam-se alternativas para a atualização dos padrões de emissões brasileiros, com o intuito de estabelecer normas mais rigorosas de controle da poluição.

Segundo a EPE, Empresa de pesquisa energética do Brasil, são gerados no total 624,3 TWh, dos quais 81,1 TWh (13%) provienem de usinas a gás natural, 35,5 TWh (5,7%) a partir de óleo combustível e 26,7 TWh (4,3%) usando carvão mineral. Na Figura 20 é apresentado um diagrama de Sankey® que ilustra toda a matriz energética do Brasil, mostrando quais são as fontes de energia e os consumos segundo os diferentes setores.

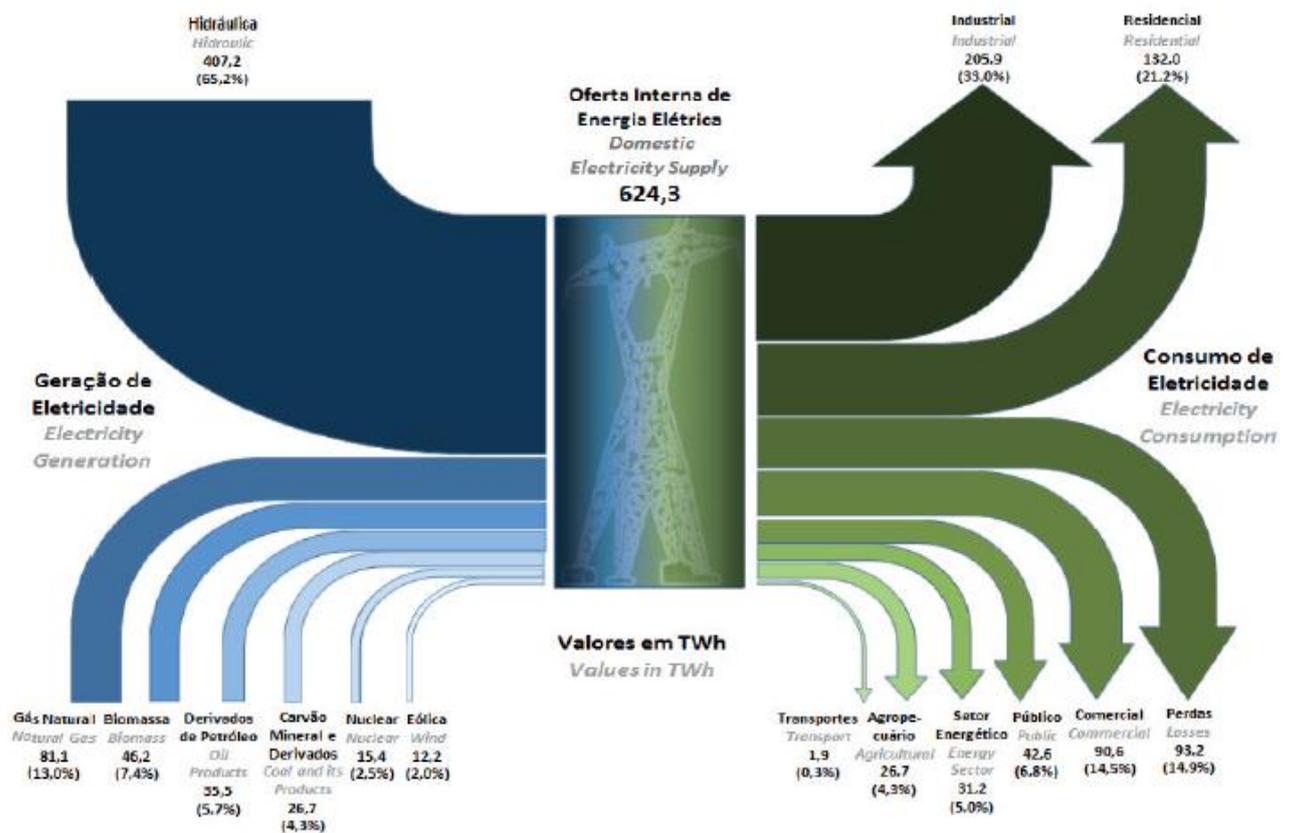


Figura 20 – Balanço Energético Nacional, Fonte: (EPE,2015)

4.1 QUANTIDADE TOTAL DE POLUENTES GERADOS POR FONTES FOSSEIS SE BRASIL ADOTASSE OS PADRÕES ATUAIS DE EMISSÕES E POLUENTES.

A atual legislação Brasileira não obriga as usinas termelétricas a gerar registros do controle de emissões, razão que não permite estabelecer as quantidades globais de poluentes que são emitidos constantemente na atmosfera. Porém, uma aproximação baseada na produção de energia e os padrões vigentes visa a conhecer as quantidades geradas por poluente caso todas as usinas cumprissem os padrões de emissões.

Se os padrões de emissões vigentes na resolução CONAMA 8/90 estiverem sendo cumpridos em sua totalidade, por fonte, estão sendo geradas mais de 4,6 mil toneladas de dióxido de enxofre proveniente de fontes a carvão e óleo combustível, e 1.420,28 toneladas de material particulado gerado pelas mesmas fontes. Já no caso do NO_x, estão sendo geradas 912,38 toneladas provenientes de fontes a gás natural (ver Figura 21).

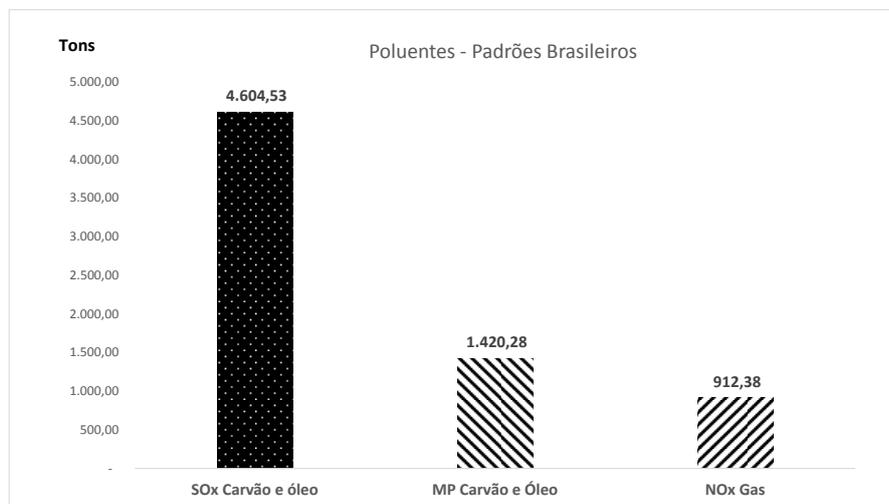


Figura 21 – Quantidade de poluentes segundo os padrões atuais - CONAMA 436/2011

Se forem comparados os diferentes padrões (CONAMA – USEPA –UE) por poluente, e aplica-los na geração de eletricidade brasileira, é possível estabelecer a diferença entre eles, e, projetar as potenciais economias em virtude da quantidade de poluente que se deixa de emitir na atmosfera.

4.1.1. Cenário para SO_x.

No caso do SO_x, representado aqui como SO₂ (Figura 22), o Brasil geraria só com fontes tipo carvão e óleo um total de 4.604,53 toneladas; se adotasse o padrão Europeu (UE) seriam geradas 1.728,61 toneladas ou seja 2.875,92 toneladas a menos deste poluente; já no caso da adoção do padrão americano (USEPA) a diminuição seria ainda maior, deixando de emitir 3.784,46 toneladas.

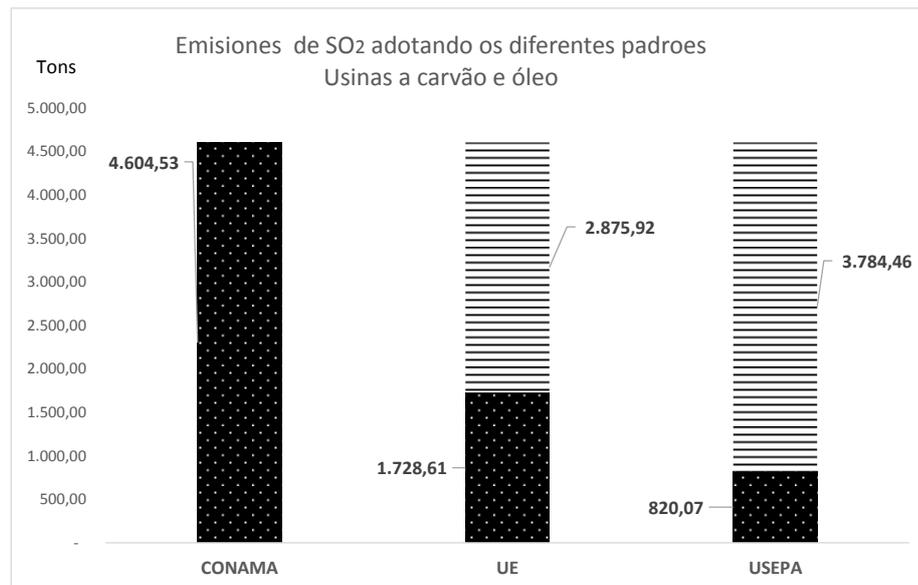


Figura 22 – Emissões totais de SO₂ para usinas a carvão e óleo

4.1.2. Cenário para MP.

No caso do Material Particulado, (Figura 23), o Brasil geraria só com fontes tipo carvão e óleo um total de 1.420,28 toneladas; se adotasse o padrão Europeu (UE) seriam geradas 78,88 toneladas; no caso da adoção do padrão americano (USEPA) as emissões seriam na ordem de 188,14 toneladas. Nos dois casos, a redução de emissões seria mais de 90% do que se pode emitir atualmente no Brasil.

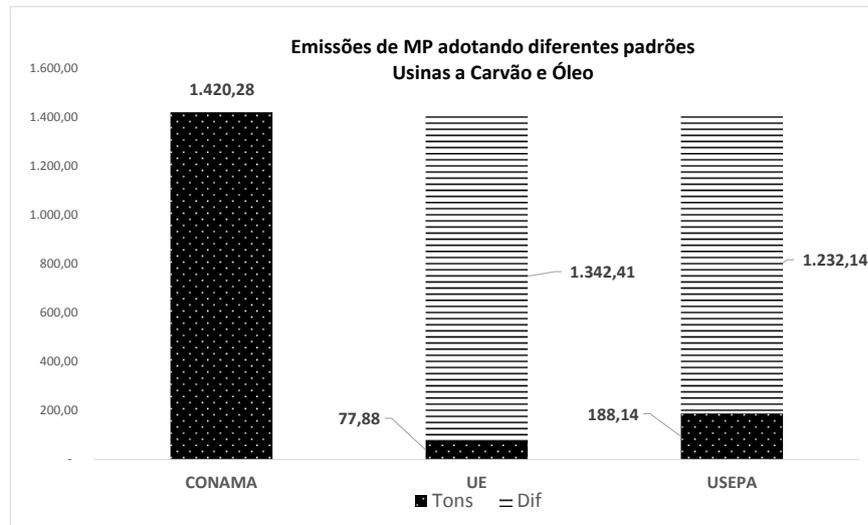


Figura 23 – Emissões de MP para usinas a carvão e óleo

4.1.3. Cenário para NO_x.

No caso do NO_x, (Figura 24), adotando a resolução CONAMA 436/2011, o Brasil geraria com fontes a gás natural um total de 912,38 toneladas; adotando o padrão Europeu (UE) ou americano (USEPA), esse valor cairia para 506,88 toneladas de poluenetes.

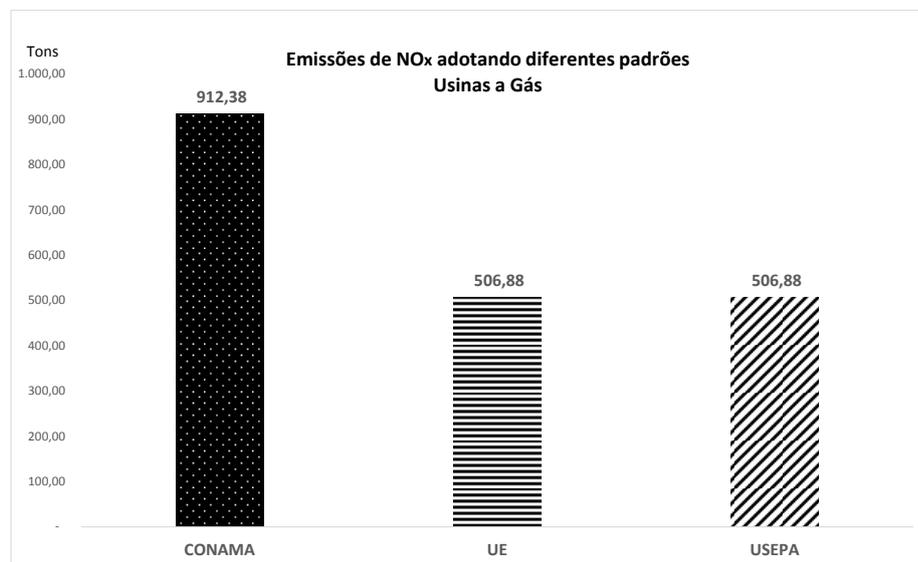


Figura 24 - Emissões de NO_x para usinas a gás

4.2. VALORAÇÃO DOS DANOS CAUSADOS POR POLUENTES

A realização de uma valoração econômica dos possíveis danos a saúde da população decorrentes das emissões de diferentes poluentes, podem ser abordadas de diferentes formas. Muller e Mendelsohn, (2007), reportaram uma metodologia desenvolvida pelo Banco Mundial, na qual foram feitas medições de mais de 10.000 fontes de poluentes, abordando o NO_x, SO₂, MP_{1,5}, MP₁₀, NH₃ e VOC (*Volatile Organic Compounds*), o resultado foram mais de 60.000 estimativas, medindo o dano causado pelas emissões desses poluentes.

Crooper e Khanna (2014) adaptaram esta metodologia do Banco Mundial, analisando o custo/benefício dos regulamentos de saúde e segurança realizados nos Estados Unidos, na União Europeia, e em outros países ao redor do mundo. Estabeleceram os riscos de mortalidade pelo valor que as pessoas estão dispostas a pagar para reduzir esses riscos e evitar mortes decorrentes da poluição. Esses valores passaram a denominar o “*Valor por vida estatística*”, (em inglês *Value per Statistical Life-VSL*). No caso dos Estados Unidos, se 1 em cada 10.000 pessoas estivessem dispostas a pagar US \$ 500 por ano para reduzir o risco anual de morte, pode-se inferir que o valor por vida estatística será de US\$ 5.000.000. Porém, esta última aproximação resulta injustificada no caso brasileiro, dado que ela é baseada no PIB, e a valoração dos riscos é feita de forma diferente em cada caso.

A aplicação desses valores monetários sobre os efeitos da poluição na saúde humana é sempre um assunto difícil e controverso. Não está claro que os valores da vida (expressado como VSL) devam ser aplicados de maneira uniforme para todas as pessoas, ou se o VSL devam ser diferenciados por idade. Isso é importante porque as estimativas de VSL vêm de amostras de pessoas em idade ativa, mas a maioria das mortalidades de poluição do ar afetam os idosos e as crianças, como já mencionado na revisão bibliográfica.

A USEPA e outras agências federais simplesmente aplicam o valor para todas as faixas de idade, e não diferenciam idosos, crianças ou adultos, sob o argumento de que é proibido diferenciar as pessoas por causa da idade, sexo ou raça, e acabam por utilizar a mesma política pública para valorar a vida.

Em uma estimativa das possíveis consequências econômicas por tonelada de poluente, baseados nas doenças causadas pelos mesmos, e adotando os diferentes padrões das Resoluções CONAMA, USEPA e UE, é possível realizar a valoração econômica para os índices de morbidade e mortalidade reportados pelo Banco Mundial (2014).

Na Tabela 33 são apresentados os valores adotados na metodologia descrita, adaptados ao caso Brasileiro, Americano e Europeu visando a fornecer uma estimativa nos custos associados no controle da poluição, considerando ainda, que esses valores consideram apenas as emissões das termelétricas movidas a carvão, gás natural e óleo combustível. Oferecem um novo exercício de discussão, caso o Brasil adotasse os padrões de emissões americanos ou europeus.

Tabela 33. – Cálculo dos custos associados aos poluentes – Segundo os padrões CONAMA, USEPA e EUROPEU;

Poluente	bil U\$ Ano/Ton EDA	CONAMA		USEPA		EUROPA	
		Ton	Valor	Ton	Valor	Ton	Valor
SOx Carvão e Óleo	19,00	4.604,53	87.486,05	820,07	15.581,32	1.728,61	32.843,61
MP Carvão e Óleo	22,20	1.420,28	31.530,27	188,14	4.176,81	77,88	1.728,83
NOx Gas	5,20	912,38	4.744,35	506,88	2.635,75	506,88	2.635,75
Total			123.760,67		22.393,88		37.208,19

*EDA (Traduzido do inglês: Estimated damage assessment /valoração estimada de danos).

Este é um fator relacionado criado pelo Banco Mundial na tentativa de valorar as doenças, danos e mortes causados por tonelada de cada poluente. Este fator varia dependendo de cada poluente. Ressaltando que neste trabalho este valor foi adotado de forma ilustrativa, para recriar os custos no caso brasileiro, simulando os diferentes cenários adotáveis, CONAMA, USEPA e UE.

Na Figura 25 são detalhados os prováveis custos da mobilidade e mortalidade segundo os diferentes padrões, destacando os três tipos de poluentes.

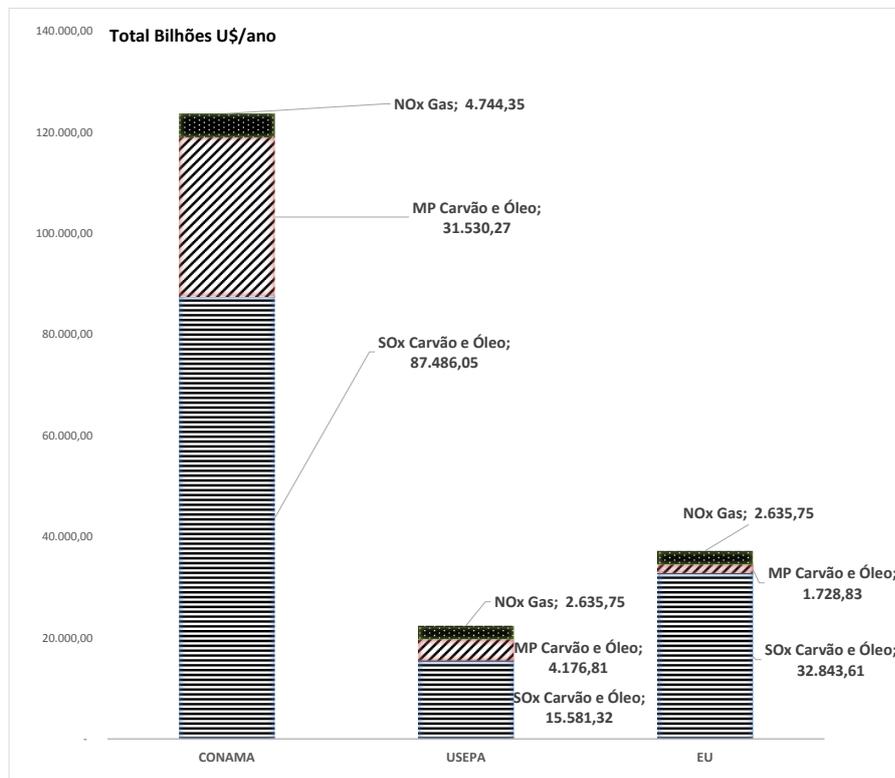


Figura 25 – Valoração econômica relativa a perdas de vida segundo os diferentes padrões.

Já numa visão mais geral, na Figura 26 são avaliados os custos totais por perdas de vida para os diferentes cenários, caso o Brasil adotasse um dos diferentes padrões de emissões avaliados e segundo a metodologia de valoração adotada por Muller e Mendelsoh (2007).

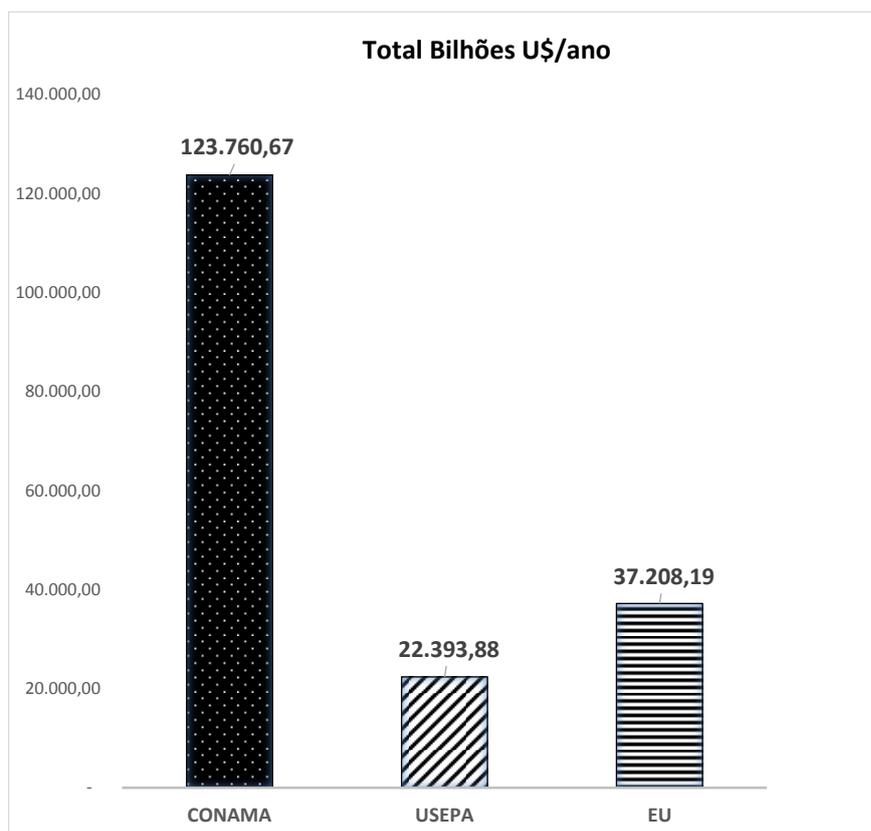


Figura 26 – Valoração econômica total segundo os diferentes padrões.

Capítulo 5 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1. CONCLUSÕES

Considerando o conjunto legislativo federal brasileiro de combate à poluição, pode se perceber que a lei do Brasil é muito nova se comparada com a União Europeia e com os EUA, mas que a elaboração e promulgação das leis, tanto nacionais quanto internacionais, só ocorreu porque os problemas relacionados a poluição começaram a trazer sérios danos ambientais, e principalmente trazendo doenças para a população.

O Brasil instituiu através da Lei 6.938/81, a Secretaria do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), além de outras tantas secretárias todas destinadas a combater e a prevenir a poluição. Com isso, é possível observar uma grande mudança no perfil brasileiro, pois atualmente há uma maior preocupação em temas ligados diretamente a poluição em todas as suas formas.

Obviamente, muitas coisas devem ser aprimoradas, ao se tratar dos padrões de qualidade do ar e dos padrões de emissões.

A Resolução CONAMA 5 de 1990 que instituiu os padrões de qualidade do ar está desatualizada, não sofre alterações há mais 20 anos. Durante todos esses anos, o Brasil sofreu constantes mudanças na área econômica e industrial, e a legislação não acompanhou o crescimento do país. Embora o país tenha um bom aparato legislativo, este se encontra em desacordo com o estabelecido internacionalmente, e necessita ser atualizado, revendo os valores ali mencionados além de acrescentar o padrão para o MP_{2,5} impondo limites para a emissão deste poluente, evitando assim problemas futuros que possam trazer ou agravar doenças.

Não só a legislação federal precisa ser revista e adaptada às normas internacionais, mas os estados brasileiros necessitam se posicionar na tutela de combate à poluição do ar, estabelecendo políticas públicas de monitoramento contínuo da qualidade do ar e aplicação de medidas preventivas e repressivas de mitigação da poluição.

Ao analisar os padrões de emissão das usinas movidas a carvão e a óleo combustível, é possível perceber que não há um limite específico para o NO_x, sendo possível recomendar que no momento da revisão das resoluções que tratam deste assunto seja adotado um padrão de emissão para este poluente.

A Resolução CONAMA 8/90 no art. 7º, dispõe que os limites máximos de emissão ali fixados deveriam ser revisados dentro do prazo máximo de 2 anos e, em seguida, a cada 5 (cinco) anos, quando também poderão ser, eventualmente, acrescentados outros poluentes para estas fontes fixas. É possível observar que a revisão só ocorreu após 16 anos, com a Resolução CONAMA 382/2006, e depois de mais 5 anos com a Resolução CONAMA 436/2011, considerando ainda que a resolução 436 não trouxe grandes modificações se comparada com a resolução 382, o que se espera é que no ano de 2016 algo realmente novo aconteça. Ou seja, que uma nova Resolução seja estabelecida englobando todos os poluentes para todo tipo de empreendimento termoeletrico, apreciando particularmente, cada combustível utilizado, além disso que os valores já estabelecidos sejam revisados, pois estão muito aquém do previsto internacionalmente.

A respeito da análise da legislação que trata do licenciamento ambiental e do zoneamento industrial, embora sejam de grande valia para prevenir a poluição, e de tratarem do assunto com clareza, também precisam ser revisadas pois foram promulgadas há muitos anos:

- Decreto federal 1413 de 1975
- Lei federal 6.803 de 1980
- Resolução CONAMA 1/1986
- Resolução CONAMA 6/1987
- Resolução CONAMA 9/1987
- Resolução CONAMA 237/1997

Como já mencionado anteriormente, a lei deve acompanhar as mudanças sociais, políticas e econômicas que ocorrem no país, e em se tratando de questões ambientais as transformações são cada vez mais frequentes, gerando assim, a necessidade de uma legislação que compatibilize a proteção ambiental com o desenvolvimento econômico.

Por fim, na ausência de registros atualizados em matéria de emissão de poluentes pelas centrais térmicas no Brasil (documentos estaduais e federais), o fato de estabelecer cenários para estimar quantidades de poluentes gerados permitiu simular de forma aproximada e em cifras os níveis de poluição na atmosfera em diferentes situações (padrão: CONAMA, USEPA, EU) e com a quantidade de energia gerada por tipo de combustível, assim, permitiu valorar os possíveis danos causados por cada poluente na saúde humana, seja por perdas de vida ou por doenças associadas a poluição e expressá-los em valores econômicos. Adotando padrões de emissão mais rigorosos nas centrais térmicas é possível melhorar a qualidade do ar, alcançando os padrões de qualidade do ar e evitando maiores danos ambientais e

impedindo mortes ou doenças crônicas relacionadas a poluição, daí a importância de uma legislação atualizada e voltada para o combate da poluição em todas as suas formas.

5.2. RECOMENDAÇÕES

- Necessidade de atualização da legislação federal, tanto para a revisão dos padrões de qualidade do ar quanto para o estabelecimento de novos limites e novos poluentes para as centrais térmicas;
- Monitorar continuamente o ar, principalmente em zonas onde há maior concentração de indústrias, inclusive termoeletricas para verificar se os empreendimentos estão obedecendo os padrões legais vigentes.
- Realizar um inventário de emissões no Brasil.
- A competência de proteger o meio ambiente é comum a todos os entes da federação. Porém, deve haver uma legislação onde discrimine e aumente a quantidade de poluentes a serem monitorados, além de procurar controles mais fortes a fim de garantir a qualidade do ar.
- Maior investimento na área de combate as emissões no setor energético, correlacionando dados e trocas de experiências com outros países, e assim se adequar as normas internacionais;
- Desenvolver planos específicos de combate à poluição que demonstrem, por meio de projetos ou leis, como pretendem alcançar os padrões nacionais de qualidade do ar para os poluentes prioritários;
- Manter as normas, inventários de emissão, dados de monitoramento, estratégias de controle e metas de redução de emissões, além de resultados obtidos devidamente atualizados e a disposição de qualquer interessado;
- Respeito e cumprimento dos princípios constitucionais tais como: Princípio da participação popular na proteção do meio ambiente; Princípio da garantia do desenvolvimento econômico e social ecologicamente sustentado; Princípio da função Social e ambiental da propriedade; Princípio da avaliação prévia dos impactos ambientais das atividades de qualquer natureza; Princípio da prevenção de danos e degradações ambientais; Princípio da responsabilização das condutas e atividades

lesivas ao meio ambiente; Princípios da cooperação internacional em matéria ambiental.

- Aprofundar pesquisas no âmbito da valoração de padrões de emissão e qualidade do ar., por meio de um programa nacional de qualidade do ar.

Anexo A. Cálculos do volume dos gases para queima de Carvão adotados para a resolução CONAMA 8/90

Considerando que o Estado de Santa Catarina é o maior produtor de carvão do Brasil (FALLAVENA, 2014), foi adotada a composição elementar apresentada na Tabela A1.

Tabela A1 - Análises elementar e imediatas das amostras de carvão.

Amostras	Análise imediata (% base seca)				Análise elementar (% base seca)				
	Umidade (%)	Cinzas	Volume volátil	Carbono Fixo	C	H	N	O	S
CARVÃO	1,03	41,19	19,17	39,64	49,47	3,12	0,85	5,37	1,69

Fonte: FALLAVENA, 2014

Foi considerado o PCI (Poder Calorífico Inferior) de 15 MJ/kcal. Posteriormente foi simulada a queima de 1 kg de carvão, e assim foi possível calcular o volume de gases emitido.

Tabela A234 – Massa molar dos componentes em K/mol

Componente	Massa Molecular	(%)	Fração	Kmol/kg
Carbono - C	12,01070	49,47	0,4947	0,041188274
Hidrogênio - H	1,00794	3,12	0,0312	0,030954223
Nitrogênio - N	14,00674	0,85	0,0085	0,000606851
Enxofre - S	32,00600	1,69	0,0169	0,000528026
Oxigênio - O	15,99940	5,37	0,0537	0,003356376
Umidade -H ₂ O	18,01528	1,03	0,0103	0,000571737
Cinzas	-	41,19	-	-

O método empregado para os cálculos do volume de gás de combustão é apresentado em sequência nas Tabelas A3, A4 E A5.

Tabela A335– Composição das substâncias produzidas na queima de 1K de carvão mineral.

Substância	Composição (kmol)
CO ₂	0,0411883
H ₂ O	0,0160488
SO ₂	0,0005280
N ₂	0,2589854
O ₂	0,0095553

Tabela A4- Cálculo de volume de gases para as condições normais de temperatura e pressão (0°C e 1 atm)

Número de moles (n)	0,3263059	Kmol
Temperatura dos gases (°C)	170	°C
Constante dos gases	8,314472	KJ/kmolK
Pressão dos gases	1	Atm
Volume dos gases	11,86571024	m ³ gás
Volume de gases (CNTP)	7,31381869	Nm ³ gás

Tabela A5- Volume de gases pela energia do combustível

Volume de gases pela energia do combustível	0,487587913	Nm ³ /MJ
Volume de gases pela energia do combustível	0,49	Nm ³ /MJ

A Resolução CONAMA 08/1990, estabelece os padrões de emissão para as termoeletricas a carvão e os divide em classes I, II e III. Considerando o valor de 0,49 Nm³/MJ para o volume

de gases emitidos com a queima do carvão, foram realizadas as seguintes conversões de unidades:

A) Cálculos para a Área de classe I ≤ 70 MW:

- **Limites para Dióxido de Enxofre (SO₂) em usinas movidas a carvão:** Segundo a resolução CONAMA 8/90, o limite de SO₂ para plantas de capacidade \leq a 70 MW para área de classe I é igual a 2000 g/Mcal.

$$\frac{2000g}{1Mcal} = \frac{2000g}{1Mcal} \times \frac{1Mcal}{4186,8MJ} = 0,4776g/MJ \quad 1$$

$$\frac{0,4777g/MJ}{0,49Nm^3/MJ} = 0,9749g/Nm^3 \times 1000 = 974,9mg/Nm^3 \quad 2$$

- **Limites para Material Particulado (MP) em usinas movidas a carvão:** Segundo a resolução o limite de material particulado (MP) para plantas de capacidade \leq a 70 MW para área de classe I é igual a 120 g/Mcal.

$$\frac{120g}{1Mcal} = \frac{120g}{1Mcal} \times \frac{1Mcal}{4186,8MJ} = 0,0286g/MJ \quad 3$$

$$\frac{0,0287g/MJ}{0,49Nm^3/MJ} = 0,0585g/Nm^3 \times 1000 = 58,5mg/Nm^3 \quad 4$$

B) Cálculos para a Área de classe II e III ≤ 70 MW:

- **Limites para Dióxido de Enxofre (SO₂) em usinas a carvão:** Segundo a resolução o limite de SO₂ para plantas de capacidade \leq a 70 MW para área de classe II e III é igual a 5000 g/Mcal.

$$\frac{5000g}{1Mcal} = \frac{5000g}{1Mcal} \times \frac{1Mcal}{4186,8MJ} = 1,194g/MJ \quad 5$$

$$\frac{1,194g/MJ}{0,49Nm^3/g} = 2,4372g/Nm^3 \times 1000 = 2437,2mg/Nm^3 \quad 6$$

- **Limites para Material Particulado em usinas a carvão:** segundo a resolução o limite de material particulado (MP) para plantas de capacidade \leq a 70 MW para área de classe II e III é igual a 1500 g/Mcal.

$$\frac{1500g}{1Mcal} = \frac{1500g}{1Mcal} \times \frac{1Mcal}{4186,8MJ} = 0,3582gr/MJ \quad 7$$

$$\frac{0,3582g/MJ}{0,49Nm^3/g} = 0,7312g/Nm^3 \times 1000 = 731,2mg/Nm^3 \quad 8$$

- **Limites para Material Particulado em usinas a carvão:** Segundo a resolução o limite de material particulado (MP) para plantas de capacidade > 70MW para área de classe II e III é igual a 800 gr/Mcal.

$$\frac{800g}{1Mcal} = \frac{800g}{1Mcal} \times \frac{1Mcal}{4186,8MJ} = 0,1910 \text{ gr} / MJ \quad 9$$

$$\frac{0,1910g / MJ}{0,49Nm^3 / g} = 0,3900g / Nm^3 \times 1000 = 390,0 \text{ mg} / Nm^3 \quad 10$$

- **Limites para Dióxido de Enxofre (SO₂) em usinas movidas a carvão:** Segundo a resolução CONAMA 8/90, o limite de SO₂ para plantas de capacidade > a 70MW para área de classe I é igual a 2000 g/Mcal.

$$\frac{2000g}{1Mcal} = \frac{2000g}{1Mcal} \times \frac{1Mcal}{4186,8MJ} = 0,4776 \text{ g} / MJ \quad 11$$

$$\frac{0,4777g / MJ}{0,49Nm^3 / MJ} = 0,9749g / Nm^3 \times 1000 = 974,9 \text{ mg} / Nm^3 \quad 12$$

Anexo B. Cálculos do volume dos gases para queima de óleo combustível adotados para a resolução CONAMA 8/90

Para a realização das conversões das unidades de g/mcal para mg/Nm³ presentes na resolução CONAMA 8/90, foi necessário primeiramente adotar uma composição elementar básica para o óleo combustível brasileiro a mesma se apresenta na Tabela 36.

Tabela 36- Massa molar dos componentes em Kmol

Componente	Massa Molecular	Porcentagem	Fração	Kmol/kg	PCI
Carbono - C	12,01070	84,60	0,8460	0,0704372	39.633,21
Hidrogênio - H	2,01588	10,10	0,1010	0,0501022	
Nitrogênio - N	28,01348	0,50	0,0050	0,0001785	
Enxofre - S	32,00600	2,77	0,0277	0,0008655	
Oxigênio - O	31,99880	0,00	0,0000	0,0000000	
Cinzas	0,00000	2,03	0,0000	0,0000000	

Fonte: Petrobras 2015

Tabela 37- Composição das substâncias produzidas na queima de 1K de Óleo combustível

Substância	Composição (kmol)
CO ₂	0,0704372
H ₂ O	0,0506739
SO ₂	0,0008655
N ₂	0,5218762
O ₂	0,0192708

O cálculo dos volumes de gases de combustão foi feito com os valores de referência do gás a 1 Atm, e o resultado é apresentado nas Tabelas B3 e B4.

Tabela 38- Cálculo de volume de gases para as condições normais de temperatura e pressão (0°C e 1 atm)

Número de moles (n)	0,6631236	kmol
Temperatura dos gases (°C)	170	°C
Constante dos gases	8,314472	kJ/kmolK
Pressão dos gases	1	atm
Volume dos gases	24,113668	m ³ gás
Volume de gases (CNTP)	14,86324815	Nm ³ gás

Tabela 39- Volume de gases pela energia do combustível

Volume de gases pela energia do combustível	0,99088321	Nm ³ /MJ
Volume de gases pela energia do combustível	1,0	Nm ³ /MJ

Como já foi mencionado anteriormente, a Resolução CONAMA 08/1990, estabelece os padrões de emissão para as termoelétricas a óleo combustível e os divide em classes I, II e III. Considerando o valor de 1,0 Nm³/MJ para o volume de gases emitidos com a queima do óleo combustível, foram realizadas as seguintes conversões de unidades:

Cálculos para a Área de classe I ≤ 70MW:

- **Limites para Dióxido de Enxofre (SO₂) em usinas movidas a carvão ou óleo combustível:** Segundo a resolução CONAMA 8/90, o limite de SO₂ para plantas de capacidade ≤ a 70MW para área de classe I é igual a 2000 g/Mcal.

$$\frac{2000g}{1Mcal} = \frac{2000g}{1Mcal} \times \frac{1Mcal}{4186,8MJ} = 0,4776 \frac{g}{MJ}$$

$$\frac{0,4776g / MJ}{1,0Nm^3 / MJ} = 0,4776g / Nm^3 \times 1000 = 477,6 \frac{mg}{Nm^3} \quad 14$$

- **Limites para Material Particulado (MP):** Segundo a resolução o limite de material particulado (MP) para plantas de capacidade \leq a 70MW para área de classe I é igual a 120 g/Mcal.

$$\frac{120g}{1Mcal} = \frac{120g}{1Mcal} \times \frac{1Mcal}{4186,8MJ} = 0,0286 \frac{g}{MJ} \quad 15$$

$$\frac{0,0286g / MJ}{1,0Nm^3 / MJ} = 0,0286g / Nm^3 \times 1000 = 28,6 \frac{mg}{Nm^3} \quad 16$$

Cálculos para a Área de classe II e III > 70MW:

- **Limites para Dióxido de Enxofre (SO₂) em usinas a óleo combustível.** Segundo a resolução o limite de SO₂ para plantas de capacidade > 70MW para área de classe II e III é igual a 2000 g/Mcal.

$$\frac{2000g}{1Mcal} = \frac{2000g}{1Mcal} \times \frac{1Mcal}{4186,8MJ} = 0,4776 \frac{g}{MJ} \quad 17$$

$$\frac{0,4776g / MJ}{1,0Nm^3 / MJ} = 0,4776g / Nm^3 \times 1000 = 477,6 \frac{mg}{Nm^3} \quad 18$$

- **Limites para Material Particulado (MP) em usinas a óleo:** Segundo a resolução o limite de material particulado (MP) para plantas de capacidade > 70MW para área de classe II e III é igual a 120 g/Mcal.

$$\frac{120g}{1Mcal} = \frac{120g}{1Mcal} \times \frac{1Mcal}{4186,8MJ} = 0,0286 \frac{g}{MJ} \quad 19$$

$$\frac{0,0286g / MJ}{1,0Nm^3 / MJ} = 0,0286g / Nm^3 \times 1000 = 28,6 \frac{mg}{Nm^3} \quad 20$$

Cálculos para a Área de classe II e III \leq 70MW:

- **Limites para Dióxido de Enxofre (SO₂) em usinas a óleo combustível.** Segundo a resolução o limite de SO₂ para plantas de capacidade \leq 70MW para área de classe II e III é igual a 5000 g/Mcal.

$$\frac{5000g}{1Mcal} = \frac{5000g}{1Mcal} \times \frac{1Mcal}{4186,8MJ} = 1,1942 \frac{g}{MJ} \quad 19$$

$$\frac{1,1942g / MJ}{1,0Nm^3 / MJ} = 1,1942g / Nm^3 \times 1000 = 1194,2 \frac{mg}{Nm^3} \quad 20$$

- **Limites para Material Particulado (MP) em usinas a óleo:** Segundo a resolução o limite de material particulado (MP) para plantas de capacidade $\leq 70\text{MW}$ para área de classe II e III é igual a 350 g/Mcal.

$$\frac{350\text{g}}{1\text{Mcal}} = \frac{350\text{g}}{1\text{Mcal}} \times \frac{1\text{Mcal}}{4186,8\text{MJ}} = 0,0835\text{g}/\text{MJ} \quad 21$$

$$\frac{0,0836\text{g} / \text{MJ}}{1,0\text{Nm}^3 / \text{MJ}} = 0,0836\text{g} / \text{Nm}^3 \times 1000 = 83,6\text{mg} / \text{Nm}^3 \quad 22$$

BIBLIOGRAFIA

ANTUNES, P. B. **Direito ambiental**. Rio de Janeiro: 4ª ed. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2000, 66p.

ANTUNES, P. B. Evolução do Direito e da política do Ambiente Internacional, Comunitário e nacional. Disponível em: http://www.ipv.pt/millennium/ect7_pba.htm. Acessado em 05/04/2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Banco de Informações de Geração – BIG**. Disponível em:

<http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=15&idPerfil=2&idiomaAtual=0>.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. 3ª ed. Brasília: Aneel, 2008. Capítulo 9 (p.129-142)

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). **Anuário estatístico 2011**. Brasília: ANP, 2012.

ARAÚJO, E.R. Competência privativa para legislar sobre energia e licenciamento ambiental. **Revista SJRJ**, Rio de Janeiro, v.17 (28), p.243-264, 2010.

BENJAMIN, A.H.; LECEY, E.; CAPPELLI, S. (2008). Mudanças climáticas, biodiversidade e uso sustentável de energia. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE DIREITO AMBIENTAL, 12º, 2008. São Paulo. *Anais...* Imprensa Oficial do Estado de São Paulo.

BRASIL. Decreto Lei nº 1.413, de 14 de agosto de 1975. Dispõe sobre o controle da poluição do meio ambiente provocada por atividades industriais. **Diário Oficial da União**. Brasília, 14 de ago. de 1975.

BRASIL. Lei nº 6.803, de 2 de julho de 1980. Dispõe sobre as diretrizes básicas para o zoneamento industrial nas áreas críticas de poluição, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 03 jul.1980.

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 02 set.1981.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado, 1988.

BRASIL. Lei nº 9.478, de 06 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 e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 07 ago.1997

BRASIL. Decreto nº 6.263, de 21 de novembro de 2007. Institui o Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima - CIM, orienta a elaboração do Plano Nacional sobre Mudança do Clima, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 22 nov.2007.

BRASIL. Lei 12.187, de 29 de dezembro de 2009. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 30 de dez. 2009.

BRASIL. Lei nº 12.351, de 22 de dezembro de 2010. Dispõe sobre a exploração e a produção de petróleo, de gás natural e de outros hidrocarbonetos fluidos, sob o regime de partilha de produção, em áreas do pré-sal e em áreas estratégicas; cria o Fundo Social - FS e dispõe sobre sua estrutura e fontes de recursos; altera dispositivos da Lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 23 dez. 2010. Seção 1, p.1.

BRASIL. Decreto 7.390 de 9 de dezembro de 2010. Regulamenta os arts. 6º, 11 e 12 da Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009, que institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 10 de dez. de 2010.

BICHARA, J.P.; LIMA, R. A. Uma análise da política nacional sobre mudança do Clima em 2009. **Cadernos de Direito**, Piracicaba, v.12(23), p.165-192, jul-dez 2012.

CAVALCANTI, P. M. P. S.; **Modelo de Gestão da Qualidade do Ar – Abordagem Preventiva e Corretiva**. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2010. 252 p.

CENTER FOR CLIMATE AND ENERGY SOLUTION (C2ES). **Cross-state air pollution rule**. Disponível em: <http://www.c2es.org/federal/executive/epa/cross-state-air-pollution-rule>. Acessado em 10 fev. 2015

COELHO, S. T.; PALETTA, C. E. M.; VASCONCELOS, M. A. **Medidas mitigadoras para a redução de emissões de gases de efeito estufa na geração termelétrica**. Brasília: Dupligráfica, 2000. 222p.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). **Qualidade do ar – Poluentes**. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/ar/Informa??es-B?sicas/21-Poluentes#oxido>. Acessado em 01 set. 2014.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). **Padrões de Qualidade do ar**. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/ar/Informa%C3%A7%C3%B5es-B%C3%A1sicas/22->. Acessado em 01 mar. 2015.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). **Qualidade do ar no estado de São Paulo – 2010**. São Paulo: 2011. 234p.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução n° 001, de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução n° 006, de 16 de setembro 1987. Dispõe sobre o licenciamento ambiental de obras do setor de geração de energia elétrica.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução n° 009, de 03 de dezembro 1987. Dispõe sobre a questão de audiências Públicas.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução n° 005, de 15 de junho de 1989. Dispõe sobre o Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar – PRONAR.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução n° 003, de 28 de junho de 1990. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no PRONAR.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução n° 008, de 06 de dezembro de 1990. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no PRONAR.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução n° 237, de 19 de dezembro de 1997. Regulamenta os aspectos de licenciamento ambiental estabelecidos da Política Nacional do Meio Ambiente.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução n° 382, de 26 de dezembro de 2006. Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução n° 436, de 22 de dezembro de 2011. Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas instaladas ou com pedido de licença de instalação anteriores a 02 de janeiro de 2007.

Crooper, M., Khanna, S., How Should the World Bank Estimate Air Pollution Damages?. RFF DP., p 14-30,. (2014). Disponível em: <http://www.rff.org>. Acessado em 12 out. 2015.

MELO, B. H. C. A igualdade aristotélica e o princípio da isonomia salarial. **Revista Jus Navigandi**, v.11 (954), 12 fev. 2006. Disponível em: <http://jus.com.br/artigos/7948>. Acessado em 28 jul. 2015.

DEMIRBAS, A. Potential applications of renewable energy sources, biomass combustion problems in boiler power systems and combustion related environmental issues. **Progress in Energy and Combustion Science**, v. 31(2), p. 171-192, 2005.

DOZENA, C.E; **Poluição Atmosférica: Uma análise crítica da legislação ambiental aplicada à indústria**. 2000. 56f. Monografia (Especialização em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais na Indústria) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2000.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Balanco Energético Nacional – Relatório Síntese**. Rio de Janeiro: EPE, 2014.

ENERGY INFORMATION ADMINISTRATIONS (EIA). **Country Analysis Brief Overview**. Disponível em <http://www.eia.gov/countries/country-data.cfm?fips=br>. Acessado em 01 mar.2015.

EPSTEIN, M. Impacto ambiental das emissões aéreas de usinas termoelétricas –emissões de SO₂. **Revista Brasileira de Energia**, v.1(2), p.19-27.1990

FALLAVENA, V.L.V. *et al.* Determination of mineral matter in Brazilian coals by thermal treatments. **Fuel Processing Technology**, v.125, p.41-50, set.2014.

FIORILLO, C. A. P. **Curso de Direito Ambiental Brasileiro**. 2º ed. São Paulo: Saraiva, 2001. 968p.

FRANÇA. Diretiva 2008/50 de 21 de maio de 2008. Relativa à qualidade do ar ambiente e a um ar mais limpo na Europa. **Jornal Oficial da União Europeia**, Estrasburgo, França, 21 mai. 2008. Disponível em:
<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX:32008L0050>. Acessado em 29 jan.2015.

FRANÇA. Diretiva 2004/107 de 15 de dezembro de 2004. Relativa ao arsênio, ao cádmio, ao mercúrio, ao níquel e aos hidrocarbonetos aromáticos policíclicos no ar ambiente. **Jornal Oficial da União Europeia**, Estrasburgo, França, 15 dez. 2004. Disponível em:
<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2005:023:0003:0016:PT:PDF>. Acessado em 29 jan.2015.

FRANÇA. Diretiva 96/62 de 27 de setembro de 1996. Relativa à avaliação e gestão da qualidade do ar ambiente. **Jornal Oficial da União Europeia**, Estrasburgo, França, 27 set. 1996. Disponível em:
<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX:31996L0062>. Acessado em 08 fev. 2015.

FRANÇA. Diretiva 2001/80 de 23 de outubro de 2001. Relativa à limitação das emissões para a atmosfera de certos poluentes provenientes de grandes instalações de combustão. **Jornal Oficial da União Europeia**, Estrasburgo, França, 23 out. 2001. Disponível em:

<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX:32001L0080>. Acessado em 19 mar. 2015.

GALBIATI, J. K.; GALLO, C. A.; LAVANHOLI, M. G. D. P. Produção de energia elétrica a partir da queima do bagaço de cana-de-açúcar. **Nucleus**, Ituverava, v.7 (1), p. 127-138, abr. 2010.

GOLDEMBERG, J; LUCON O. **Energia, Meio Ambiente & Desenvolvimento**. 3ª edição. São Paulo: Edusp. 2003. 400p.

GUTTIKUNDA, S.K.; JAWAHAR, P. Atmospheric emissions and pollution from the coal-fired thermal power plants in India. **Atmospheric Environment**, v.92, p.449-460, ago.2014.

HONORATO, R. VEJA. A onda de calor na Europa – As 10 maiores catástrofes atribuídas ao aquecimento global. **Revista Veja**. Disponível em: <http://veja.abril.com.br/blog/10-mais/ciencia/as-10-catastrofes-atribuidas-ao-aquecimento-global/2/#ancorato>. Acessado em 10 jun.2013.

HU, X. *et al.* Research on the Gas Reburning in a Circulating Fluidized Bed (CFB) System Integrated with Biomass Gasification. **Energies**, v.5(9), p.3167-3177, jun.2012.

INTERGOVERNMENTAL PANEL IN CLIMATE CHANGE (IPCC). **Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability**. Disponível em: http://www.grida.no/publications/other/ipcc_tar/?src=/climate/ipcc_tar/wg2/

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Key World Energy Statistics**. Disponível em: <http://www.iea.org/publications/freepublications/>

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (INEA). **Emissões Atmosféricas**. Disponível em:

<http://www.inea.rj.gov.br/Portal/MegaDropDown/Monitoramento/Monitoramentodoar-EmiQualidade/Emissoesatmosfericas/index.htm&lang=PT-BR>.

Acessado em 01 set. 2014

INSTITUTO DE ENERGIA E MEIO AMBIENTE (INEA). **Padrões de Qualidade do ar - Experiência Comparativa Brasil, EUA e União Europeia**. São Paulo, Jul. 2012. 82p.

JANNUZZI, G. Energia e Meio Ambiente. 2001. **Site Com Ciência – Revista eletrônica de Jornalismo Científico**. Disponível em: <http://www.comciencia.br>. Acessado em: 22/08/2014.

KAMPA, M; CASTANAS, E., 2007. Human health effects of air pollution. **Environmenatal Pollution**, v 151(2). p. 362-367, 2008.

LOPES, M.M.D. **O gerenciamento ambiental como instrumento preventivo de defesa do Meio Ambiente**. 191f. Dissertação (Mestrado em Direito). Pontifica Universidade Católica de São Paulo - PUC. São Paulo, 2008.

LORA, E.E.S. **Prevenção e Controle da Poluição nos Setores Energéticos, Industrial e de Transportes**. Brasília: Editora Interciência, 2000. 502p

MACHADO, P. A. L. **Direito ambiental brasileiro**. São Paulo: Malheiros, 2001. 161p.

MAGRINI, A.; AMBRAM, R.; ROSA, L. P. (2002). Uma análise das emissões de usinas térmicas a carvão mineral e a gás natural. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA, IX, 2002. Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro, COPPE/UFRJ.

MARTINS, L. C. *et al.* Poluição atmosférica e atendimentos por pneumonia e gripe em São Paulo, Brasil. **Revista de Saúde Pública**, v.36(1), p.88-94, fev.2002.

MINISTÉRIO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA (MCT). **Segunda Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima**. Brasília: MCT, 2010. 520 p.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Fontes convencionais de energia. Gás natural**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/clima/energia/fontes-convencionais-de-energia/gas-natural>. Acessado em 10 mai. 2013

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Fontes convencionais de energia- carvão**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/clima/energia/fontes-convencionais-de-energia/carvao>. Acessado em 01 set. 2014.

MILARÉ, E. **Direito do Ambiente**. Curitiba: Editora Revista dos Tribunais, 2000. 723p.

MULLER, N.Z.; MENDELSON, R.; **Measuring the damages of air pollution in the United States**. Journal of environmental economics and management, v. 54, p 1-14, April 2007

OLIVEIRA, E.A.; **Perspectivas da Geração Termoelétrica a carvão no Brasil Horizonte 2010-2010-2030**. 2009. 155f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Declaração de Estocolmo sobre o ambiente humano**. 1972. Disponível em:

<http://www.silex.com.br/leis/normas/estocolmo.htm>. Acessado em 12 fev.2015

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE (OMS). **Fuel for life: household energy and health**. Disponível em: <http://www.who.int/indoorair/publications/fuelforlife.pdf>. Acessado em 01 set.2014

PETRÓLEO BRASILEIRO S.A. (PETROBRAS). **Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico – FISPQ - ÓLEO COMBUSTÍVEL PARA TURBINA ELÉTRICA - OCTE**. Disponível em:

<http://www.br.com.br/wps/wcm/connect/80d7ad8043a7a20480918fecc2d0136c/fispq-leocomb-oc-turbina-eletrica.pdf?MOD=AJPERES>. Acessado em 28 de julho de 2015.

PUI, D.Y.H; CHEN, S.C.; ZUO, Z. PM2.5 in China: Measurements, sources, visibility and health effects, and mitigation. **Particuology**, v.13, p.1-26, abr.2014.

RODRIGUES, G.S.S.C., A análise interdisciplinar de processos de licenciamento ambiental no estado de Minas Gerais: Conflitos entre velhos e novos paradigmas. **Sociedade & Natureza**, v.22 (2), p.267-282, ago. 2010.

ROSA, A.C. (2013). Zoneamento urbano-ambiental de risco de acidentes com substâncias químicas perigosas nos municípios de Ibirité e Betim, MG. In: Encontro Nacional da Associação Nacional de Planejamento Urbano – Ampur, X, 2013. Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte, Cedeplar/UFMG.

STAMM, R.H.; **Método para Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) em projetos de grande porte: Estudo de caso de uma usina termoeletrica**. 2003. 265f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

SALOMON, K. R.; **Avaliação Quantitativa do Impacto Ambiental das Emissões Gasosas e do Uso da Água de Resfriamento em Instalações de Geração Termoeletrica**. 2003. 195f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2003.

SÆTTERSTRØM, B., KRUSE, M., BRØNNUM-HANSEN, H. A Method to Assess the Potential Effects of Air Pollution Mitigation on Healthcare Costs. **Journal Environmental and public health**. v. 2012 p.1-10. 2012.

SILVA, J. A. **Direito Ambiental Constitucional**. 3ª ed. São Paulo: Malheiros, 2000. 374p.

SIRVINSKAS, L. P. **Manual de direito ambiental**. 3ª ed. São Paulo: Saraiva, 2005. 60p.

STUPAR, G., et al., Assessing the impact of primary measures for NOx reduction on the thermal power plant steam boiler. **Applied Thermal Engineering**, v.78, p. 397-409, 2015.

TRASANDE, L; THURSTON, G. D. The role of air pollution in asthma and other pediatric morbidities. **Allergy Clim Immunol**, v. 115(4), 689-699, 2005.

UNIÃO EUROPEIA (UE). **Como funciona a União Europeia: Guia das instituições da União Europeia**. COMPREENDER AS POLÍTICAS DA UNIÃO EUROPEIA. Luxemburgo: Serviço das Publicações da União Europeia, 2013.52p.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). **Output-Based Regulations: a Handbook for Air Regulators**. Washington, 2004. 86p.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). **Air Quality Planning and Standards**. Disponível em: <http://www.epa.gov/airquality/>. Acessado em 10 ago.2013.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). **20 Years of Succeeding Helping Small Business**. Disponível em:

<http://www.epa.gov/sbo/pdfs/507march23.pdf>. Acessado em 15 jan.2015

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). **Key World Energy Statistics, 2012**. Disponível em: www.iea.org. Acessado em 23 jan. 2015.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). **Clean Air Scientific Advisory Committee (CASAC)**. Disponível em:

<http://yosemite.epa.gov/sab/sabpeople.nsf/WebCommittees/CASAC>. Acessado em 27 jan. 2015.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). **SIP Status and Information**. Disponível em: <http://www.epa.gov/oaqps001/urbanair/sipstatus/>. Acessado em 27 jan.2015

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Health Guidelines for Vegetation Fire Events**. 1999. Disponível em:

<http://www.fire.unifreiburg.de/vfe/WHO%20Health%20Guidelines%20Vegetation%20Fires-Complete.pdf>

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **WHO air quality guidelines global update 2005**. Bonn, 2005. 30p.

YAU, P.S. *et al.* Contribution of ship emissions to the fine particulate in the community near an international port in Hong Kong. **Atmospheric Research**, v.124, p.61-72, 2013.

YIHSU, C. *et al.* Impacts of climate change on power sector NOx emissions: A long-run analysis of the US mid-atlantic region. **Energy Policy**, v.84, p.11-21,2015

YOSHIDA, C. Y. M. (2008) Mudanças climáticas, Protocolo de Quioto e o princípio da responsabilidade comum, mas diferenciada – A posição estratégica singular do Brasil: Alternativas energéticas, avaliação de impactos, teses desenvolvimentistas e o papel do judiciário. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE DIREITO AMBIENTAL, 12º, 2008. São Paulo. *Anais...* São Paulo, Instituto Planeta Verde.