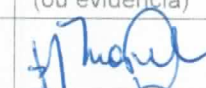
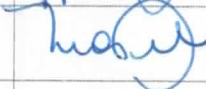
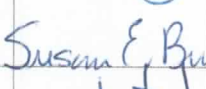




FOLHA DE CONTROLE DE DOCUMENTOS

1) IDENTIFICAÇÃO

Código do documento	PMEA	Revisão	00	Data	05/02/2021
Título	Relatório de Avaliação do Programa de Monitoramento e Controle de Emissões Atmosféricas não Radioativas do ipen, RA- PMEA - ano base, 2019-2020				
Classificação	OSTENSIVO	nº de páginas	46	nº de anexos	0

2) ELABORAÇÃO, ANÁLISE E APROVAÇÃO

	Nome (do responsável ou órgão colegiado)	Setor	Rubrica (ou evidência)	Data
Elaborado/ Revisado	Maria Aparecida Faustino Pires	CEQMA		23/09/2020
Elaborado/ Revisado	Marycel Elena Barboza Cotrim	CEQMA		23/09/2020
Elaborado/ Revisado	Susanna Erica Busch	CEQMA		30/09/2020
Analisado	Celso Huerta Gimenes	COPLG		05/02/2021
Aprovado	Wilson Aparecido Parejo Calvo	DIPEN		05/02/2021

3) DOCUMENTOS CORRELACIONADOS

Código do Documento	Título
-	Parecer técnico emitido pelo IBAMA (PAR 02015.000075/20015-41 NLA/MG/IBAMA, 16 de dezembro de 2015.
-	Programa de Monitoramento e Controle de Emissões Atmosféricas, PMEA - ipen
-	Licença de Operação – LO nº 1325/2016 do ipen, de 22 de fevereiro de 2016, emitido pelo IBAMA.

4) DISTRIBUIÇÃO

Nome (ou local de distribuição)	Unidade	Instituição	Data
Intranet- Cópia eletrônica	Todas	ipen	14/05/2021
IBAMA			08/02/2021

5) HISTÓRICO DE ANÁLISE CRÍTICA E ALTERAÇÕES

Rev.	Data	Descrição
00	05/02/2021	Elaboração do documento



CNEN - COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR

IPEN – INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES

RELATÓRIO DE AVALIAÇÃO DO PROGRAMA DE MONITORAMENTO E CONTROLE DE
EMISSÕES ATMOSFÉRICAS - RA-PMEA DO **ipen**, ANO BASE 2019/2020
EM CONFORMIDADE COM AS DIRETRIZES ESTABELECIDAS PELO IBAMA

ipen/CNEN-SP

2020



RESUMO

Este relatório apresenta os resultados obtidos no desenvolvimento do Programa de Monitoramento e Controle de Emissões Atmosféricas do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – **ipen**, ano base 2019. Neste documento são apresentados e discutidos os resultados obtidos desde 2016 no campus do **ipen**, com base nas legislações ambientais vigentes, emitidas por órgãos normativos e fiscalizadores, tais como Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), CETESB, Ministério do Meio Ambiente, por meio das resoluções CONAMA, além da solicitação do TAC (Termo de Ajuste de Conduta) e condicionantes da Licença de Operação – LO nº 1325/2016 do **ipen**, de 22 de fevereiro de 2016, emitidos pelo IBAMA. A execução do PMEIA utilizou: a) o modelo de auto monitoramento, conforme aprovado pelo IBAMA em parecer, realizado: por meio da estação de monitoramento da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB, instalada no *campus* do **ipen**; b) o método de estimativa de emissões atmosféricas, elaborado utilizando os fatores de emissão, conforme a AP-42 (EPA, 1995); c) a avaliação dos sistemas de remoção e/ou controle de poluentes de emissões atmosféricas. Este Programa tem como **objetivo principal** a prevenção e o controle da geração e da propagação de emissões atmosféricas decorrentes das atividades no campus do **ipen**. A meta deste Programa é manter a qualidade do ar em níveis adequados no entorno do **ipen**, considerando as leis e normas vigentes sobre o tema, por meio da implantação de um monitoramento e controle sistemáticos de suas emissões por meio da estação de monitoramento da CETESB/ **ipen**/USPO e estimativa de emissão baseados nas Diretrizes da CETESB de acordo com “CETESB - DECISÃO DE DIRETORIA Nº 010/2010/P”. A **concepção deste Programa** remete aos procedimentos necessários e adequados à prevenção e mitigação dos possíveis efeitos de alteração da qualidade do ar. Neste contexto, o programa é norteado pelas seguintes legislações: Resolução CONAMA 03/1990 – Dispõe sobre os padrões de qualidade do ar e Decreto Estadual nº 59.113 de 23/04/2013 – Estabelece novos padrões de qualidade do ar; Relatório anual de atividades potencialmente poluidoras e utilizadoras de recursos naturais (RAPP) Emissões atmosféricas – Emissões de poluentes atmosféricos. Versão 3, IBAMA, JANEIRO, 2016.

OBS: As Ações de Substituição dos Grupos Moto Geradores e Adequação ambiental visando adequação das emissões atmosféricas difusas para o Programa de Monitoramento e Controle Atmosférico (PMEA) do **ipen** - Ano base 2015, 2016, 2017 e 2018 foram informadas em outro relatório técnico, ano base 2017/ 2018.



EQUIPE EXECUTORA

Centro de Química e Meio Ambiente – CQMA

Laboratório de Análises Químicas e Ambiental – LAQA

Tatiane Bernardino Seixas de Carvalho da Silva - Bolsista PCI/CNEN

Responsável pela Elaboração do Relatório

Maria Aparecida Faustino Pires

Marycel Elena Barboza Cotrim

Gerente do Centro de Química e Meio Ambiente

Marycel Elena Barboza Cotrim

Responsável pelo Laboratório de Análises Químicas e Ambientais

João Cristiano Ulrich

Responsável pelas informações individuais das unidades geradoras:

RD - Ambiental, indicados pelas Gerências e Direção do [ipen](#)

CETESB-Responsável pela Operação e controle da Estação de Telemetria continua. Conforme convenio.

Identificação estação de telemetria: UGRHI-6; Localização da estação de Rede Automática. (Continua): Cid. Universitária - USP – [ipen](#); VOCACIONAL Industrial; ENDEREÇO Av. Prof. Lineu Prestes, 2242 Cidade Universitária - São Paulo [ipen](#)- Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares; COORD. UTM (SIRGAS 2000): 23k 322680 7392709; Início da operação: 01/01/2007.

Título	Código	Rev.
Relatório de avaliação do Programa de Monitoramento e Controle de Emissões Atmosféricas do ipen , RA-PMEA - ano base 2019-2020	-	00

1 INTRODUÇÃO

O presente relatório apresenta os resultados obtidos, ao longo de 2019 e primeiro semestre de 2020, a partir da execução do Programa de Monitoramento e controle de emissões atmosféricas não radiológicas do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – **ipen** e propostas de melhoria, em conformidade as diretrizes estabelecidas pelo IBAMA.

O referido plano, foi aprovado pelo IBAMA em dezembro de 2015 e estabelecido como condicionantes da Licença de Operação – LO nº 1325/2016 de 22 de fevereiro de 2016, define requisitos básicos para a proteção à vida e à propriedade, nas suas dependências, quanto ao controle de emissões atmosféricas bem como dos diversos equipamentos de emissão atmosférica, como a substituição dos moto-geradores, sendo revisado anualmente e alterado quando necessário.

Adicionalmente, as informações associadas a este relatório visam prover o **ipen** de documentação técnica necessária para atendimento às legislações ambientais vigentes e as solicitações do IBAMA e as condicionantes da “L.O.” referente às suas instalações localizadas na Av. Professor Lineu Prestes, nº 2.242, Cidade Universitária, Butantã, São Paulo, Capital.

O principal objetivo deste Programa, semelhante a outros programas ambientais do **ipen**, é fornecer subsídios para estabelecer o PMEAs dos compostos químicos e material particulado com a elaboração de um banco de dados e de informações em escala temporal, de modo a:

- ✓ Demonstrar o atendimento dos procedimentos adotados na liberação de emissões atmosféricas aos limites autorizados e adequados às exigências legais;
- ✓ Manter um registro contínuo dos efeitos das instalações sobre os níveis naturais de compostos químicos, complementando os registros radioativos existentes das instalações, da região sob influência do *campus* do **ipen**;
- ✓ Estabelecer objetivos e metas a serem atingidos;
- ✓ Definir metodologias a serem utilizadas no programa e estratégia de execução;
- ✓ Estabelecer periodicidade anual para emissão de relatórios e sua previsão de entrega à direção do **ipen** e como consequência ao IBAMA e a CNEN;
- ✓ Detectar eventuais falhas e programar medidas corretivas;
- ✓ Prestar informações ao público em geral.
- ✓ Avaliar o impacto ambiental decorrente das atividades do **ipen**.

Título	Código	Rev.
Relatório de avaliação do Programa de Monitoramento e Controle de Emissões Atmosféricas do ipen , RA-PMEA - ano base 2019-2020	-	00

2 ESCOPO DO PROGRAMA

2.1. Critérios de avaliação

Este relatório e respectivo Plano de Monitoramento e Controle das Emissões Atmosféricas (PMEA) do **ipen** foi preparado tomando como base documentos semelhantes e diretrizes da CETESB, CNEN e IBAMA, e no cenário internacional a Agência Ambiental Americana – EPA, conforme documentos a seguir:

- Diretrizes da CETESB de acordo com “CETESB - DECISÃO DE DIRETORIA Nº 010/2010/P” quanto à elaboração do inventário de fontes, do Programa de Monitoramento de Emissões Atmosféricas – PMEA) e premissas básicas para uma boa gestão de emissões em um empreendimento (disponível em: http://www.cetesb.sp.gov.br/noticentro/2009/11/03_camaras.pdf).
- Relatório anual de atividades potencialmente poluidoras e utilizadoras de recursos ambientais (RAPP) emissões atmosféricas – Emissões de poluentes atmosféricos. Versão 3, IBAMA JANEIRO, 2016 (disponível em: http://www.ibama.gov.br/phocadownload/relatorios/atividades_poluidoras/ibama-guia_emissoes_poluentes_atmosfericos_v3.pdf).

A Resolução nº 382, de 26/12/06 do CONAMA, que “Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas”, dispõe em seus **Artigos 4º e 5º** diretrizes técnicas relativas ao monitoramento de emissões e métodos de amostragem e análise, bem como no seu **Artigo 3º** adota definições referentes às fontes de emissão, aos poluentes que não possuem característica química definida e às unidades e forma obrigatória de expressão de resultados, que são obedecidas neste documento.

Por outro lado, a Lei Estadual nº 997, de 31/05/76 e seu regulamento (Decreto Estadual nº 8.468, de 08/09/76 e suas alterações), exigem dos responsáveis pelas atividades efetivas ou potencialmente poluidoras, entre outras, uma série de regras associadas ao monitoramento e auto monitoramento de suas fontes.

O arcabouço técnico-legal relacionado ao monitoramento de emissões de fontes fixas, está normalizado pela CETESB desde março de 2005, por meio do “Termo de Referência para Elaboração do Plano de Monitoramento de Emissões Atmosféricas (PMEA) /versão 01”, que serve de base ao presente documento, que deverá ser continuamente revisado, ampliado e tecnicamente aprimorado.

Título	Código	Rev.
Relatório de avaliação do Programa de Monitoramento e Controle de Emissões Atmosféricas do ipen , RA-PMEA - ano base 2019-2020	-	00

Como resultados esperados, esse relatório de avaliação do PME A pretende:

- Apresentar um inventário detalhado das fontes significativas emissoras de poluentes atmosféricos existentes no campus do **ipen** - Cidade Universitária (São Paulo; S.P);
- Determinar a contribuição média das emissões das fontes inventariadas nas atividades desenvolvidas no campus do **ipen** na qualidade do ar da região, através de modelos indiretos, verificando se existem áreas com maior impacto ambiental para os poluentes atmosféricos e implantar ações de mitigação;
- Gerar uma base de cenários típicos e críticos da qualidade do ar, propiciando uma análise espacial e temporal dos níveis de poluentes estudados no campus;
- Avaliar e atualizar anualmente as informações inventariadas e respectivos fatores de emissão com as o programa de monitoramento em tempo real otimizado pela rede automática de monitoramento da qualidade do ar da CETESB; que tem a capacidade de cobrir toda a área de influência direta do campus;
- Elaborar e implantar um modelo, por meio de um programa utilizando uma planilha em Excel, para facilitar a gestão dos dados e fatores de emissão e gestão da qualidade do ar integrado a variáveis químicas e do processo produtivo (resultado e meta a ser atingida nos próximos ciclos).

2.2 Escopo

A execução do PME A foi conduzida segundo o modelo de auto monitoramento, por meio da estação de monitoramento da CETESB, instalada no *campus* do **ipen**, da avaliação do processo de inventário e do monitoramento da emissão sem medição direta, utilizando modelo da EPA, AP-42, visando aplicar os protocolos de avaliação dos sistemas de remoção e/ou controle de poluentes de emissões atmosféricas.

Considerando que o **ipen não realiza processos industriais**, o acompanhamento das emissões de poluentes atmosféricos por fontes fixas, bem como as condições e regimes de monitorização que lhes são aplicáveis, são atualmente definidas pelos padrões de emissões atmosféricas para processos industriais descritos a seguir:

- O Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) determina, por meio da Resolução 03/90, os padrões de qualidade do ar;
- A Resolução CONAMA 382/ 2006 e a Resolução CONAMA 436 / 2011, bem como em normas específicas para o estado de São Paulo, definida pela CETESB - Decisão de Diretoria Nº 010/2010/P determinam a necessidade da elaboração do inventário de fontes, do Programa de Monitoramento de Emissões Atmosféricas – PME A.

Título	Código	Rev.
Relatório de avaliação do Programa de Monitoramento e Controle de Emissões Atmosféricas do ipen , RA-PMEA - ano base 2019-2020	-	00

- Não há legislação específica em nível federal, estadual ou municipal, que fixe limites para emissão de poluentes para dutos de exaustão de ambientes ocupacionais; dutos de exaustão do ar circulante em estufas de secagem e outras, existindo legislação somente para MP (material particulado), SO_x, NO_x, CO e CO_x.

Apesar de o Brasil não possuir, no nível Federal, obrigatoriedade na declaração das fontes e emissões atmosféricas, há um grande esforço das instituições, em nível Estadual, que têm promovido à execução do inventário de fontes fixas e móveis.

2.3 Escopo do programa de monitoramento

O plano inclui toda a área ocupada pelo campus do **ipen**, com extensão total de 478.000 m².

O **ipen** não gera efluentes gasosos industriais. Como outras fontes de emissão de poluentes atmosféricos existentes o campus possui: dutos de exaustão de ambientes ocupacionais; dutos de exaustão do ar circulante em estufas de secagem, entre outros.

Como medidas de controle e monitoramento de emissões atmosféricas no campus do **ipen** são utilizados rotineiramente os dados provenientes de:

- Monitoramento em tempo real, de acordo com o regime de monitorização aplicado pela CETESB, órgão ambiental competente do estado, realizado pela estação de monitoramento **ipen-USP** da CETESB, instalada dentro do campus do **ipen**, disponível na rede mundial de computadores;
- Relatório Anual referente ao Programa de Monitoração Radiológica Ambiental do **ipen**;
- Inventário anual e estimativa de emissões de poluentes atmosféricos gerados no campus do **ipen**;
- Avaliação de sistemas dos sistemas de remoção e/ou controle de poluentes de emissões atmosféricas.

2.4 Estratégias de execução

Os poluentes considerados para o PMEAs do **ipen** são gases, vapores e material particulado: partículas inaláveis finas (MP_{2,5}), dióxido de enxofre (SO₂), monóxido de oxigênio (NO); dióxido de nitrogênio (NO₂ e NO_x), monóxido de carbono (CO) e ozônio (O₃); todos monitorados on-line na estação **ipen/USP** – Cetesb. (CETESB, 2013a).

Título	Código	Rev.
Relatório de avaliação do Programa de Monitoramento e Controle de Emissões Atmosféricas do ipen , RA-PMEA - ano base 2019-2020	-	00

Os poluentes a participar do processo de inventário e o monitoramento da emissão sem medição direta visando aplicar os protocolos são: material particulado (MP), óxidos de enxofre (SOx), óxidos de nitrogênio (NOx), óxidos de carbono (CO/CO₂), substâncias inorgânicas, fluoretos (F/HF), amônia (NH₃), ácido clorídrico (HCl), hidrocarbonetos (HC) e compostos orgânicos voláteis (COV).

As emissões atmosféricas são descontínuas, geradas por dutos de exaustão de ambientes ocupacionais; dutos de exaustão do ar circulante em estufas de secagem.

2.4.1. Quanto ao monitoramento contínuo da qualidade do ar (em tempo real):

O **ipen** possui instalado em seu campus uma estação da rede automática de monitoramento da CETESB que monitora a qualidade do ar em tempo real, atualizada de hora em hora.

A CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo e o **ipen** possuem uma parceria no programa de monitoramento atmosférico de São Paulo sendo realizado dentro do *campus* do **ipen** o monitoramento atmosférico ambiental on-line. Esta estação de monitoramento on-line denominada Cid. Universitária-USP-**ipen** (site da CETESB: <http://www.cetesb.sp.gov.br/ar/qualidade-do-ar>) foi executada pelo **ipen** / Centro de Química e Meio Ambiente e é gerida e mantida pela CETESB. Os resultados também são utilizados para completar e validar o monitoramento atmosférico no campus do **ipen**.

Os relatórios estão disponíveis on-line, com dados diários a cada dez minutos, podendo ser acessados no Boletim de Qualidade do Ar - CETESB-RMSP.

O sistema de auto monitoramento realizado nessa estação da Cetesb (Cidade Universitária – USP- **ipen**; número 31) pode ser acompanhado on-line e no relatório anual da CETESB.

O boletim de qualidade do ar divulgado diariamente, às 16 horas, pela CETESB apresenta o resultado do monitoramento das últimas 24 horas para todos os poluentes medidos, bem como a previsão das condições de dispersão para as 24 horas seguintes. A qualidade do ar é definida pelo poluente de maior índice registrado no dia. Apresenta também, para cada UGRHI, a totalização das qualidades N1-BOA, N2-MODERADA, N3-RUIM, N4-MUITO RUIM e N5-PÉSSIMA, as condições meteorológicas presentes no dia e a previsão meteorológica para as próximas 24 horas.

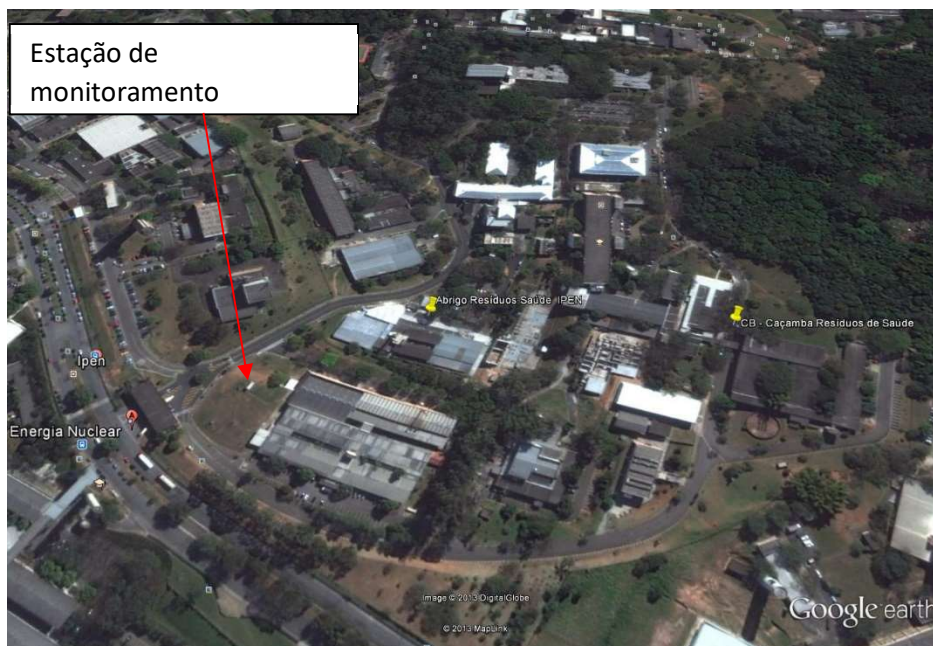
Título	Código	Rev.
Relatório de avaliação do Programa de Monitoramento e Controle de Emissões Atmosféricas do ipen , RA-PMEA - ano base 2019-2020	-	00

Os valores diários utilizam como referência os períodos de exposição estabelecidos nos padrões de qualidade do ar, quando existentes. São calculados, da seguinte forma <http://www.cetesb.sp.gov.br/ar/qualidade-do-ar>):

- Partículas inaláveis (MP10): média diária
- Partículas inaláveis finas (MP2,5): média diária
- Dióxido de enxofre (SO₂): média diária;
- Ozônio (O₃): maior média móvel de 8 horas das últimas 24h e horário da ocorrência;
- Dióxido de nitrogênio (NO₂): maior valor diário e horário da ocorrência;
- Monóxido de nitrogênio (NO): maior valor diário e horário da ocorrência.
- Monóxido de carbono (CO): maior valor diário e horário da ocorrência.

Na Figura 1 é possível observar o mapa da localização da estação dentro do campus do **ipen** (CETESB-USP- **ipen**; número 31). Local da instalação da estação: em frente à Portaria Norte do **ipen**; Av. Prof. Lineu Prestes 2242, Cidade Universitária, Butantã, SP. CEP: 05508-000.

Figura 1. Mapa da localização da estação o campus do **ipen** (CETESB-USP- **ipen**; número 31; Posição Geográfica: -23.566268, - 46.737629)



Título	Código	Rev.
Relatório de avaliação do Programa de Monitoramento e Controle de Emissões Atmosféricas do ipen, RA-PMEA - ano base 2019-2020	-	00

Além do acesso aos dados Online, a CETESB emite para o ipen um relatório anual, com as informações geradas no programa de monitoramento.

Na Tabela 1 são apresentados os padrões de qualidade do ar estabelecidos no DE nº 59113/2013, sendo que os padrões vigentes estão assinalados em vermelho.

Tabela 1. Padrões estaduais de qualidade do ar

**Padrões Estaduais de Qualidade do Ar
(Decreto Estadual nº 59113 de 23/04/2013)**

Poluente	Tempo de Amostragem	MI1 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	MI2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	MI3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PF ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
partículas inaláveis (MP ₁₀)	24 horas MAA ¹	120 40	100 35	75 30	50 20
partículas inaláveis finas (MP _{2,5})	24 horas MAA ¹	60 20	50 17	37 15	25 10
dióxido de enxofre (SO ₂)	24 horas MAA ¹	60 40	40 30	30 20	20 -
dióxido de nitrogênio (NO ₂)	1 hora MAA ¹	260 60	240 50	220 45	200 40
Ozônio (O ₃)	8 horas	140	130	120	100
monóxido de carbono (CO)	8 horas	-	-	-	9 ppm
fumaça* (FMC)	24 horas MAA ¹	120 40	100 35	75 30	50 20
partículas totais em suspensão* (PTS)	24 horas MGA ²	- -	- -	- -	240 80
Chumbo** (Pb)	MAA ¹	-	-	-	0,5

(Fonte: Cetesb, 2015).

2.4.2. Quanto ao sistema de controle de poluentes

O ipen possui sistemas de remoção e/ou controle de poluentes de emissões atmosféricas como lavadores de gases e filtros. Esses Equipamentos de controle da poluição (ECP) para executar este programa deverão ser classificados e fornecer informações como: Tipo; Característica (solução de lavagem, tipo de mangas, etc.); Eficiência esperada e/ou garantida

Título	Código	Rev.
Relatório de avaliação do Programa de Monitoramento e Controle de Emissões Atmosféricas do ipen, RA-PMEA - ano base 2019-2020	-	00

pelo fabricante; Parâmetros operacionais do equipamento instalado (perda de carga, temperatura, etc.); Tipo e a frequência da limpeza dos equipamentos de controle.

2.5 Critérios de avaliação

O estudo relativo ao inventário com a caracterização dos processos produtivos e suas respectivas operações unitárias, com o detalhamento das fontes geradoras e a frequência, juntamente com consumo em cada processo, foi conduzido nos laboratórios do ipen cujas atividades possam emitir poluentes gasosos em seu processo.

O método de estimativa de emissões atmosféricas foi elaborado utilizando os fatores de emissão, conforme a AP-42 (EPA, 1995) e foi inicialmente aplicado no Centro de Química e Meio Ambiente – CQMA (Santos, 2017), que ocupa uma área total de 7.259,6 m² de área construída e suas instalações laboratoriais de processos químicos e caracterização analítica são compostas por 12 laboratórios, distribuídos em 8 prédios distintos.

Na sequência o programa foi aplicado em todas as unidades do ipen.

2.5.1. Escopo das Atividades Inventariadas

O escopo das atividades inventariadas foi realizado por meio de um levantamento de dados de todos os centros do ipen através de um questionário, com apoio dos RD-ambientais de cada área, tomando como base o anexo B da Decisão de Diretoria N° 010/2010/P.

Na Tabela 2 são apresentados, de forma resumida, os parâmetros e frequência de monitoramento de emissões atmosféricas, para o estado de SP, definidos para a indústria química os quais foram observados no inventário.

Tabela 2. Parâmetros e frequência de monitoramento de emissões atmosféricas para o Estado de SP definidos para a indústria química.

Parâmetros e frequência de monitoramento de emissões atmosféricas para o estado de SP											
Indústria Química	MP	SO _x	NO _x	CO/CO ₂	ERT	Sub. Inorgânicas	F/HF	NH ₃	HC	VOC e VOCs	D&F
	*	*	*						*		

Frequência: (*) bienal.

ERT: Enxofre Reduzido Total (ERT); D&F: Dioxinas e Furanos; VOC- Compostos orgânicos voláteis; VOCS – compostos orgânicos semivoláteis.

Fonte: adaptada da Decisão de Diretoria N° 010/2010/P

Título	Código	Rev.
Relatório de avaliação do Programa de Monitoramento e Controle de Emissões Atmosféricas do ipen, RA-PMEA - ano base 2019-2020	-	00

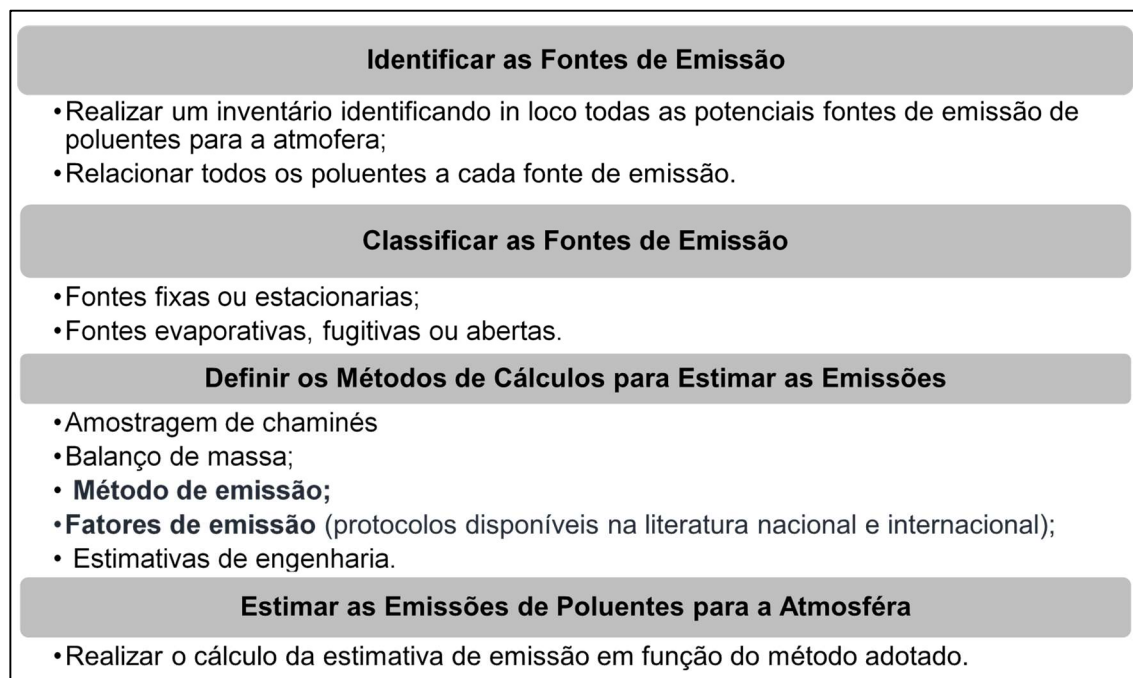
2.5.2. Metodologia de Cálculo

O cálculo da estimativa das emissões de poluentes para a atmosfera foi orientado por critérios técnicos e referências internacionais. Na Figura 2 é apresentada uma descrição das etapas estabelecidas para a realização do inventário de emissões atmosféricas (CETESB, 2009).

Quanto às referências e critérios técnicos adotados no processo de inventário foram observadas as propriedades físicas e químicas, acrescida das informações necessárias aos cálculos para as emissões.

Foram utilizados os fatores de emissão específicos para estimativa de emissões geradas em cada atividade ou processo executado nas fontes fixas utilizando como referência o estabelecido pela Agência Ambiental Americana – EPA - AP42 – U.S. Environmental Protection Agency, AP42, Volume I, Fifth Edition, January 1995 e pela CETESB, 2009.

Figura 2. Etapas estabelecidas para realização do inventário de emissões atmosféricas (adaptado de CETESB, 2009).



2.5.3 Fator de Emissão e Taxa de Emissão

Para realizar os cálculos das possíveis emissões provenientes das instalações do ipen foi assumida a base de dados do Capítulo 8 - *Inorganic Chemical Industry* da “*Emissions Factors*

Título	Código	Rev.
Relatório de avaliação do Programa de Monitoramento e Controle de Emissões Atmosféricas do ipen, RA-PMEA - ano base 2019-2020	-	00

& AP 42, *Compilation of Air Pollutant Emission Factors*”, disponível em <https://www.epa.gov/air-emissions-factors-and-quantification/ap-42-compilation-air-emission-factors>. Conforme a AP-42 (1995), em alguns casos, a operação é executada com um sistema fechado, o que permite pouca ou nenhuma emissão que escape para a atmosfera. As emissões que chegam à atmosfera da indústria química inorgânica em geral são gasosas e controladas por adsorção ou absorção. As estimativas de dados de emissões provenientes de processos químicos são escassas, por serem de uso não frequente e eventual, podendo não refletir a variabilidade das emissões no tempo. Desta forma, o fator de emissão tem sido frequentemente o melhor método para avaliar as estimativas das emissões atmosféricas, dentro de suas limitações.

Segundo a AP-42, o fator de emissão é um valor representativo que relaciona a quantidade de poluentes emitidos para a atmosfera com uma atividade potencialmente poluidora. Este fator é, usualmente, expresso em unidades de massa do poluente dividido por unidade de massa, volume, distância ou duração da atividade emissora de poluentes. O fator de emissão facilita significativamente a estimativa das emissões provenientes de várias fontes de poluição do ar, porque são médias representativas de dados disponíveis de uma determinada instalação ao longo de um prazo de qualidade aceitável.

Para o cálculo das emissões com a utilização dos fatores são necessárias algumas informações básicas, como: o processo da atividade, especificado pelo fator de emissão; o fator de emissão correspondente a fim de transformar a informação do processo da atividade em estimativa de emissão com controle ou sem controle; e a eficiência dos mecanismos de captura e controle das emissões, quando aplicável.

A seguir é descrita a equação geral a ser aplicada para determinação dos fatores de emissão.

$$E = A * EF * \left(1 - \frac{ER}{100}\right)$$

Onde:

E = Taxa de Emissão;

A = Taxa de execução da atividade;

EF = Fator de emissão característico da atividade;

ER = Eficiência do equipamento de controle de poluição utilizado, %.

Título	Código	Rev.
Relatório de avaliação do Programa de Monitoramento e Controle de Emissões Atmosféricas do ipen, RA-PMEA - ano base 2019-2020	-	00

Para os fatores de emissão com controle, o termo $(1 - ER/100)$ já está incorporado, sendo a equação simplificada, representada como:

$$E = A * EF$$

O cálculo da vazão do gás, que segundo a Decisão de Diretoria N° 010/2010/P, é a quantidade de efluente gasoso passando através de um duto ou chaminé por unidade de tempo, expressa em metros cúbicos por hora (m^3/h) na condição de medição e/ou em metros cúbicos por hora, nas condições normais de temperatura e pressão (Nm^3/h).

A estimativa da concentração dos poluentes foi calculada a partir da vazão encontrada e da taxa emissão calculada. Segundo a Decisão de Diretoria N° 010/2010/P, concentração é a quantidade do poluente no fluxo gasoso, expressa em miligramas por unidade de vazão de gás (mg/Nm^3 e/ou mg/m^3) ou, em correlação volumétrica (ppmv), referida às condições normais de temperatura e pressão (CNTP), em base seca e, quando aplicável, na condição referencial de oxigênio estabelecida.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Efluentes gasosos gerados nos processos produtivos são captados através de sistemas de exaustão em lavadores de gases e/ou sistema com filtros específicos, estando os mesmos instalados e em operação nas unidades produtivas. Os fornos ou atividades que possam gerar material particulado ou materiais radioativos utilizam filtros em seus sistemas de exaustão.

A avaliação do Programa de Monitoração Radiológica Ambiental (PMRA) do ipen é realizada regularmente, conforme estabelecido no Programa de Monitoração Radiológica Ambiental do ipen (PMRA, 2013; PMRA, 2014; PMRA 2015; PMRA 2016, PMRA 2017; PMRA 2018) em conformidade com as normas vigentes da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNENa, 2011 e CNENb, 2011) e envolve todas as instalações nucleares e radiativas do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares.

O Programa de Monitoração Radiológica Ambiental do ipen avalia os níveis de radioatividade aos quais estão expostos os indivíduos do público por meio da análise de amostras de origem

Título	Código	Rev.
Relatório de avaliação do Programa de Monitoramento e Controle de Emissões Atmosféricas do ipen , RA-PMEA - ano base 2019-2020	-	00

atmosférica e aquática, enquanto a radiação direta no meio ambiente é determinada a partir de medidas com dosímetros termoluminescentes.

Quanto ao controle atmosférico radiológico são monitorados:

- As águas de precipitação pluviométrica, com medidas da contagem alfa e beta total em 4 pontos de monitoramento;
- Os filtros de ar (amostragem de ar em filtros), por espectrometria gama;
- A radiação direta no meio ambiente: determinada a partir da medida com dosímetros termoluminescentes, um total de 14 (TL).

Os dados são publicados em relatório periódico de avaliação, disponibilizado internamente via intranet, e encaminhados com periodicidade anual aos órgãos ambientais e reguladores competentes: IBAMA e CNEN.

Para a precipitação pluviométrica, as concentrações de alfa e beta total nos últimos anos (2007 a 2018) apresentaram o mesmo comportamento, indicando que a liberação de radionuclídeos pelas instalações do **ipen** não está alterando os níveis de radioatividade no meio ambiente considerado.

Todos os resultados históricos obtidos até o momento, 1993 a 2017, confirmam que a liberação dos **efluentes radioativos líquidos e gasosos** provenientes da operação normal das instalações nucleares e radioativas do **ipen** **está sendo devidamente controlada**.

De acordo com o relatório de avaliação do PMRA do **ipen**, em 2016, o impacto radiológico provocado pelo conjunto de liberações líquidas e gasosas de material radioativo de todas as instalações do **ipen** **foi desprezível**, quando comparado com os limites recomendados pela norma vigente no país (CNEN, 2005).

Os dados obtidos encontram-se no Relatório de avaliação do programa de monitoração radiológica ambiental do **ipen** de 2017, referente ao ano base de 2016 (RA-PMRA-2016), disponível em: https://intranet.ipen.br/portal_por/conteudo/intranet/SGI/registros/Relatorio%20Aval%20PMRA%202016.pdf.

3.1 Monitoramento contínuo da qualidade do ar do campus.

O monitoramento atmosférico das emissões pode ser acompanhado online - diariamente no site da CETESB (<http://www.cetesb.sp.gov.br>). Nas Figuras 3 e 4 são apresentadas a máscara da página da CETESB, com destaque dos indicadores da qualidade do ar na estação

Título	Código	Rev.
Relatório de avaliação do Programa de Monitoramento e Controle de Emissões Atmosféricas do ipen, RA-PMEA - ano base 2019-2020	-	00

Cid. Universitária-USP-ipen localizada no campus do ipen - qualidade MODERADA (N2) e mapa da RMSP, disponíveis ao público no site da CETESB.

Figura 3. Medida diária do sistema de auto monitoramento realizado na estação da Cidade Universitária-USP-ipen (disponível em <https://cetesb.sp.gov.br/ar/resumo-da-ultima-hora/>; acesso em 09/09/2020).

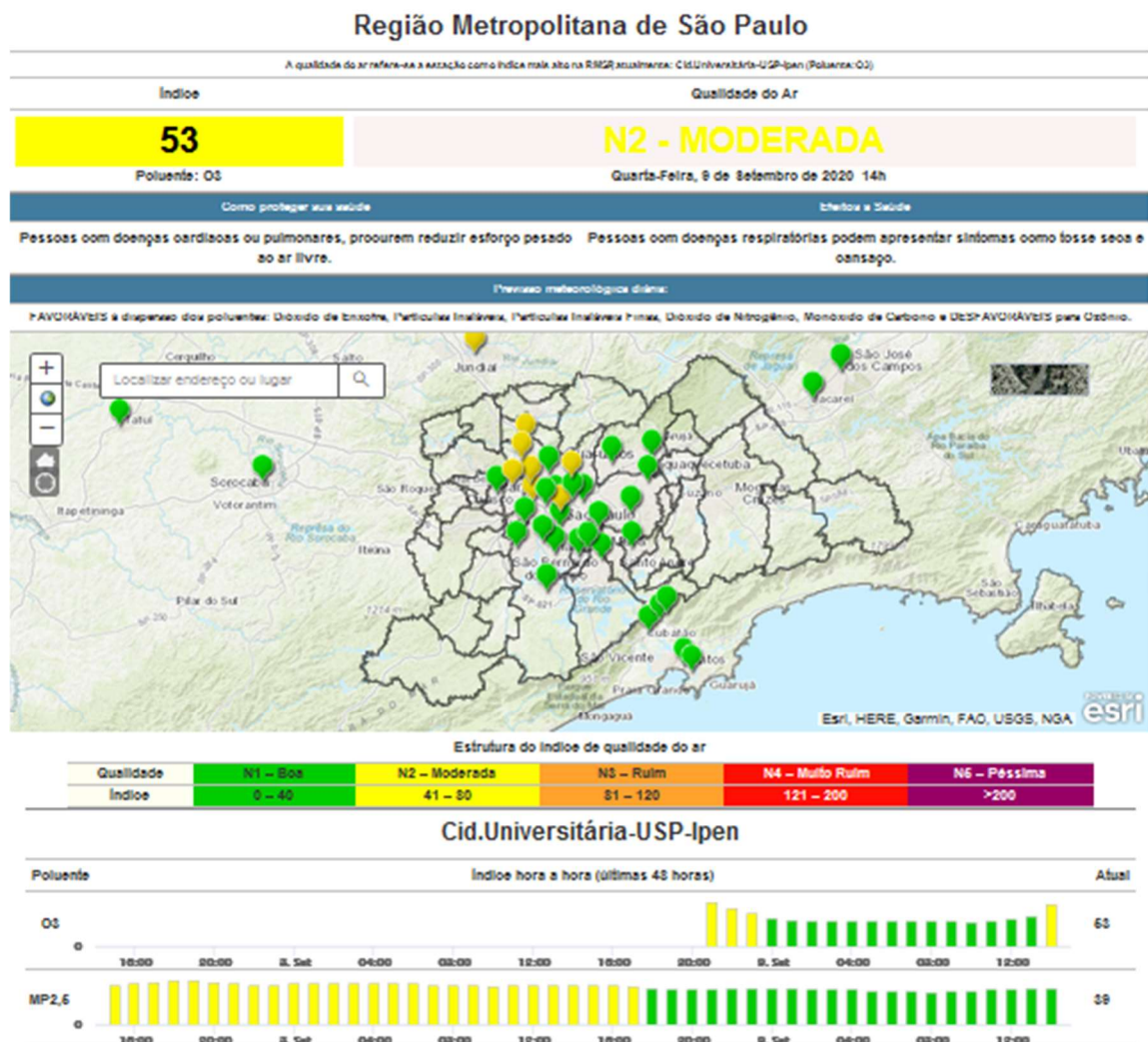
Resumo da Última Hora

09/09/2020 - 14:00

Índice de Qualidade Classificação	0 - 40	41 - 80	81 - 120	121 - 200	> 200
	N1 - Boa	N2 - Moderada	N3 - Ruim	N4 - Muito Ruim	N5 - Péssima
RMSP	Qualidade	Índice	Poluente	Efeitos à saúde	Como proteger sua saúde
Capão Redondo	N1 - Boa	26	MP10	Pessoas com doenças respiratórias podem apresentar sintomas como tosse seca e cansaço.	Pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, procurem reduzir esforço pesado ao ar livre.
Carapicuíba	N1 - Boa	2	CO		
Cerqueira César	N1 - Boa	29	MP10		
Cid.Universitária-USP-Ipen	N2 - Moderada	53	O3		
Congonhas	N1 - Boa	36	MP2,5		
Diadema	N1 - Boa	28	O3		
Grajaú-Parelheiros	N1 - Boa	27	O3		
Guarulhos-Paço Municipal	N1 - Boa	32	O3		
Guarulhos-Pimentas	N1 - Boa	38	MP2,5		
Ibirapuera	N2 - Moderada	44	O3		
Interlagos	N1 - Boa	30	O3		
Itaim Paulista	N1 - Boa	30	MP10		
Itaquera	N1 - Boa	33	O3		
Marg.Tietê-Pte Remédios	N2 - Moderada	43	MP2,5		
Mauá	N1 - Boa	25	MP2,5		
Mooca	N1 - Boa	36	MP2,5		
N.Senhora do Ó	N1 - Boa	32	MP10		
Osasco	N2 - Moderada	45	MP10		
Parque D.Pedro II	N1 - Boa	39	MP2,5		
Perus	N2 - Moderada	44	MP10		
Pico do Jaraguá	N2 - Moderada	42	MP2,5		
Pinheiros	N1 - Boa	28	O3		
S.Bernardo-Centro	N1 - Boa	32	O3		
Santana	N2 - Moderada	45	MP2,5		
Santo Amaro	N1 - Boa	25	O3		
São Caetano do Sul	N1 - Boa	31	MP2,5		
Taboão da Serra	N1 - Boa	25	MP10		

Título	Código	Rev.
Relatório de avaliação do Programa de Monitoramento e Controle de Emissões Atmosféricas do ipen , RA-PMEA - ano base 2019-2020	-	00

Figura 4. Mapa da qualidade do ar – rede automática – em destaque rede Cidade universitária-USP-[ipen](#).



Fonte http://sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/Ar/php/mapa_qualidade_rmSP.php; acesso em 29/08/2019.

Segundo o relatório Anual da CETESB considerando o ano de 2019, foram observados:

- Monóxido de carbono (CO): Monitoramento desativado em 31/12/2015 na estação Cid. Universitária-USP-[ipen](#).
- Dióxido de nitrogênio (NO₂): Monitoramento encerrado em 31/12/2018 na estação Cid. Universitária-USP-[ipen](#).
- Óxidos de Nitrogênio (NO_x): Monitoramento encerrado em 31/12/2018 na estação Cid. Universitária-USP-[ipen](#).
- Os poluentes monitorados atenderam ao critério de representatividade anual em 2019.

Título	Código	Rev.
Relatório de avaliação do Programa de Monitoramento e Controle de Emissões Atmosféricas do ipen , RA-PMEA - ano base 2019-2020	-	00

A seguir são discutidos e apresentados os gráficos demonstrando a qualidade do ar na estação Cid. Universitária-USP-[ipen](#) localizada no campus do [ipen](#).

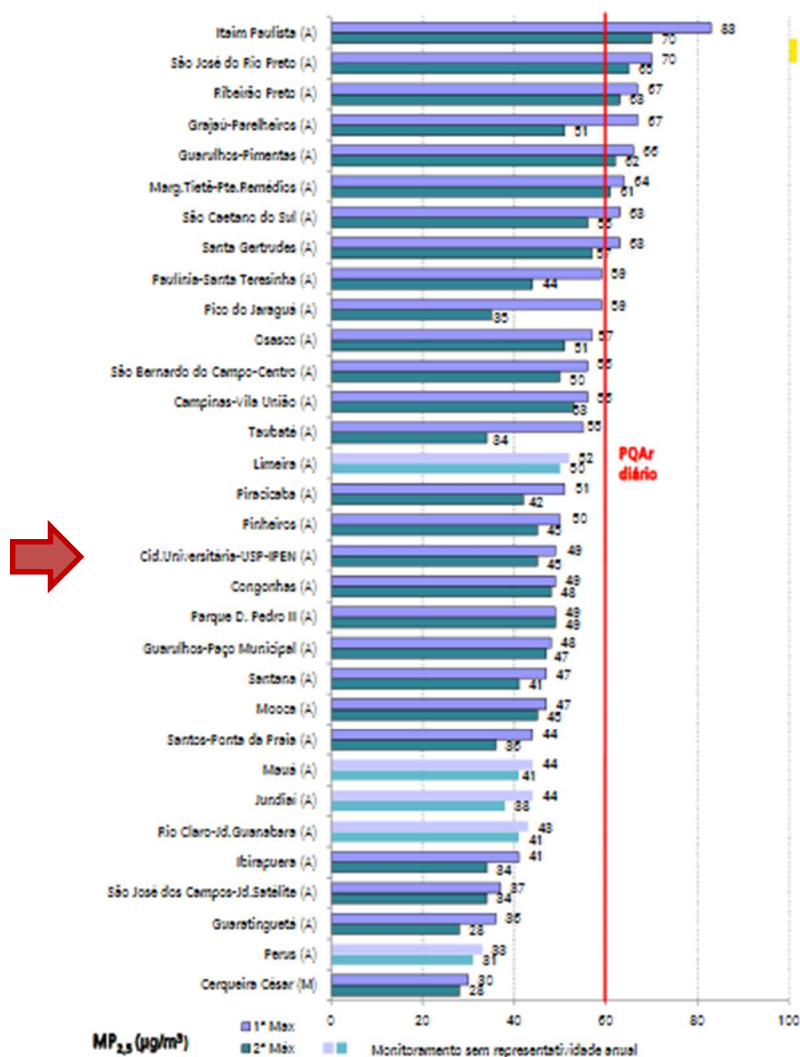
3.1.1 Partículas Inaláveis Finas – MP2,5

No Gráfico 23 do Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo elaborado pela CETESB para o ano de 2019 (disponível em <https://cetesb.sp.gov.br/ar/wp-content/uploads/sites/28/2020/07/Relat%C3%B3rio-de-Qualidade-do-Ar-2019.pdf>) apresentado na Figura 5, observam-se as concentrações máximas diárias de partículas inaláveis finas registradas em 2019 nas estações manuais e automáticas do Estado. De acordo com o Gráfico 23 (Figura 5) na estação Cid.Universitária-USP-[ipen](#) não houve ultrapassagem do padrão diário ($60 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Título	Código	Rev.
Relatório de avaliação do Programa de Monitoramento e Controle de Emissões Atmosféricas do ipen, RA-PMEA - ano base 2019-2020	-	00

Figura 5. MP_{2,5} – Evolução das concentrações médias anuais – RMSP - Gráfico 23 do Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo-CETESB 2018.

Gráfico 23 – MP_{2,5} – Classificação das concentrações máximas diárias – RMSP, Baixada Santista e Interior – 2019



Fonte: CETESB (2020)

Fonte: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/wp-content/uploads/sites/28/2019/07/Relatório-de-Qualidade-do-Ar-2018.pdf>

3.1.2 Ozônio

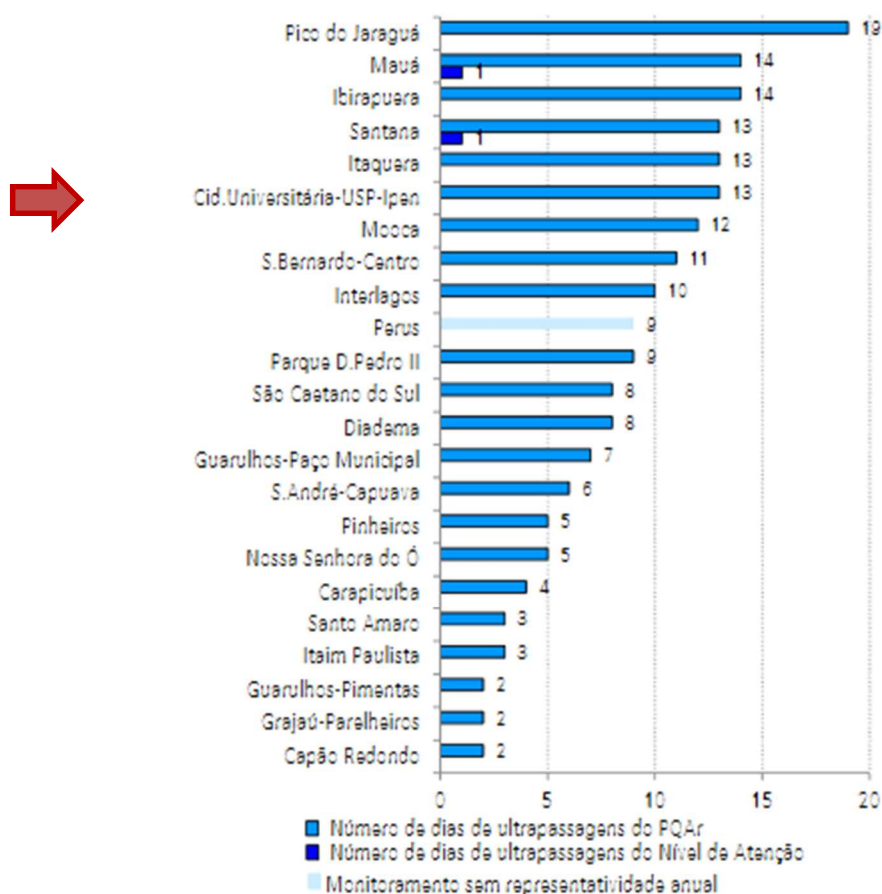
Na Figura 6 é apresentado o **Gráfico 36** do Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo-CETESB-2018, onde pode ser observada a classificação do número de dias em que o PQAr estadual (140 µg/m³ – 8h) foi ultrapassado nas estações da RMSP, no ano de 2018. Na

Título	Código	Rev.
Relatório de avaliação do Programa de Monitoramento e Controle de Emissões Atmosféricas do ipen, RA-PMEA - ano base 2019-2020	-	00

estação Cid.Universitária-USP-ipen verificou-se que o nível foi ultrapassado apenas 1 vez no ano de 2018. O Nível de Atenção ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3 - 8\text{h}$) não foi ultrapassado em nenhuma das estações.

Figura 6. O_3 – Classificação do número de dias com ultrapassagens do padrão de 8h – RMSP – Gráfico 36 do Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo-CETESB 2018.

Gráfico 36 – O_3 – Classificação do número de dias com ultrapassagens do padrão de 8h – RMSP – 2019



Fonte: CETESB (2020)

Fonte: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/wp-content/uploads/sites/28/2019/07/Relatório-de-Qualidade-do-Ar-2018.pdf>

3.2 Histórico do monitoramento Estação de Automática Cid. Universitária – ipen

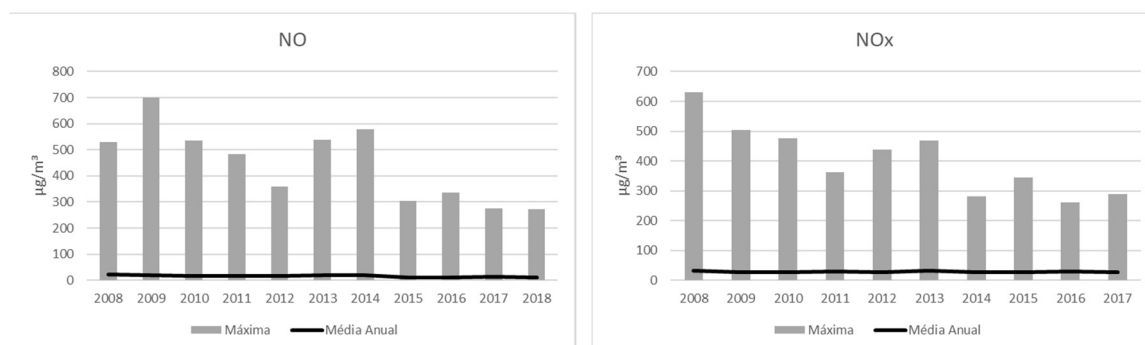
O histórico de monitoramento das concentrações, média e máximas, dos poluentes NO, NOx, NO₂, CO, O₃ e MP_{2,5} foram coletados dos últimos 10 relatórios de qualidade do ar no Estado

Título	Código	Rev.
Relatório de avaliação do Programa de Monitoramento e Controle de Emissões Atmosféricas do ipen, RA-PMEA - ano base 2019-2020	-	00

de São Paulo (2008–2018) publicados pela CETESB e comparados com os padrões de qualidade do ar estabelecidos pela Resolução do CONAMA 03 de 1990 e o Decreto Estadual de São Paulo nº 59.113 de 2013.

Na Figura 7 são apresentados os valores das máximas de monóxido de nitrogênio (NO) e de óxidos de nitrogênio (NOx). Por ser um elemento químico abundante na atmosfera, o nitrogênio (N) possui grande capacidade de realizar ligações químicas. Os NOx representam o somatório de NO + NO₂, por serem quimicamente reativos podem desempenhar um papel importante nos impactos ambientais como a formação de chuva ácida (HNO₃), smog fotoquímico e depleção na camada de ozônio. O NO é produzido, principalmente, em processos de combustão (CETESB, 2018; MMA,2020).

Figura 7: Média e máxima anual de NO e NOx de 2008 a 2018

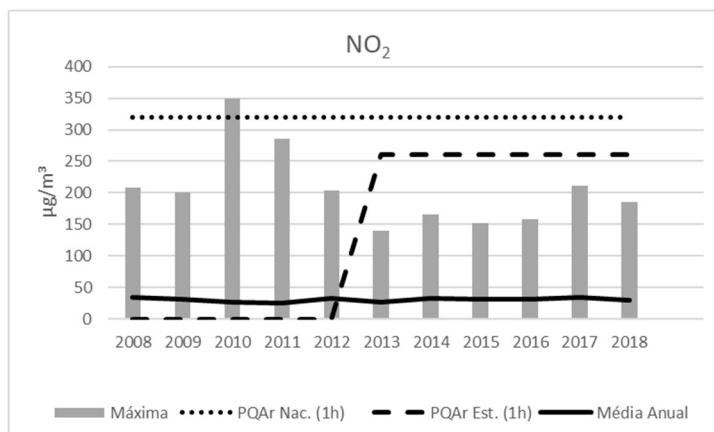


As máximas de NO variaram de 272 a 700 µg.m⁻³ e as de NOx 262 a 630 µg.m⁻³. Não existem padrões legais de qualidade do ar para os poluentes, porém são poluentes importantes no ciclo fotoquímico de formação do ozônio. É possível observar que máximas foram diminuindo no decorrer dos anos e as médias aritmética anual sempre se manteve estável nestes 10 anos (aprox. menor que 50 µg.m⁻³).

Na Figura 8 são apresentados os valores das máximas de dióxido de nitrogênio (NO₂) em cada ano. O NO₂ é um gás tóxico. O NO oxidado na atmosfera pelo O₂ forma o NO₂, e pode reagir formando ozônio juntamente com os compostos orgânicos voláteis (COV). Além de contribuir também ao aumento da chuva ácida (CETESB, 2018; Guimarães, 2016).

Figura 8: Valores da Média e máxima anual de NO₂ de 2008 a 2018

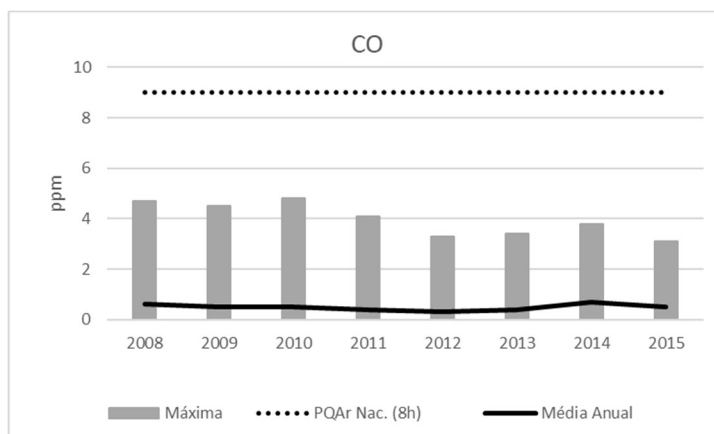
Título	Código	Rev.
Relatório de avaliação do Programa de Monitoramento e Controle de Emissões Atmosféricas do ipen, RA-PMEA - ano base 2019-2020	-	00



Os valores medidos das máximas variaram de 140 a 350 µg.m⁻³. Os valores observados ultrapassaram o limite por hora estabelecido pelo CONAMA 03 de 1990, que é de 320 µg.m⁻³, em 2010 e não houve ultrapassagem do limite do Decreto nº 59.113 (260 µg.m⁻³) em 2013. Após este ano houve um decréscimo nos valores anualmente.

Na Figura 9 são apresentados os valores máximos de monóxido de carbono (CO). O monóxido de carbono é um poluente primário, se forma a partir da queima incompleta de combustíveis fósseis ou por meio de compostos orgânicos em virtude da atividade humana, ou ainda, por fenômenos naturais tais como atividades vulcânicas (Guimarães, 2016). Sua principal fonte de emissão são os veículos automotores (CETESB, 2018).

Figura 9: Média e máxima anual de CO de 2008 a 2018



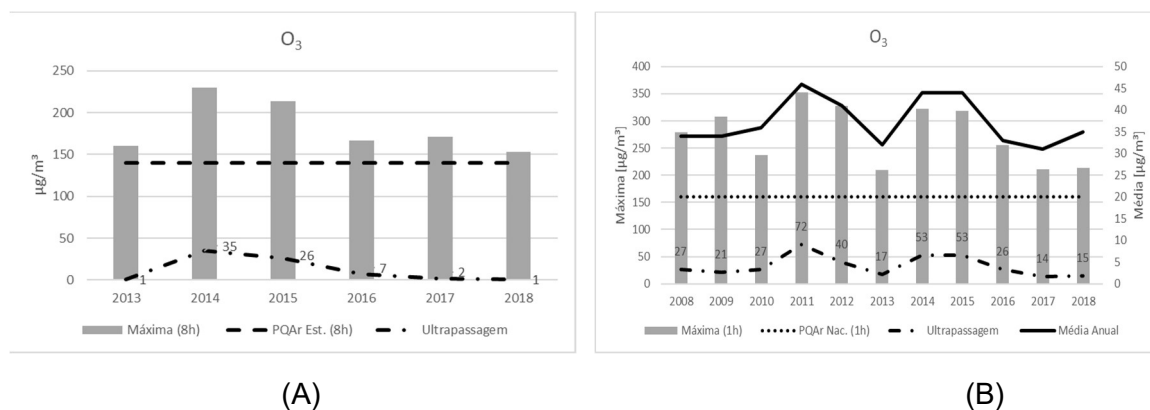
Os valores das concentrações máximas variaram de 3,1 a 4,8 ppm e não houve ultrapassagem no limite estabelecido pelo CONAMA 03 de 1990. O monitoramento foi desativado em 31/12/2015. Os veículos leves são as principais fontes de emissão de monóxido de carbono e hidrocarbonetos, sendo os automóveis a gasolina os maiores emissores de CO responsáveis por 34% da emissão, apesar do aumento da frota nas últimas décadas, observou-se uma queda acentuada, principalmente devido ao atendimento aos

Título	Código	Rev.
Relatório de avaliação do Programa de Monitoramento e Controle de Emissões Atmosféricas do ipen, RA-PMEA - ano base 2019-2020	-	00

limites cada vez mais rígidos do PROCONVE e do PROMOT, associada à renovação da frota com automóveis flex (CETESB, 2018).

Na Figura 10 são apresentadas as concentrações máximas de ozônio (O_3) em relação ao Padrão Nacional e Estadual de Qualidade do Ar. O ozônio é um poluente formado na atmosfera, ou seja, poluente secundário produzido fotoquimicamente dos óxidos de nitrogênio e compostos orgânicos voláteis, na presença de radiação solar (MMA,2020; Guimarães, 2016). O ozônio é encontrado naturalmente na estratosfera (camada situada entre 15 e 50 km de altitude), onde tem a função positiva de absorver radiação solar, impedindo que grande parte dos raios ultravioletas cheguem à superfície terrestre (MMA,2020).

Figura 10: Média e máxima anual de O_3 de 2008 a 2018

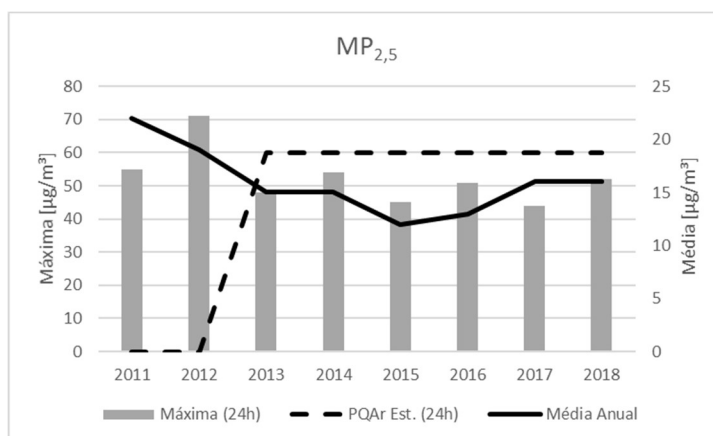


No caso apresentado na Figura 10(A) os valores de concentração de O_3 são comparados com os valores considerados como padrão estadual com tempo de amostragem de 8 horas, e o limite permissível é de $140 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. As máximas variaram de 153 a $250 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. No ano de 2018 esse valor foi ultrapassado em apenas um (1) dia, sem atingir o Nível de Atenção estadual ($200 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). Podemos observar que no decorrer dos anos o número de ultrapassagem foram diminuindo. No caso (B) são comparados com o padrão nacional com tempo de amostragem de 1 hora, e o limite permissível é de $160 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, as máximas variaram de 210 a $353 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ e no último ano (2018) o limite foi ultrapassado em 15 dias. A incidência de ozônio está também relacionada as condições meteorológicas, porque as reações fotoquímicas dependem da radiação de luz solar, temperatura do ar, baixa precipitação, dentre outros fatores.

Na Figura 11 são apresentadas as máximas das partículas inaláveis finas (MP2,5). As MP2,5 são partículas de material sólido ou líquido suspensas no ar, na forma de poeira, neblina, aerossol, fumaça, fuligem, dentre outros, que podem permanecer no ar e percorrer longas distâncias e possuem um tamanho $\leq 2,5$ micras (MMA, 2020).

Título	Código	Rev.
Relatório de avaliação do Programa de Monitoramento e Controle de Emissões Atmosféricas do ipen, RA-PMEA - ano base 2019-2020	-	00

Figura 11: Média e máxima anual de MP_{2,5} de 2008 a 2018



As máximas variaram de 44 a 71 µg.m⁻³. No ano de 2012 onde apresentou a maior máxima de todos os anos que houve monitoramento não havia um padrão legal. Em 2013, foi sancionado o Decreto nº 59.113, e desde então não houve ultrapassagem no padrão estadual (60 µg.m⁻³).

3.3 Resultados do Inventário e diagnóstico das fontes de emissão no ipen.

O inventário das fontes emissoras de poluentes atmosféricos foi executado em 2 etapas. A primeira consistiu na busca de informações de processo e atividades instaladas no campus. De posse desses dados, a segunda etapa caracterizou-se pela realização dos cálculos da emissão de poluentes convencionais para cada fonte significativa detectada em cada unidade inventariada, utilizando-se desse inventário foram calculados os fatores de emissão recomendados pela USEPA.

O inventário realizado teve como ano-base 2019, sendo os dados coletados e atualizados em agosto de 2020. As áreas inventariadas no ipen compreendem todos os laboratórios dos 10 Centros de Pesquisa e Desenvolvimento, além da Coordenação de Segurança (COSEG) e Divisão de Infraestrutura (DINFR). Os Centros de Ensino e Informação e o Centro de Engenharia Nuclear (CEENS, CEENG) não produzem emissões atmosféricas em seus processos. Esse inventário foi realizado com auxílio dos representantes ambientais de cada área de pesquisa do ipen, bem como pelo gerente responsável. Na Tabela 3 são apresentadas, com base no organograma institucional, as atividades realizadas em cada unidade geradora (centros de pesquisas). Além dos processos abordados na Tabela 3, os

Título	Código	Rev.
Relatório de avaliação do Programa de Monitoramento e Controle de Emissões Atmosféricas do ipen, RA-PMEA - ano base 2019-2020	-	00

moto-geradores, em um total de 17 unidades, serão tratados em um item separado devido a normas específicas e estão em fase de adequação.

Tabela 3. Inventário por centros e processos produtivos, visando à identificação das fontes fixas de emissão atmosférica no ipen.

Unidades Geradoras (Centros)	Descrição dos Principais Processos Produtivos						
	Materiais			Processo Químico	Nuclear	Farmacêutica e Biológica	Petroquímica e biomassa
	Metálicos	Cerâmicos	Poliméricos				
CEBIO (CB)				X		X	
CECCO (CCCH)							X
CECTM (CCTM)	X	X	X				
CECON (CCN)		X		X	X		
CELAP (CLA)				X			
SEGMR (CMR)				X	X		
CEQMA (CQMA)			X	X	X		X
CECRF (CR)				X	X	X	
CERPQ (CRPq)					X		
CETER (CTR)			X	X	X		
SEGRR (GRR)							X

CEBIO (CB): Centro de Biotecnologia; SECCO (CCCH): Centro de Células a Combustível e Hidrogênio; CECTM (CCTM): Centro de Ciência e Tecnologia de Materiais; CECON (CCN): Centro do Combustível Nuclear; CELAP (CLA): Centro de Lasers e Aplicações; SEGMR (CMR): Centro de Metrologia das radiações; CEQMA (CQMA): Centro de Química e Meio Ambiente; CR: Centro de Radiofarmácia; CECRP (CRPq): Centro do Reator de Pesquisas; CETER (CTR): Centro de Tecnologia das Radiações e SEGRR (GRR): Gerência de Rejeitos Radioativos.

Considerando as atividades desenvolvidas habitualmente e atualmente no ipen, a inspeção realizada em suas instalações e documentação pertinente, as fontes tipo pontual e classificadas como fixas significativas ou pouco significativas de emissão existentes por centro são capelas de exaustão de gases, coifas e exaustores.

O levantamento de dados para a elaboração do inventário seguiu a Decisão de Diretoria nº 010/2010/P, sendo identificados por: Laboratório de cada Centro de Pesquisa gerador; descrição sucinta do processo produtivo sob ponto de vista de geração de poluentes atmosféricos, identificando se a atividade gera/libera estes poluentes atmosféricos; identificação das fontes fixas (capelas e coifas); identificação dos produtos químicos utilizados (HNO₃, HCl, H₂SO₄, H₃PO₄, HF, H₃ClO₄, NH₃/NH₄OH e outros) e respectivo consumo (litros.mês⁻¹), com vistas à geração de poluentes atmosféricos (SO_x, NO_x, CO/CO₂, VOC/VOCS, MP-10); identificação da existência de sistema de remoção e/ou controle de

Título	Código	Rev.
Relatório de avaliação do Programa de Monitoramento e Controle de Emissões Atmosféricas do ipen , RA-PMEA - ano base 2019-2020	-	00

poluentes de emissões atmosféricas (filtros, lavadores, monitoramento), conforme modelo de planilha apresentado na Tabela 4.

Tabela 4. Modelo do levantamento das informações das fontes fixas de poluição.

Identificação Fontes Fixas	FREQÜÊNCIA DE USO: Identificação de produtos utilizados e respectivo consumo	Identificação dos poluentes atmosféricos			Identificação de sistema de remoção e/ou controle de poluentes
		SO _x	NO _x	CO / CO ₂	
Laboratório Descrição e Característica Identificação de Fontes Fixas Quantidade de Capelas	Ácidos (l.mês ⁻¹) Alcalis (l.mês ⁻¹) Orgânicos (l.mês ⁻¹)	Sub. Inorgânicas VOC / VOCS	MP-10	Sistema de Remoção	Sistema de Monitoramento Local
(Capelas/ Exaustores/ Coifas) Dimensões HxLxP (m ³) Velocidade do ar (m.s ⁻¹) Vazão do Ar (m ³ .h ⁻¹)	HNO ₃ HCl H ₂ SO ₄ H ₃ PO ₄ HF H ₃ ClO ₄ Outros NH ₃ / NH ₄ OH				

Fonte: Adaptado da Decisão de Diretoria nº 010/2010/P

Os dados fornecidos pelos centros de pesquisas foram inseridos em um banco de dados e organizados, utilizando um sistema de planilha Excel, a fim de calcular a taxa de emissão de cada poluente.

Na Tabela 5 é apresentado um resumo da identificação dos produtos utilizados e seus respectivos consumos levantado no inventário das fontes fixas no **ipen**.

Observa-se que os ácidos são os produtos de maior consumo nos processos de produção das unidades geradoras de emissão atmosféricas do **ipen**. Utiliza-se uma elevada gama de compostos químicos orgânicos, porém a quantidade é pequena em relação aos ácidos. Levando em consideração que o **ipen** é um instituto de pesquisas e desenvolvimento, os centros com maior capacidade produtivas possuem sistemas de controle ou remoção de poluentes.

Título	Código	Rev.
Relatório de avaliação do Programa de Monitoramento e Controle de Emissões Atmosféricas do ipen, RA-PMEA - ano base 2019-2020	-	00

Cabe ressaltar que os efluentes gerados são gerenciados atendendo as legislações pertinentes e o programa de gerenciamento de resíduos perigosos.

Tabela 5. Resumo referente à Identificação das Fontes Fixas e Inventário de Emissão Atmosférica no Campus do ipen, período 2018/2019.

Identificação Unidade		CEBIO	CECCO	CECON (**)	CECTM	CELAP	CEQMA (*)(**)	CR (**)	CETER	SEGMR	SEGRR (*)	
Identificação de produtos utilizados e respectivo consumo	Ácidos (L)	HNO ₃	<0,1	1,0	12,3	2,4	5,4	6,96	0,02	1,1	19,0	0,7
		HCl	1,0	1,0	-	2,0	4,9	3,96	0,05	0,3	11,0	0,6
		H ₂ SO ₄	-	1,0	-	1,3	1,5	2,16	-	<0,1	9,5	<0,1
		H ₃ PO ₄	1,9	-	-	0,3	<0,1	-	-	<0,1	-	-
		HF	-	-	3,00	0,6	0,1	0,2	-	0,5	2,0	0,1
		H ₃ ClO ₄	-	-	-	-	<0,1	0,1	-	-	-	<0,1
		CH ₃ COOH	-	-	-	0,2	-	-	<0,1	-	-	-
	Alcalis (L)	NH ₃	-	-	3 kg	-	0,2	1,3	-	-	-	-
		NaOH	-	-	20,0	10,4 kg	-	14,0	-	-	-	0,5
		NH ₄ OH	<0,1	1,0	-	0,7	-	0,6	<0,1	<0,1	-	0,1
	Orgânicos (L)	Metanol	<0,1	-	10,0	-	0,1	5,0	<0,1	-	-	-
		Fenol	<0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Etanol	-	-	-	2,8	-	3,0	<0,1	<0,1	-	0,1
		Acetona	-	-	-	2,3	0,1	7,0	0,55	<0,1	-	-
		TBP	-	-	2,0	-	-	-	-	-	-	-
		Tricloroetileno	-	-	-	0,5	-	-	-	-	-	-
		Acetato de Etila	-	-	-	-	-	0,5	<0,1	-	-	-
		Querosene	-	-	1,0	-	-	-	-	-	-	-
		Clorofórmio	-	-	-	-	-	-	<0,1	-	-	-
		Éter Etílico	-	-	10,0	-	-	-	<0,1	-	-	-
		Butanol	-	-	-	-	-	-	<0,1	<0,1	-	-
		Hexano	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
		Diclorometano	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
Estireno	-	-	-	-	-	3	-	<0,1	-	-		
Tolueno	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-		

Sistemas de controle aplicado em determinadas capelas: (*) Lavador de gases; (**) Filtros HEPA/Filtros carvão ativado
HNO₃ - Ácido Nítrico; HCl - Ácido Clorídrico; H₂SO₄ - Ácido Sulfúrico; H₃PO₄ - Ácido fosfórico; HF - Ácido Fluorídrico;
H₃ClO₄ - Ácido Perclórico; CH₃COOH - Ácido Acético; NH₃ - Amônia; NaOH - Hidróxido de Sódio; NH₄OH - Hidróxido de amônio; CH₃OH - Metanol; C₆H₆O - Fenol; C₃H₆O - Acetona; C₁₂H₂₇O₄P - Tributílfosfato (TBP); C₄H₈O - Tetraidrofurano (THF); C₂HCl₃ - Tricloroetileno; C₄H₈O₂ - Acetato de Etila; CHCl₃ - Triclorometano (clorofórmio); C₄H₁₀O - Etoxietano (éter etílico); C₄H₁₀O - Butanol; C₆H₁₄ - Hexano; CH₂Cl₂ - Diclorometano; C₂H₃N - Acetonitrila; C₈H₈ - Estireno; C₂H₆O - Etanol; C₇H₈ - Tolueno.

Título	Código	Rev.
Relatório de avaliação do Programa de Monitoramento e Controle de Emissões Atmosféricas do ipen, RA-PMEA - ano base 2019-2020	-	00

Quanto aos equipamentos de controle da poluição (ECP) o ipen possui sistemas de remoção e/ou controle de poluentes de emissões atmosféricas como lavadores de gases e filtros, instalados em áreas específicas, onde envolve a manipulação materiais radioativos e/ou pós ou processos envolvendo grande volume de emissões, são eles:

- SEGRR: possui medidas preventivas e de controle para impedir a geração dos poluentes atmosféricos quando se trata de manipulação de material nuclear e rejeitos radioativos, sendo: 02 sistemas de remoção de filtros HEPA para particulado e um sistema misto de filtros de HEPA e carvão ativado, sendo que todas possuem um sistema de monitoramento com detector portátil de radiação;
- CECRF: Sistemas com filtros HEPA semelhantes e detectores de radiação estão disponíveis e operacionais;
- CEQMA - Laboratório de Tecnologias Alternativas de Refino: possui 4 sistemas de lavadores específicos e filtros metálicos ligados ao processo, sendo sistema de absorção de gás para H₂S - modelo LG 95-300-TUSV; Sistema de filtros metálicos com água ligados ao processo e controle de processo- com verificação de pH da solução do sistema de absorção;
- CETER - Laboratório de Produção de Fontes para Radioterapia: possui uma capela de exaustão na qual está ligado um sistema HEPA filtro com carvão ativo, sistema esse monitorado por detecção;
- CECON: possui instalado em seus processos 4 coifas com sistema de lavador de gases tipo Venturi e um sistema com filtro secundário, sendo realizado controle semestral por análise química de nitrato, pH, fluoreto, estanho e urânio.

3.4 Estimativa de Emissões.

As abordagens para a elaboração do cálculo de emissões foram realizadas por:

- Mensuração direta: levantamento da atividade, relação quantitativa, dos reagentes utilizados nas fontes fixas por meio do inventário de emissões atmosféricas.
- Propriedades físico-químicas: levantamento das características físico-químicas do produto utilizado. – Ex: densidade
- Estimativa de emissões: estimativa da taxa de emissão calculada a partir do fator de emissão apropriado.

Vale ressaltar que os dados coletados foram extrapolados ou superestimados, assumindo que todo o reagente utilizado fosse convertido em emissão gasosa. Os laboratórios do ipen se destinam basicamente P&D nas áreas nuclear, farmacêutica, materiais, química e meio

Título	Código	Rev.
Relatório de avaliação do Programa de Monitoramento e Controle de Emissões Atmosféricas do ipen , RA-PMEA - ano base 2019-2020	-	00

ambiente, portanto a sua atividade, quantidade de um determinado produto referente a um dado período, não equivale à 8h por dia nos 5 dias da semana.

Adotou-se a equação simplificada descrita na AP-42 (EPA,1995). A equação utilizada é a combinação das informações sobre as atividades, levantamento dos reagentes utilizados nas fontes fixas, com os fatores de emissão, que relaciona a quantidade de poluentes emitidos por atividades. Como resultado, tem-se a taxa de emissão que relaciona a quantidade de emissão de determinado poluente por tempo (Taxa de Emissão = Taxa de Atividade x Fator de emissão).

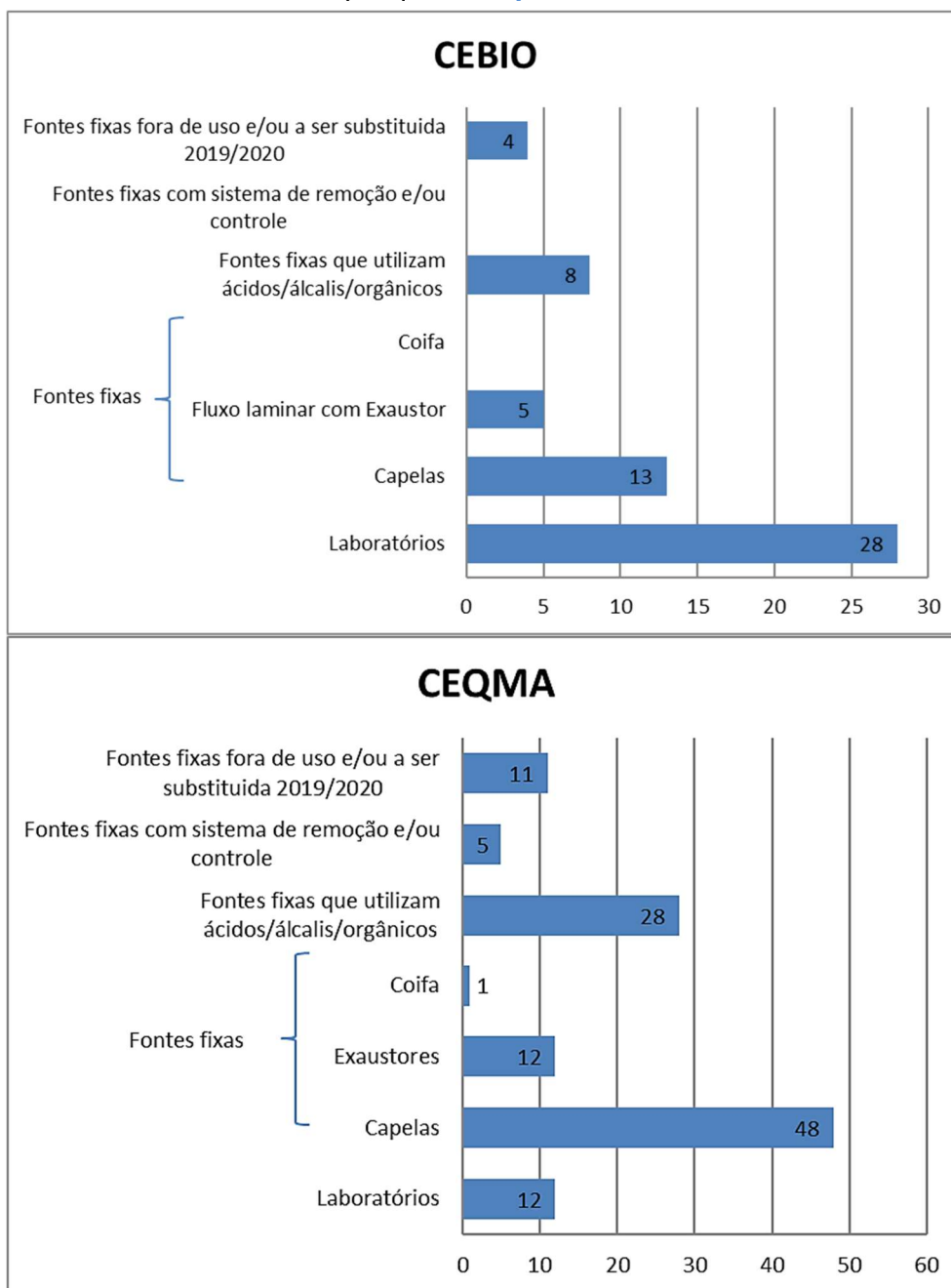
Os cálculos para as estimativas de emissões atmosféricas (taxa de emissão) de NO_x, SO_x, Cl⁻ e F⁻ foram demonstrados segundo Santos *et al* (2016) e Santos (2017). A descrição dos cálculos foi apresentada no relatório anterior referente à 2017.

Nos processos analíticos e químicos realizados em laboratórios somente uma pequena porcentagem desses ácidos é emitida para atmosfera, podendo considerar menor que 10%. A maior parte destes compostos é gerada na forma de efluentes líquidos, descartados seguindo o programa de gestão de resíduos químicos e tóxicos da Instituição. Dessa forma, os fatores de emissão foram harmonizados levando em consideração estas informações para o cálculo final e sua comparação com a legislação.

Por meio de inventário, foi feito um levantamento do número de laboratórios em cada centro de pesquisa e determinadas as fontes fixas, sendo elas: capelas, exaustores ou coifas. Verificou-se o número de fontes fixas que utilizam ácidos/álcalis/orgânicos, que possuem sistema de remoção e/ou controle e se estão fora de uso e/ou a ser substituída 2019/2020.

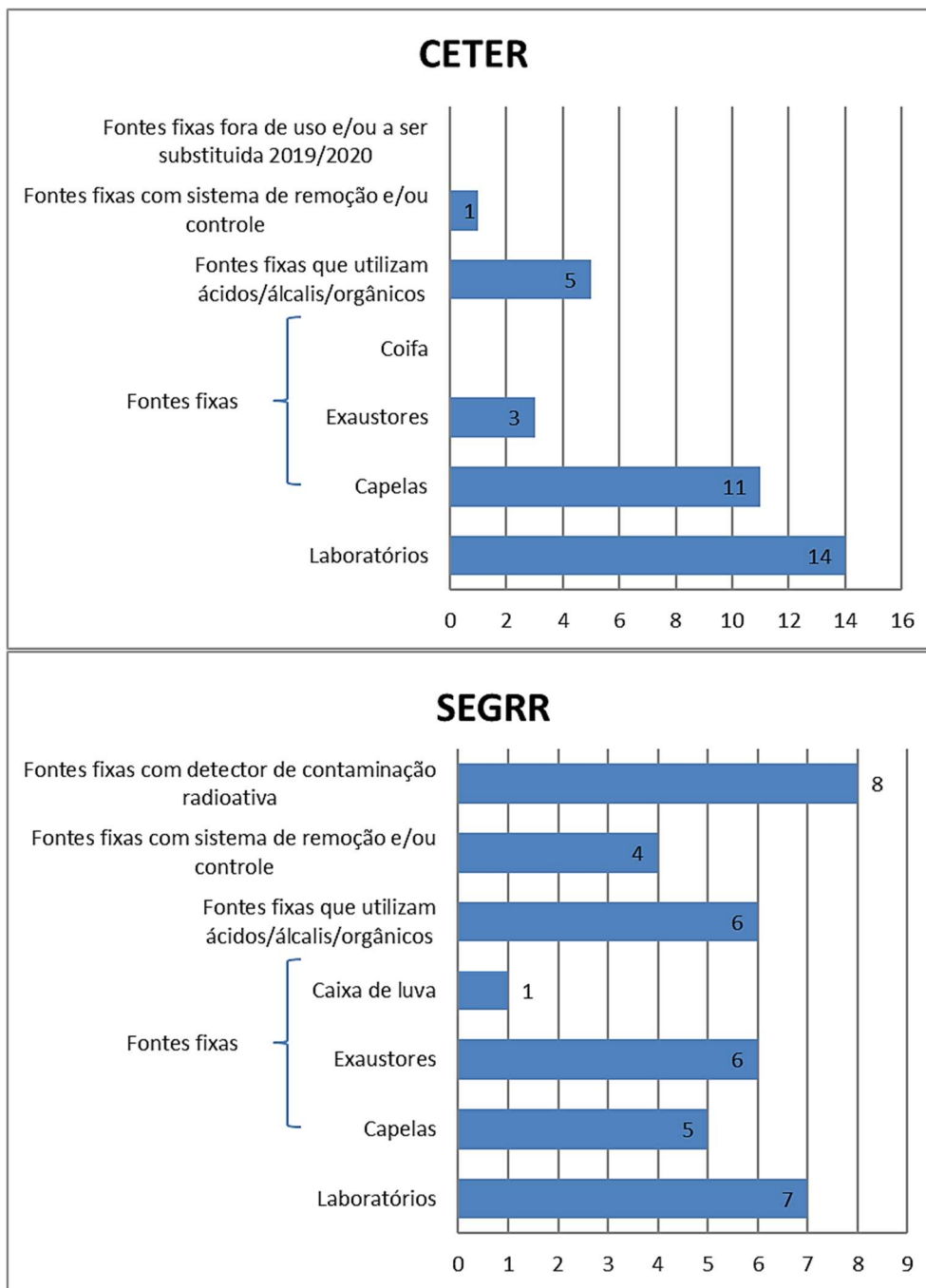
Na Figura 12 é apresentado o inventário dos centros de pesquisa do [ipen](#), elaborados de acordo com os dados da Tabela 4, onde podem ser observados os resultados. O CEENS e CEENG e a Gerência GRP não produzem emissão gasosas em seu processo produtivo, e o centro CERPQ participa do Programa de Monitoração Radiológica Ambiental – PMRA.

Figura 12: Inventário dos centros de pesquisa do ipen



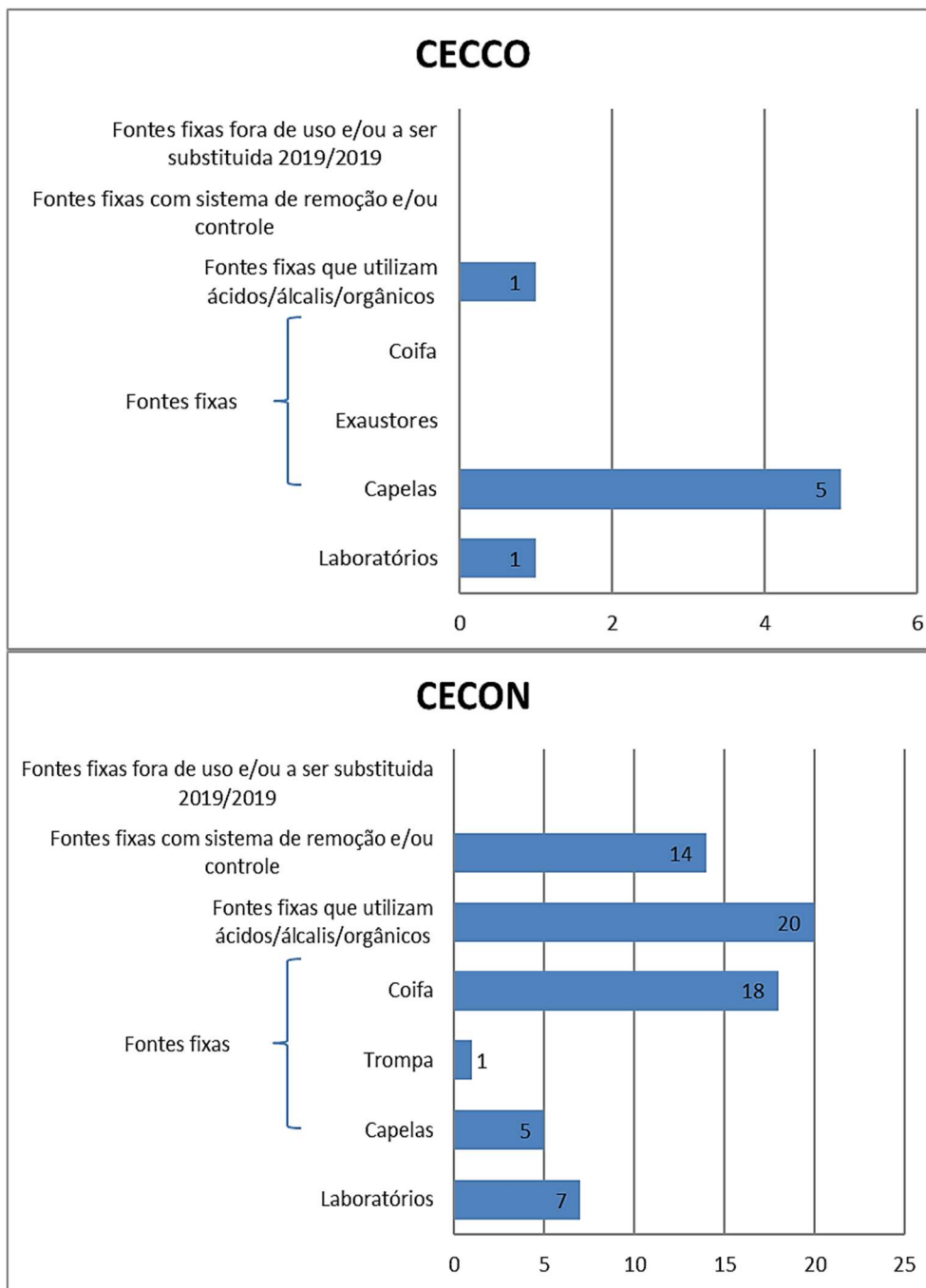
Título	Código	Rev.
Relatório de avaliação do Programa de Monitoramento e Controle de Emissões Atmosféricas do ipen, RA-PMEA - ano base 2019-2020	-	00

... continuação: Figura 12.



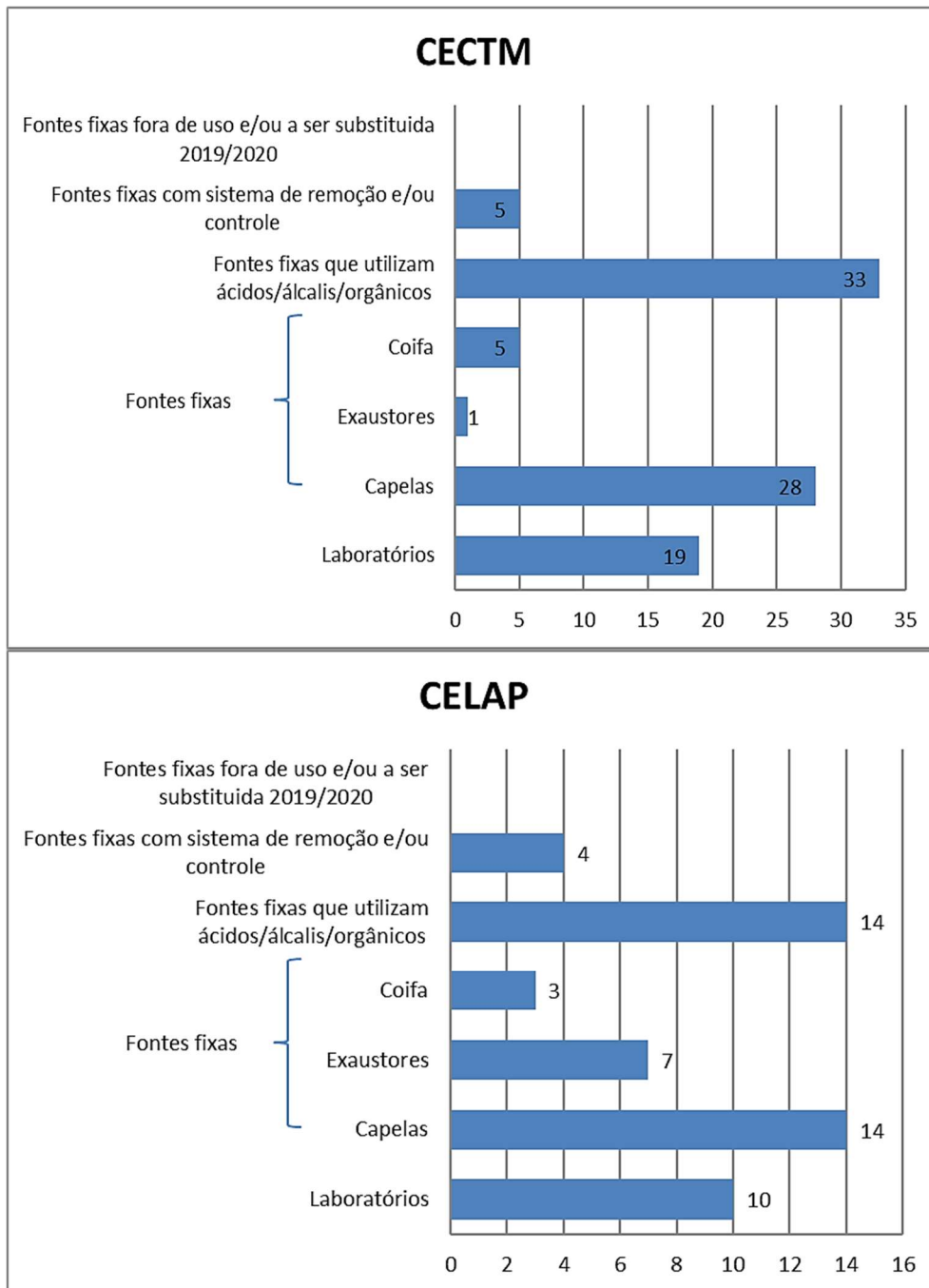
Título	Código	Rev.
Relatório de avaliação do Programa de Monitoramento e Controle de Emissões Atmosféricas do ipen, RA-PMEA - ano base 2019-2020	-	00

... continuação: Figura 12.



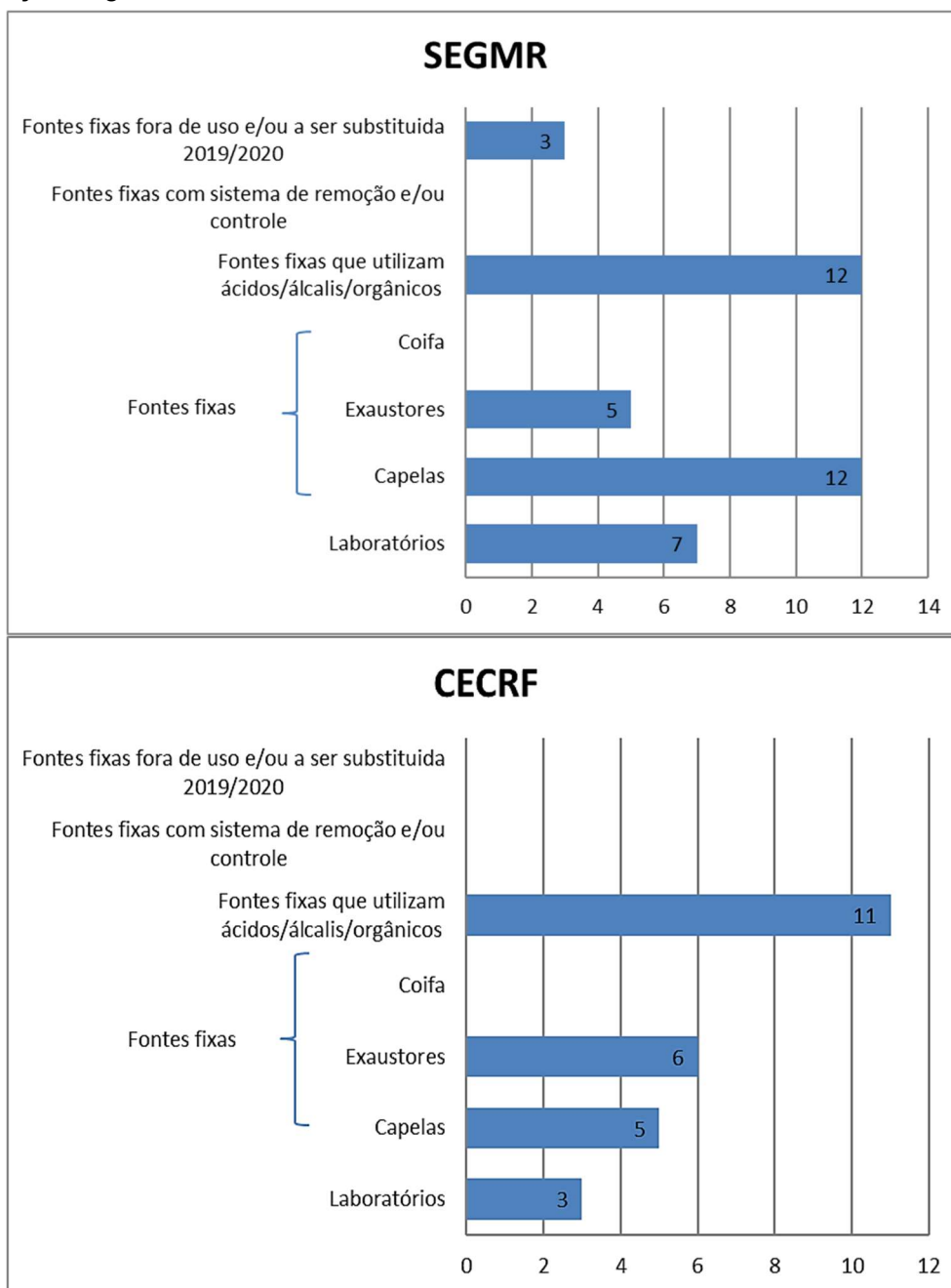
Título	Código	Rev.
Relatório de avaliação do Programa de Monitoramento e Controle de Emissões Atmosféricas do ipen, RA-PMEA - ano base 2019-2020	-	00

... continuação: Figura 12.



Título	Código	Rev.
Relatório de avaliação do Programa de Monitoramento e Controle de Emissões Atmosféricas do ipen, RA-PMEA - ano base 2019-2020	-	00

... continuação: Figura 12.



3.4.1 Comparação dos valores com Normas e Padrões Estabelecidos

No Brasil, a Resolução CONAMA 03/90 regulamentou os padrões de qualidade do ar para os seguintes parâmetros: partículas totais em suspensão, fumaças, partículas inócuas, dióxido

Título	Código	Rev.
Relatório de avaliação do Programa de Monitoramento e Controle de Emissões Atmosféricas do ipen, RA-PMEA - ano base 2019-2020	-	00

de enxofre, monóxido de carbono, ozônio e dióxido de nitrogênio. A resolução CONAMA 436/2011 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. O Decreto Estadual n 59113/2013 estabelece novos padrões de qualidade do ar. A NBR nº 11175/1990 fixa as condições exigíveis de desempenho do equipamento para incineração de resíduos sólidos perigosos.

Na Tabela 6 é apresentado o resumo dos padrões e legislações vigentes em nível nacional e estadual. Após a realização dos cálculos, as fontes inventariadas foram comparadas às normas e aos padrões estabelecidos.

Tabela 6. Resumo dos padrões de emissão quanto a legislações vigentes

Legislação Ambiental	Padrão de emissão de Poluentes						
	SO _x		NO _x		Cl-	F-	
	24h 1*	A ***	1h 1**	A ***			
CONAMA nº 03/1990	365 µg m ⁻³	80 µg m ⁻³	320 µg m ⁻³	100 µg m ⁻³	-	-	
Decreto Estadual nº 59113/2013	MI1	60 µg m ⁻³	40 µg m ⁻³	260 µg m ⁻³	60 µg m ⁻³	-	-
	MI2	40 µg m ⁻³	30 µg m ⁻³	240 µg m ⁻³	50 µg m ⁻³	-	-
	MI3	30 µg m ⁻³	20 µg m ⁻³	220 µg m ⁻³	45 µg m ⁻³	-	-
	PF	20 µg m ⁻³	-	200 µg m ⁻³	40 µg m ⁻³	-	-
Origem por Processo							
CONAMA nº 436/2011	Produção de Fertilizantes	-	-	-	-	0,03 kg t ⁻¹	
	Produção de HNO ₃	-	-	1,6 kg t ⁻¹	-	-	
	Produção de H ₂ SO ₄	2,0 kg t ⁻¹	-	-	-	-	
	Produção de H ₃ PO ₄	-	-	-	-	0,04 kg t ⁻¹	
NBR nº 11175/1990	280 mg Nm ⁻³ ****		560 mg Nm ⁻³ ****		1,8 kg h ⁻¹	5 mg Nm ⁻³	

1* Não deve ser excedido mais que uma vez ao ano.
* Concentração Média de 24 horas consecutivas
** Concentração Média de 1 hora consecutiva
*** Concentração Média aritmética anual

- Padrões Nacionais de Qualidade do Ar
- Padrões Estaduais de Qualidade do Ar
- Limites Máximos de Emissão de Poluentes Atmosféricos
- Padrões de Desempenho de Incineração de Resíduos Perigosos

Legenda: MI1 Meta Intermediária Etapa 1;
MI2 Meta Intermediária Etapa 1;
MI3 Meta Intermediária Etapa 1;
PF Padrões Finais.

Na Tabela 7, os valores médios determinados relativos à concentração de poluentes atmosféricos das fontes fixas pertencentes ao CEQMA foram comparados com a legislação

Título	Código	Rev.
Relatório de avaliação do Programa de Monitoramento e Controle de Emissões Atmosféricas do ipen, RA-PMEA - ano base 2019-2020	-	00

ambiental federal e estadual, levando em consideração 100% e 10% de emissão em relação ao consumo dos laboratórios.

Os padrões primários de qualidade do ar (Resolução CONAMA nº 03 de 28/06/90) apresentam as concentrações de poluentes que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população. Podem ser entendidos como níveis máximos toleráveis de concentração de poluentes atmosféricos, constituindo-se em metas de curto e médio prazo.

Os Padrões Finais (PF) são padrões determinados para que a saúde da população seja preservada ao máximo em relação aos danos causados pela poluição atmosférica, estabelecidos pelos padrões de qualidade do ar para o Estado de São Paulo, tendo por base as diretrizes estabelecidas pela OMS (Decreto Estadual Nº 59.113, de 23/04/2013) apresentam as concentrações mais restritivas.

Tabela 7. Valores médios determinados para o CEQMA, relativos à concentração de poluentes atmosféricos das fontes fixas e comparação com a legislação ambiental federal e estadual, considerando 100% e 10% de emissão em relação ao consumo total de ácido utilizado dos laboratórios evaporado para a atmosférica.

Poluente ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	SOx	NOx
	24h ^{1*}	1h ^{1**}
Origem		
CEQMA	a) Considerando 100% de emissão	
	7,0	0,9
	b) Considerando 10% de emissão	
	0,7	0,09
CONAMA Nº 03/1990 ²	365	320
Decreto Estadual Nº 59113/2013 ³	20	200

¹ Não deve ser excedido mais que uma vez ao ano.

* Concentração Média de 24 horas consecutivas.

** Concentração Média de 1 hora.

² Padrões primários de qualidade do ar.

³ Padrões Finais (PF).

Cabe salientar que para realizar a estimativa do cálculo da concentração média de 24 horas consecutivas foi levado em consideração como unidade de tempo 8 horas por dia e 22 dias por mês, totalizando 176 horas por mês de operação.

Título	Código	Rev.
Relatório de avaliação do Programa de Monitoramento e Controle de Emissões Atmosféricas do ipen, RA-PMEA - ano base 2019-2020	-	00

A Tabela 8 apresenta um resumo das fontes de emissão atmosféricas (capelas químicas de exaustão); total médio de ácidos consumidos na unidade (ácido nítrico, clorídrico, sulfúrico e fluorídrico) por mês, e respectivos fatores de emissão calculados para todos os centros de pesquisa do ipen.

Tabela 8. Resumo das fontes de emissão atmosféricas do ipen

CENTRO QUÍMICA E MEIO AMBIENTE	Ácidos				
	HNO ₃	HCl	H ₂ SO ₄	H ₃ PO ₄	HF
Consumo [L.mês ⁻¹]	6,96	3,96	2,165	0	0,2
Fontes Fixas que utilizam ácidos	16				
Vazão Média [m ³ .h ⁻¹]	1000				
Densidade [g.cm ³] [kg.L ⁻¹]	1,39	1,19	1,84	1,71	1,16
Atividade [kg.mês ⁻¹]	9,67	4,71	3,98	0,00	0,23
POLUENTES	N _{ox}	Cl ⁻	S _{ox}	PO ⁻	F ⁻
FE [lb de poluente.ton de ácido utilizado ⁻¹]	57	1,8	70	-	25
FE [kg de poluente.kg de ácido utilizado ⁻¹]	0,03	0,001	0,03		0,01
Taxa de Emissão [kg de poluente.mês ⁻¹]	0,3	0,004	0,1		0,00
Taxa de Emissão [ug de poluente.h ⁻¹]	1563	5	173		4
Conc da emissão por hora [ug de poluente.m ⁻³]	1,6	0,01	0,2		0,00
Conc da emissão por 24 hora [ug de poluente.m ⁻³]	0,04	0,0001	0,004	0,000	
Conc da emissão por fonte fixa [ug de poluente.m-3]	2,34E-03	7,91E-06	2,60E-04	5,41E-06	

CENTRO DE BIOTECNOLOGIA	Ácidos				
	HNO ₃	HCl	H ₂ SO ₄	H ₃ PO ₄	HF
Consumo [L.mês ⁻¹]	0.05	1.8	0	2.2	0
Fontes Fixas que utilizam ácidos	4				
Vazão Média [m ³ .h ⁻¹]	1000				
Densidade [g.cm ³] [kg.L ⁻¹]	1.39	1.19	1.84	1.71	1.16
Atividade [kg.mês ⁻¹]	0.07	2.14	0.00	3.76	0.00
POLUENTES	N _{ox}	Cl ⁻	S _{ox}	PO ⁻	F ⁻
FE [lb de poluente.ton de ácido utilizado ⁻¹]	57	1.8	-	-	-
FE [kg de poluente.kg de ácido utilizado ⁻¹]	0.03	0.001			
Taxa de Emissão [kg de poluente.mês ⁻¹]	0.002	0.002			
Taxa de Emissão [ug de poluente.h ⁻¹]	11	2			
Conc da emissão por hora [ug de poluente.m ⁻³]	0.01	0.002			
Conc da emissão por 24 hora [ug de poluente.m ⁻³]	0.0003	0.00006			
Conc da emissão por fonte fixa [ug de poluente.m-3]	6.74E-05	1.44E-05			

Título	Código	Rev.
Relatório de avaliação do Programa de Monitoramento e Controle de Emissões Atmosféricas do ipen, RA-PMEA - ano base 2019-2020	-	00

... continuação: Tabela 8.

CENTRO DE LASERS E APLICAÇÕES	Ácidos				
	HNO ₃	HCl	H ₂ SO ₄	H ₃ PO ₄	HF
Consumo [L.mês ⁻¹]	5,42	4,9	1,52	0,02	0,12
Fontes Fixas que utilizam ácidos	14				
Vazão Média [m ³ .h ⁻¹]	1000				
Densidade [g.cm ³] [kg.L ⁻¹]	1,39	1,19	1,84	1,71	1,16
Atividade [kg.mês ⁻¹]	7,53	5,83	2,80	0,03	0,14
POLUENTES	N _{ox}	Cl ⁻	S _{ox}	PO ⁻	F ⁻
FE [lb de poluente.ton de ácido utilizado ⁻¹]	57	1,8	70	-	25
FE [kg de poluente.kg de ácido utilizado ⁻¹]	0,03	0,001	0,03		0,01
Taxa de Emissão [kg de poluente.mês ⁻¹]	0,2	0,005	0,1		0,002
Taxa de Emissão [ug de poluente.h ⁻¹]	1217	7	122		2
Conc da emissão por hora [ug de poluente.m ⁻³]	1,2	0,01	0,1		0,002
Conc da emissão por 24 hora [ug de poluente.m ⁻³]	0,03	0,0002	0,003		0,0001
Conc da emissão por fonte fixa [ug de poluente.m ⁻³]	2,09E-03	1,12E-05	2,09E-04		3,71E-06

CENTRO DO COMBUSTÍVEL NUCLEAR	Ácidos				
	HNO ₃	HCl	H ₂ SO ₄	H ₃ PO ₄	HF
Consumo [L.mês ⁻¹]	12,3	0	0	0	3
Fontes Fixas que utilizam ácidos	6				
Vazão Média [m ³ .h ⁻¹]	1000				
Densidade [g.cm ³] [kg.L ⁻¹]	1,39	1,19	1,84	1,71	1,16
Atividade [kg.mês ⁻¹]	17,10	0,00	0,00	0,00	3,48
POLUENTES	N _{ox}	Cl ⁻	S _{ox}	PO ⁻	F ⁻
FE [lb de poluente.ton de ácido utilizado ⁻¹]	57	-	-	-	25
FE [kg de poluente.kg de ácido utilizado ⁻¹]	0,03				0,01
Taxa de Emissão [kg de poluente.mês ⁻¹]	0,4				0,04
Taxa de Emissão [ug de poluente.h ⁻¹]	2763				54
Conc da emissão por hora [ug de poluente.m ⁻³]	2,8				0,05
Conc da emissão por 24 hora [ug de poluente.m ⁻³]	0,07				0,001
Conc da emissão por fonte fixa [ug de poluente.m ⁻³]	1,11E-02				2,16E-04

Título	Código	Rev.
Relatório de avaliação do Programa de Monitoramento e Controle de Emissões Atmosféricas do ipen, RA-PMEA - ano base 2019-2020	-	00

... continuação: Tabela 8.

CENTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DOS MATERIAIS	Ácidos				
	HNO ₃	HCl	H ₂ SO ₄	H ₃ PO ₄	HF
Consumo [L.mês ⁻¹]	4,8	2	1,3	0,3	0,6
Fontes Fixas que utilizam ácidos	33				
Vazão Média [m ³ .h ⁻¹]	1000				
Densidade [g.cm ³] [kg.L ⁻¹]	1,39	1,19	1,84	1,71	1,16
Atividade [kg.mês ⁻¹]	6,67	2,38	2,39	0,51	0,70
POLUENTES	N _{ox}	Cl ⁻	S _{ox}	PO ⁻	F ⁻
FE [lb de poluente.ton de ácido utilizado ⁻¹]	57	1,8	70	-	25
FE [kg de poluente.kg de ácido utilizado ⁻¹]	0,03	0,001	0,03		0,01
Taxa de Emissão [kg de poluente.mês ⁻¹]	0,2	0,002	0,1		0,01
Taxa de Emissão [ug de poluente.h ⁻¹]	1078	3	104		11
Conc da emissão por hora [ug de poluente.m ⁻³]	1,1	0,003	0,1		0,01
Conc da emissão por 24 hora [ug de poluente.m ⁻³]	0,03	0,0001	0,002		0,0003
Conc da emissão por fonte fixa [ug de poluente.m ⁻³]	0,0008	1,94E-06	7,57E-05		7,86E-06

CENTRO DE CÉLULAS A COMBUSTÍVEL E HIDROGÊNIO	Ácidos				
	HNO ₃	HCl	H ₂ SO ₄	H ₃ PO ₄	HF
Consumo [L.mês ⁻¹]	1	1	1	0	0
Fontes Fixas que utilizam ácidos	1				
Vazão Média [m ³ .h ⁻¹]	1000				
Densidade [g.cm ³] [kg.L ⁻¹]	1,39	1,19	1,84	1,71	1,16
Atividade [kg.mês ⁻¹]	1,39	1,19	1,84	0,00	0,00
POLUENTES	N _{ox}	Cl ⁻	S _{ox}	PO ⁻	F ⁻
FE [lb de poluente.ton de ácido utilizado ⁻¹]	57	1,8	70	-	-
FE [kg de poluente.kg de ácido utilizado ⁻¹]	0,03	0,001	0,03		
Taxa de Emissão [kg de poluente.mês ⁻¹]	0,04	0,001	0,1		
Taxa de Emissão [ug de poluente.h ⁻¹]	225	1	80		
Conc da emissão por hora [ug de poluente.m ⁻³]	0,2	0,001	0,1		
Conc da emissão por 24 hora [ug de poluente.m ⁻³]	0,01	0,00003	0,002		
Conc da emissão por fonte fixa [ug de poluente.m ⁻³]	5,39E-03	3,19E-05	1,92E-03		

Título	Código	Rev.
Relatório de avaliação do Programa de Monitoramento e Controle de Emissões Atmosféricas do ipen, RA-PMEA - ano base 2019-2020	-	00

... continuação: Tabela 8.

CENTRO DE TECNOLOGIA DAS RADIAÇÕES	Ácidos				
	HNO ₃	HCl	H ₂ SO ₄	H ₃ PO ₄	HF
Consumo [L.mês ⁻¹]	1,05	0,25	0,05	0,05	0,5
Fontes Fixas que utilizam ácidos	3				
Vazão Média [m ³ .h ⁻¹]	1000				
Densidade [g.cm ³] [kg.L ⁻¹]	1,39	1,19	1,84	1,71	1,16
Atividade [kg.mês ⁻¹]	1,46	0,30	0,09	0,09	0,58
POLUENTES	N _{ox}	Cl ⁻	S _{ox}	PO ⁻	F ⁻
FE [lb de poluente.ton de ácido utilizado ⁻¹]	57	1,8	70	-	25
FE [kg de poluente.kg de ácido utilizado ⁻¹]	0,03	0,001	0,03		0,01
Taxa de Emissão [kg de poluente.mês ⁻¹]	0,04	0,0002	0,003		0,01
Taxa de Emissão [ug de poluente.h ⁻¹]	236	0,3	4		9
Conc da emissão por hora [ug de poluente.m ⁻³]	0,2	0,0003	0,004		0,01
Conc da emissão por 24 hora [ug de poluente.m ⁻³]	0,01	0,00001	0,0001		0,0002
Conc da emissão por fonte fixa [ug de poluente.m ⁻³]	1,89E-03	2,66E-06	3,20E-05		7,21E-05

CENTRO DE METROLOGIA DAS RADIAÇÕES	Ácidos				
	HNO ₃	HCl	H ₂ SO ₄	H ₃ PO ₄	HF
Consumo [L.mês ⁻¹]	3.5	1.5	2	0	0.5
Fontes Fixas que utilizam ácidos	12				
Vazão Média [m ³ .h ⁻¹]	1000				
Densidade [g.cm ³] [kg.L ⁻¹]	1.39	1.19	1.84	1.71	1.16
Atividade [kg.mês ⁻¹]	4.87	1.79	3.68	0.00	0.58
POLUENTES	N _{ox}	Cl ⁻	S _{ox}	PO ⁻	F ⁻
FE [lb de poluente.ton de ácido utilizado ⁻¹]	57	1.8	70	-	25
FE [kg de poluente.kg de ácido utilizado ⁻¹]	0.03	0.001	0.03		0.01
Taxa de Emissão [kg de poluente.mês ⁻¹]	0.1	0.001	0.1		0.01
Taxa de Emissão [ug de poluente.h ⁻¹]	786	2	160		9
Conc da emissão por hora [ug de poluente.m ⁻³]	0.8	0.00	0.2		0.01
Conc da emissão por 24 hora [ug de poluente.m ⁻³]	0.02	0.0000	0.00		0.000
Conc da emissão por fonte fixa [ug de poluente.m ⁻³]	1.57E-03	3.99E-06	3.20E-04		1.80E-05

Título	Código	Rev.
Relatório de avaliação do Programa de Monitoramento e Controle de Emissões Atmosféricas do ipen, RA-PMEA - ano base 2019-2020	-	00

... continuação: Tabela 8.

CENTRO DE RADIOFARMÁCIA	Ácidos				
	HNO ₃	HCl	H ₂ SO ₄	H ₃ PO ₄	HF
Consumo [L.mês ⁻¹]	0,02	0,05	0	0	0
Fontes Fixas que utilizam ácidos	7				
Vazão Média [m ³ .h ⁻¹]	1000				
Densidade [g.cm ³] [kg.L ⁻¹]	1,39	1,19	1,84	1,71	1,16
Atividade [kg.mês ⁻¹]	0,03	0,06	0,00	0,00	0,00
POLUENTES	N _{ox}	Cl ⁻	S _{ox}	PO ⁻	F ⁻
FE [lb de poluente.ton de ácido utilizado ⁻¹]	57	1,8	-	-	-
FE [kg de poluente.kg de ácido utilizado ⁻¹]	0,03	0,001			
Taxa de Emissão [kg de poluente.mês ⁻¹]	0,001	0,00005			
Taxa de Emissão [ug de poluente.h ⁻¹]	4	0,1			
Conc da emissão por hora [ug de poluente.m ⁻³]	0,004	0,0001			
Conc da emissão por 24 hora [ug de poluente.m ⁻³]	0,0001	0,000002			
Conc da emissão por fonte fixa [ug de poluente.m ⁻³]	1,54E-05	2,28E-07			

GERÊNCIA DE REJEITOS RADIOATIVOS	Ácidos				
	HNO ₃	HCl	H ₂ SO ₄	H ₃ PO ₄	HF
Consumo [L.mês ⁻¹]	0,67	0,57	0,03	0	0,08
Fontes Fixas que utilizam ácidos	6				
Vazão Média [m ³ .h ⁻¹]	1000				
Densidade [g.cm ³] [kg.L ⁻¹]	1,39	1,19	1,84	1,71	1,16
Atividade [kg.mês ⁻¹]	0,93	0,68	0,06	0,00	0,09
POLUENTES	N _{ox}	Cl ⁻	S _{ox}	PO ⁻	F ⁻
FE [lb de poluente.ton de ácido utilizado ⁻¹]	57	1,8	70	-	25
FE [kg de poluente.kg de ácido utilizado ⁻¹]	0,03	0,001	0,03		0,01
Taxa de Emissão [kg de poluente.mês ⁻¹]	0,02	0,001	0,002		0,001
Taxa de Emissão [ug de poluente.h ⁻¹]	150	1	2		1
Conc da emissão por hora [ug de poluente.m ⁻³]	0,2	0,001	0,002		0,00
Conc da emissão por 24 hora [ug de poluente.m ⁻³]	0,004	0,00002	0,0001		0,000
Conc da emissão por fonte fixa [ug de poluente.m ⁻³]	6,02E-04	3,03E-06	9,60E-06		5,77E-06

Para o cálculo concentração em uma hora/dia em µg m⁻¹ de poluente, a taxa de emissão (kg mês⁻¹ de poluente) foi dividida pela vazão média (m³ h⁻¹) das fontes de emissão, realizando as devidas correções de unidades e sendo considerado que as fontes de emissão se encontram em operação 1 hora por dia em 22 dias úteis por mês. Para o cálculo da concentração em um dia foi considerada uma vazão média de 1.000 m³ h⁻¹ e 8 horas por dia em 22 dias úteis por mês, tendo em vista que os processos produtivos do ipen são voltados para P&D e não industrial.

Título	Código	Rev.
Relatório de avaliação do Programa de Monitoramento e Controle de Emissões Atmosféricas do ipen, RA-PMEA - ano base 2019-2020	-	00

Na Tabela 9 é apresentado um resumo dos resultados contendo a taxa de emissão dos poluentes emitidos nos laboratórios por centros de pesquisa, em 2019/2020.

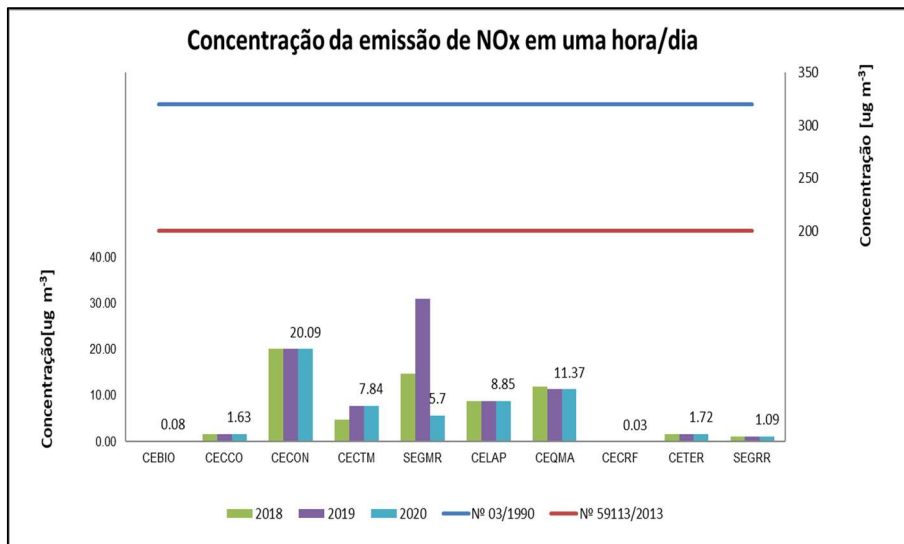
Tabela 9. Taxa de Emissão dos poluentes emitidos nos laboratórios dos centros de pesquisa do ipen.

IDENTIFICAÇÃO DO CENTRO	TAXA DE EMISSÃO MENSAL (kg kg ⁻¹ de ácido utilizado)			
	NO _x	Cl ⁻	SO _x	F ⁻
CEBIO	0.002	0.001	-	-
CECCO	0.04	0.001	0.06	-
CECON	0.4	-	-	0.04
CECTM	0.2	0.002	0.1	0.01
SEGMR	0.1	0.001	0.1	0.01
CELAP	0.2	0.005	0.1	0.002
CEQMA	0.3	0.004	0.1	0.003
CECRF	0.001	0.00005	-	-
CETER	0.04	0.0002	0.003	0.01
SEGRR	0.02	0.001	0.002	0.001

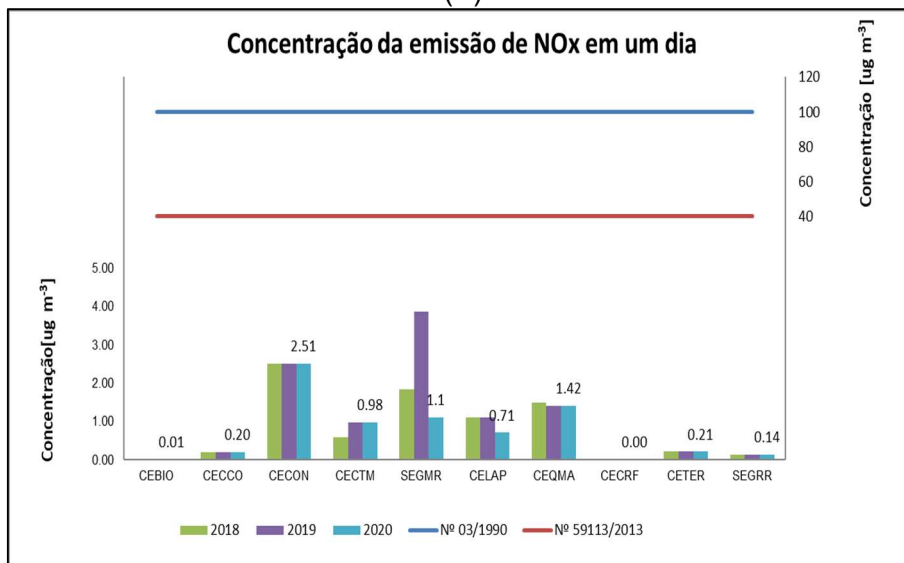
Nas Figuras 13 e 14 pode ser observado o monitoramento e a comparação das concentrações de NO_x e SO_x determinados por meio da taxa de emissão atmosféricas das fontes fixas pertencentes aos centros de pesquisa do ipen com as legislações no âmbito federal, CONAMA nº 03/1990 e estadual, Decreto 59.113/2013.

Título	Código	Rev.
Relatório de avaliação do Programa de Monitoramento e Controle de Emissões Atmosféricas do ipen, RA-PMEA - ano base 2019-2020	-	00

Figura 13. Valores médios de NOx: (A) Concentração da emissão em uma hora/dia; (B) Concentração da emissão em um dia.



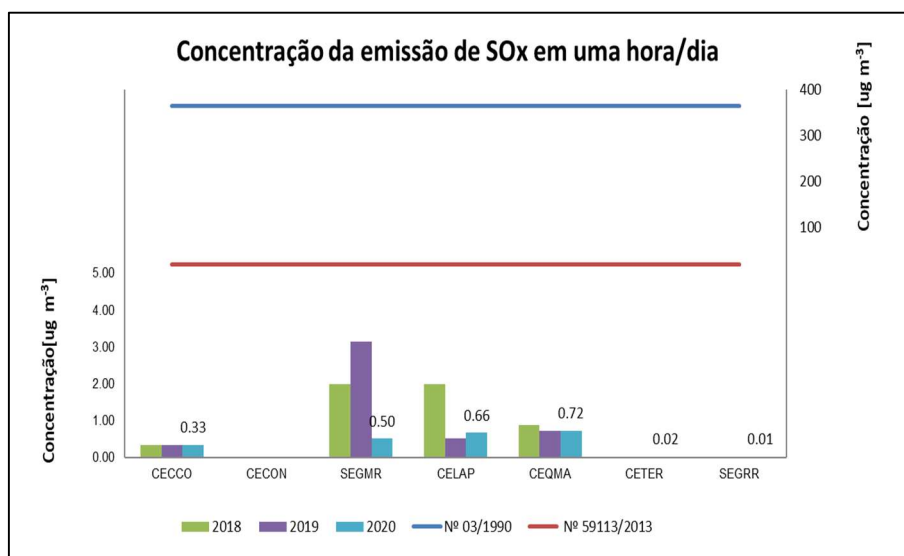
(A)



(B)

Título	Código	Rev.
Relatório de avaliação do Programa de Monitoramento e Controle de Emissões Atmosféricas do ipen, RA-PMEA - ano base 2019-2020	-	00

Figura 14. Valores médios de SOx: Concentração da emissão em um dia.



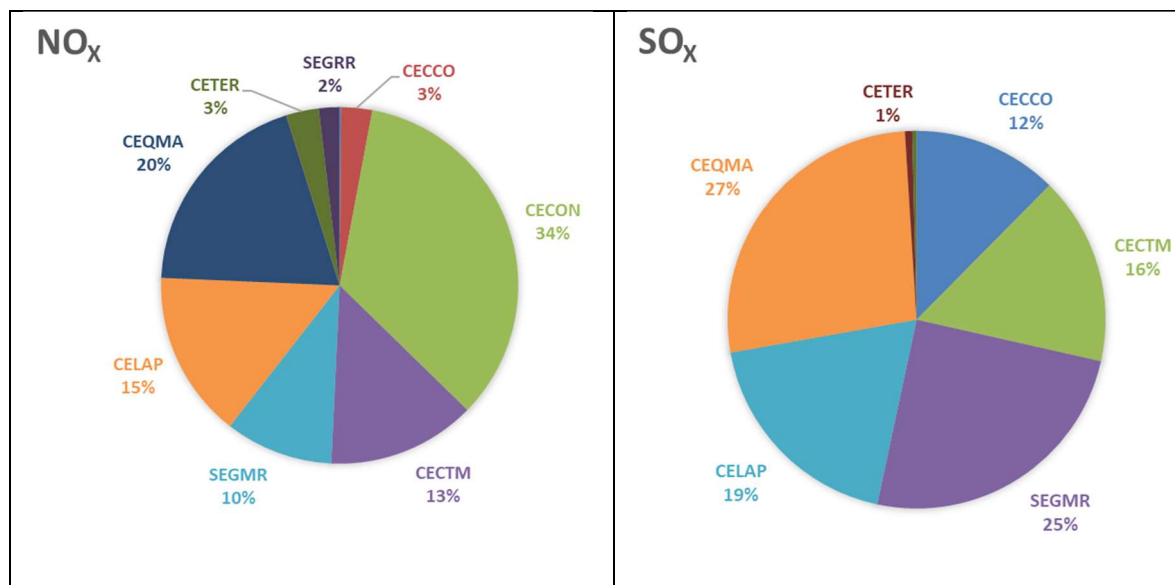
Conforme apresentado nas Figuras 09 e 10 é possível observar que mesmo com cálculos superestimados, nenhuma das unidades do ipen apresentou valores médios de NOx e SOx, referentes a emissão atmosféricas das fontes fixas, acima dos valores máximos das legislações, tanto no âmbito federal (CONAMA nº 03/1990) quanto estadual (Decreto 59.113/2013).

Ao avaliar os resultados, é importante considerar que a metodologia de cálculo de emissões atmosféricas apresentada neste relatório é baseada nos critérios da Agência de Proteção Ambiental – EPA descritos na “*Emissions Factors & AP 42, Compilation of Air Pollutant Emission Factors*”, a qual foi aplicada de acordo com as especificidades do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. Por meio dessa metodologia foi possível realizar um diagnóstico das emissões dos Centros de Pesquisa do ipen e a identificar os processos com emissões mais significativas.

A Figura 15 apresenta em porcentagem a significância dos centros de pesquisa em relação a contribuição dos poluentes NOx e SOx no ipen.

Título	Código	Rev.
Relatório de avaliação do Programa de Monitoramento e Controle de Emissões Atmosféricas do ipen, RA-PMEA - ano base 2019-2020	-	00

Figura 15: Análise de significância das fontes estacionárias



Por ordem crescente, significância das fontes de emissão do ipen de NO_x foram CECON (34%), CEQMA (20%), CELAP (15%), CECTM (13%), SEGMR (10%), CECCO, CETER e SEGRR (<5%), para o SO_x foram os centros CEQMA (27%), SEGMR (25%), CELAP (19%), CECTM (16%), CECCO (12%) e CETER (1%).

O CECON apresentou uma contribuição significativa na emissão de NO_x, porém este centro é voltado a produção de combustíveis e embora haja em seu processo produtivo atividades que possam emitir poluentes. As fontes fixas possuem sistema de controle e remoção de poluentes, além do controle e fiscalização de entidades federais, principalmente em relação a área nuclear e radioativa.

O CEQMA, CELAP, CECTM e SEGMR são centros de pesquisa e desenvolvimento, e suas atividades são voltadas a processos químicos, onde há o manuseio de reagentes químicos que podem produzir efluentes gasosos, portanto a contribuição foi moderada.

Os centros CECCO, CETER e SEGRR apresentaram uma contribuição pouco significativa, por serem centros de pesquisas que em seu processo há baixa atividade ou manipulação com reagentes químicos. As atividades do centro CEBIO não são significativas, pois não envolvem processos químicos, atuam na área biológica.

Título	Código	Rev.
Relatório de avaliação do Programa de Monitoramento e Controle de Emissões Atmosféricas do ipen , RA-PMEA - ano base 2019-2020	-	00

4 CONCLUSÕES

A avaliação dos resultados obtidos pelo Programa de Monitoramento e Controle de Emissões Atmosféricas Não Radiológicas do [ipen](#), forneceu informações em relação aos efluentes atmosféricos gerados com as quais foi possível concluir que as concentrações dos parâmetros indiretos monitorados estão dentro dos valores permitidos de lançamento de acordo com as legislações aplicáveis.

A liberação de efluente gasosos no campus do [ipen](#), no período a que se refere este relatório, atende às condições e padrões de lançamento vigente, **não impactando a qualidade do ar da RMSP.**

De acordo com os valores obtidos, as unidades do [ipen](#) que possuem atividades com maior geração de emissões atmosféricas possuem sistemas de controle como filtros e/ou lavadores de gases.

Cabe salientar que no período de março a setembro de 2020, devido a ações e protocolos estabelecidos pelo Governo e pela CNEN vinculados a pandemia (COVID-19) a maioria das atividades laboratoriais foram minimizadas ou paralizadas.

Título	Código	Rev.
Relatório de avaliação do Programa de Monitoramento e Controle de Emissões Atmosféricas do ipen, RA-PMEA - ano base 2019-2020	-	00

REFERÊNCIAS

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Classificação da Qualidade do Ar Decreto Estadual Nº 59.113/2013. Relação de Municípios e Dados de Monitoramento. 2013b.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Decisão De Diretoria nº 010/2010/P, de 12 de janeiro de 2010. Dispõe sobre o Monitoramento de Emissões de Fontes Fixas de Poluição do Ar no Estado de São Paulo – Termo de Referência para a Elaboração do Plano de Monitoramento de Emissões Atmosférica. São Paulo, 2010.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Inventário de emissões antrópicas de gases de efeito estufa diretos e indiretos do Estado de São Paulo, São Paulo, 2ª ed., 2011.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Inventário de Emissões das Fontes Estacionárias do Estado de São Paulo - Manual de Preenchimento. São Paulo, 2009.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Relatórios de qualidade do ar no Estado de São Paulo. Disponível em: <http://cetesb.sp.gov.br/ar/publicacoes-relatorios>

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Termo de referência para elaboração do plano de monitoramento de emissões atmosféricas. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/BC1C2A2A/PMEA.pdf>.

CONAMA - Resolução CONAMA Nº 003/1990 - "Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no PRONAR" - Data da legislação: 28/06/1990 - Publicação DOU, de 22/08/1990, págs. 15937-15939. Complementada pela Resolução nº 08, de 1990 e Revogada pela Resolução nº 491/2018. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=100>.

CONAMA - Resolução CONAMA Nº 382/2006 - "Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas" - Data da legislação: 26/12/2006 - Publicação DOU nº 1, de 02/01/2007, pág. 131. Complementada pela Resolução nº 436, de 2011. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=520>.

CONAMA (1986), Resolução CONAMA nº 001 de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. Disponível em: <http://www.mma.gov.br>.

CONAMA (1990), Resolução CONAMA nº 03 de 28 de junho de 1990. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no – PRONAR –. Disponível em: <http://www.mma.gov.br>.

CONAMA (1990), Resolução CONAMA nº 08 de 06 de dezembro de 1990. Dispõe sobre o estabelecimento de limites máximos de emissão de poluentes no ar para processos de combustão externa de fontes fixas de poluição. Disponível em: <http://www.mma.gov.br>.

Título	Código	Rev.
Relatório de avaliação do Programa de Monitoramento e Controle de Emissões Atmosféricas do ipen , RA-PMEA - ano base 2019-2020	-	00

CONAMA (1990), Resolução nº 05 de 15 de junho de 1989. Dispõe sobre o Programa Nacional da Poluição do Ar – PRONAR. Disponível em: <http://www.mma.gov.br>.

CONAMA (1997), Resolução CONAMA nº 237 de 19 de dezembro de 1997. Regulamenta os aspectos de licenciamento ambiental estabelecido na Política Nacional de Meio Ambiente. Disponível em: <http://www.mma.gov.br>.

CONAMA (2006), Resolução CONAMA nº 382, de 26 de dezembro de 2006. Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas. Disponível em: <http://www.mma.gov.br>.

DECRETO (1975), Decreto 1.413 de 14 de agosto de 1975. Dispõe sobre o controle da poluição do meio ambiente provocada por atividades industriais. Disponível em: <http://www.planlto.gov.br>.

DECRETO (2007), Decreto 52.469 de 12 de dezembro de 2007. Altera a redação de dispositivos do Regulamento aprovado pelo Decreto nº 8.468, de 8 de setembro de 1976, que dispõe sobre o controle da poluição do meio ambiente. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br>.

EEA - European Environment Agency. Atmospheric emission inventory guidebook. 3ª edição, outubro, 2002. Disponível em: <http://www.eea.europa.eu/>.

EEA - European Environment Agency. EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2013. Technical guidance to prepare national emission inventories. Nº 12, 2013. Disponível em: <http://www.eea.europa.eu>.

EPA - Environmental Protection Agency. Introduction AP-42, Compilation of Air Pollutant Emission Factors. Vol.1: Stationary Point and Area Sources. 5º ed., 1995.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/qualidade-do-ar.html>. Acesso em 15 jun 2020.

SANTOS, Camila F. R. T. T. Análise de Significância e Caracterização de Fontes Estacionárias Individualizadas visando o Monitoramento Atmosférico Não Radiológico no Campus [ipen](#)/CNEN-SP. 2017. Tese (Mestrado). Universidade de São Paulo, São Paulo.

SANTOS, C. F. R. T. T., SILVA, T. B. de S. C., COTRIM, M. E. B., PIRES, M. A. F. Fatores de Emissão Atmosférica e Análise de Significância Aplicada na Gestão da Qualidade do Ar no Campus do [ipen](#)/CNEN-SP. São Paulo, 2016. Disponível em: <<http://engemausp.submissao.com.br/18/anais/arquivos/480.pdf>>. Acesso em: 18 set 2019.