
UTE | PAMPA SUL S.A.

EIA
ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL

EMPREENDIMENTO:

USINA TERMELÉTRICA PAMPA SUL

LOCALIZAÇÃO:

MUNICÍPIOS DE CANDIOTA E HULHA NEGRA – RS

PROCESSO IBAMA 02001.007910/2006-32

VOLUME 9

SUMÁRIO

VOLUME 1

1	<u>APRESENTAÇÃO</u>	02
2	<u>IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR</u>	07
3	<u>IDENTIFICAÇÃO DA EMPRESA CONSULTORA E DA EQUIPE RESPONSÁVEL PELOS ESTUDOS AMBIENTAIS</u>	11
3.1	HAR ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE LTDA.....	11
3.2	CEPSRM - CENTRO ESTADUAL DE PESQUISAS EM SENSORIAMENTO REMOTO E METEOROLOGIA.....	21
3.3	ESTUDO DE ANÁLISE DE RISCO (EAR) – HERCO CONSULTORIA DE RISCO.....	21
3.4	EQUIPE RESPONSÁVEL PELA ELABORAÇÃO DESTE EIA/RIMA.....	23
3.5	ANOTAÇÕES DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA (ART) E CERTIFICADO DE REGULARIDADE FEDERAL (CTF).....	23
4	<u>CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO</u>	27
4.1	HISTÓRICO.....	27
4.2	OBJETIVOS DO EMPREENDIMENTO.....	34
4.3	JUSTIFICATIVAS DO EMPREENDIMENTO.....	36
4.4	DESCRIÇÃO DO EMPREENDIMENTO.....	72

VOLUME 2

5	<u>DIAGNÓSTICO AMBIENTAL E AVALIAÇÃO DE IMPACTOS NAS ÁREAS DE INFLUENCIA</u>	02
5.1	LEVANTAMENTO DE DADOS.....	06
5.2	DEFINIÇÃO DAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA.....	11
5.3	CARACTERIZAÇÃO DOS ASPECTOS DO MEIO FÍSICO.....	16

VOLUME 3

5.4	CARACTERIZAÇÃO DOS ASPECTOS DO MEIO BIÓTICO.....	01
-----	--	----

VOLUME 4

5.5	CARACTERIZAÇÃO DOS ASPECTOS DO MEIO SOCIOECONÔMICO.....	01
5.6	ANÁLISE INTEGRADA.....	120
6.	<u>MEDIDAS MITIGADORAS, PROGRAMAS DE MONITORAMENTO E COMPENSAÇÃO AMBIENTAL</u>	130
6.1	PROGRAMAS DE GESTÃO AMBIENTAL.....	131
6.2	PROGRAMAS DE CONTROLE E MONITORAMENTO	

	AMBIENTAIS.....	135
6.3	PROGRAMAS DE COMPENSAÇÃO.....	188
6.4	INDICAÇÃO DE APLICAÇÃO DOS PROGRAMAS DE CONTROLE E MONITORAMENTO AMBIENTAL EM RELAÇÃO AOS IMPACTOS AMBIENTAIS IDENTIFICADOS.....	203

VOLUMES 5A E 5B

7	<u>ANÁLISE DE RISCO E ACIDENTES</u>	01
7.1	INTRODUÇÃO.....	03
7.2	DESCRIÇÃO DO EMPREENDIMENTO E DA REGIÃO.....	03
7.3	SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS ENVOLVIDAS NA OPERAÇÃO.....	12
7.4	ANÁLISE HISTÓRICA DE ACIDENTES.....	12
7.5	IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS.....	19
7.6	CÁLCULO DAS CONSEQUÊNCIAS E VULNERABILIDADE.....	23
7.7	ESTIMATIVA DE FREQUÊNCIAS.....	38
7.8	AVALIAÇÃO DO RISCO INDIVIDUAL.....	45
7.9	AVALIAÇÃO DO RISCO SOCIAL.....	47
7.10	MEDIDAS MITIGADORAS DO RISCO (RECOMENDAÇÕES).....	47
7.11	CONCLUSÕES.....	48
7.12	DIRETRIZES PARA A ELABORAÇÃO DO PROGRAMA DE GERENCIAMENTO DE RISCOS (PGR) E DO PLANO DE EMERGÊNCIA (PAE).....	48
7.13	MAPEAMENTO DO RISCO AMBIENTAL (MARA).....	69
7.14	EQUIPE TÉCNICA.....	76

VOLUME 6

8	<u>PLANO DE DESCOMISSIONAMENTO</u>	02
8.1	OBJETIVOS.....	02
8.2	JUSTIFICATIVAS.....	02
8.3	METODOLOGIA.....	03
8.4	METAS.....	04
8.5	ESTRATÉGIA DE EXECUÇÃO.....	04
9	<u>CONCLUSÃO</u>	13
10	<u>DIRETRIZES PARA PARTICIPAÇÃO DE AUDIÊNCIAS PÚBLICAS</u>	17
11	BIBLIOGRAFIA.....	20
12	GLOSSÁRIO.....	49

VOLUMES 7A E 7B

13	<u>ANEXOS</u>	
----	---------------	--

VOLUME 8

CADERNO DE ILUSTRAÇÕES

VOLUME 9

ESTUDO DA DISPERSÃO ATMOSFÉRICA

SUMÁRIO

I	<u>INFORMAÇÕES GERAIS</u>	03
I.A	<u>INFORMAÇÕES PRELIMINARES DO EMPREENDIMENTO</u>	03
I.A.1	<u>Requerente</u>	03
I.A.2	<u>Responsáveis pela elaboração do estudo</u>	03
I.A.2.1	Parte – Dispersão atmosférica e clima.....	03
I.A.2.2	Parte técnica – Engenharia.....	04
I.A.2.3	Parte – Meio ambiente.....	04
I.A.3	<u>Identificação da instalação</u>	04
I.A.4	<u>Descrição introdutória da Unidade de Geração Termelétrica em Licenciamento e Poluentes Atmosféricos exaustados</u>	05
I.A.5	<u>Localização física da instalação – coordenadas geográficas (UTM)</u>	06
I.A.6	<u>Interligação com outros empreendimentos</u>	07
I.A.7	<u>Distanciamento de outras fontes fixas de poluição atmosférica de médio e grande porte, de núcleos habitacionais e áreas de lazer e de relevância e proteção ambiental</u>	07
I.B	<u>ÁREAS DE INFLUÊNCIA</u>	07
I.C	<u>UNIDADE DE GERAÇÃO TERMELETRICA</u>	07
I.C.1	<u>Arranjo geral</u>	07
I.C.1.1	Planta de produção.....	12
I.C.2	<u>Dados da planta de produção</u>	12
I.C.2.1	Combustíveis e insumos da combustão.....	14
I.C.2.1.1	<i>Poder calorífico dos combustíveis</i>	14
I.C.2.2	Combustão e produtos da combustão.....	14
I.C.2.2.1	<i>Estimativa do ar teoricamente necessário para a combustão</i>	15
I.C.2.2.2	<i>Estimativa da temperatura teórica de combustão</i>	16
I.C.2.2.3	<i>Emissões com Base no Balanço de Massa</i>	17
I.C.2.2.3.1	<i>Eficiência de Coleta e Controle das Emissões</i>	17
I.C.2.2.3.2	<i>Emissões Fugitivas</i>	21
I.C.2.2.4	<i>Emissões com bases em Documentos Técnicos</i>	22
I.C.2.2.4.1	<i>Emissões do Projeto Técnico</i>	22
I.C.2.2.4.2	<i>Emissões de Inventários</i>	22
I.C.2.3	Captação, Transporte e Controle de Poluentes.....	26
I.C.2.3.1	<i>Resistência Gasodinâmica da Via dos Gases</i>	26
I.C.2.3.2.1	<i>Cálculo do custo total anualizado</i>	27
I.C.2.3.2	<i>Eficiência de Coleta e Controle conforme Tecnologia</i>	27
I.C.2.3.3	<i>Ventiladores</i>	27
I.C.2.3.4	<i>Chaminé</i>	27
II.	<u>ESTUDO DE DISPERSÃO ANÁLISE DO CAMPO PRÓXIMO</u>	28
II.A	<u>PADRÕES DE QUALIDADE DO AR E DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS</u>	28
II.B	<u>DADOS METEOROLÓGICOS</u>	35
II.B.1	<u>Discussão dos Dados de Superfície</u>	35
II.B.2	<u>Discussão dos Dados da Camada Superior de Ar</u>	40
II.B.3	<u>Justificativa e conclusões acerca da representatividade dos dados obtidos</u>	43
II.C	<u>CONDIÇÕES AMBIENTAIS</u>	43

II.C.1	<u>Concentrações de Fundo (<i>background</i>)</u>	43
II.C.2	Fontes de Emissão Atmosféricas Existentes na Região e o Incremento de Novas Fontes.....	45
II.D	EMISSÕES ATMOSFÉRICAS.....	46
II.D.1	<u>Características das Emissões da Planta de Produção</u>	47
II.D.2	<u>Cenários de Operação para as Unidades Emissoras</u>	49
II.D.3	<u>Temperaturas Ambientes (se impactarem nas emissões)</u>	52
II.D.3.1	<u>Conversão NO_x/NO₂</u>	55
II.D.4	<u>Condições Operacionais</u>	56
II.E	PROCEDIMENTOS PARA A MODELAGEM.....	57
II.E.1	<u>Modelo Proposto AERMOD</u>	57
II.E.2	<u>Mapas utilizados</u>	59
II.E.3	<u>Cálculo dos Efeitos de “Quebra da Pluma”</u>	60
II.E.4	<u>Fontes e emissões a serem consideradas</u>	64
II.E.5	<u>Configurações utilizadas</u>	64
II.E.6	<u>Malha proposta para os receptores (no mínimo 20 km de raio)</u>	65

ANEXOS

ANEXO 01	POLUENTES MP,NO _x E SO ₂ –CENÁRIOS PARA 5 ANOS (2009-2010-2011-2012 e 2013) CARGA 100%
ANEXO 02	POLUENTES MP,NO _x E SO ₂ – PIOR CENÁRIO DE MODELAGEM ANO 2010 CARGA 60%
ANEXO 03	POLUENTES MP,NO _x E SO ₂ – CENÁRIOS CRÍTICOS - MENOR MAIOR TEMPERATURA - CARGA 100%
ANEXO 04	POLUENTES MP,NO _x E SO ₂ – CENÁRIOS VARIANDO CONFIGURAÇÃO DO TERRENO ANO DE 2010 - CARGA 100%
ANEXO 05	POLUENTES MP,NO _x E SO ₂ –CENÁRIOS DE MODELAGEM ANO 2010 CARGA 60%
ANEXO 06	MAPAS

ESTUDO DE DISPERSÃO ATMOSFÉRICA

I INFORMAÇÕES GERAIS

I.A INFORMAÇÕES PRELIMINARES DO EMPREENDIMENTO

Neste item constam as informações básicas do empreendimento.

I.A.1 Requerente

A empresa responsável pelo empreendimento em tela é a Usina Termelétrica Pampa Sul S.A., pertencente à TRACTEBEL ENERGIA S.A., com sede na cidade de Florianópolis, Estado de Santa Catarina. Seus dados e contato estão apresentados a seguir:

- Nome e Razão Social: Usina Termelétrica Pampa Sul S.A.
Pessoa para Contato: Engº Hugo Roger Stamm
Telefone: (048) 3221.7126'
Fax: (048) 3221.7073
E-mail: hugo@tractebelenergia.com.br
- Dados da Sede:
Rua Paschoal Apóstolo Pítsica, 5064
Florianópolis - CEP 88.025-255 Bairro Agrônômica
Telefone Geral: (48)3221.7072
Fax: (48) 3221 7204
Site: www.tractebelenergia.com.br
- Número dos Registros Legais:
CNPJ: 04.739.720/0001-24

I.A.2 Responsáveis pela elaboração do estudo

I.A.2.1 Dispersão atmosférica e clima

Razão Social:	Fundação de Apoio da Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Endereço:	Av. Bento Gonçalves, nº 9.500, Prédio 43.609, Campus do Vale da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Bairro Agronomia, CEP – 91.501-970, Porto Alegre, RS
Telefone/Fax:	051 3308 6965
CNPJ:	74.704.008/0001-75
Inscrição Estadual:	Isento
Inscrição Municipal:	305.177/001-0
Responsável Técnico:	Rita Alves
E-mail:	rita.cma@terra.com.br
Site:	http://www.faurgs.ufrgs.br

I.A.2.2 Engenharia

Razão Social: Leme Engenharia Ltda.
Endereço: Rua Guajajaras, 43 – Belo Horizonte (MG)- CEP 30180- 909
Telefone/Fax: 031 3249 7600
CNPJ: 33.633.561/0001-87
Inscrição Estadual: Isento
Inscrição Municipal: 305.177/001-0
Responsáveis Técnicos: Ivan Maestri
E-mail: ivan.maestri@leme.com.br
Site: www.leme.com.br

I.A.2.3 Meio ambiente

Razão Social: HAR ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE LTDA.
Endereço: Av. Alberto Bins, 789, conj.401/402. CEP 90.030-143 Porto Alegre – RS
Telefone/Fax: (51) 3221.9012
CNPJ: 93.004.026/0001-99
Inscrição Estadual: 096/2578908
Inscrição Municipal: 092.656.2.7
Responsáveis Técnicos: René de Matos Caraméz
E-mail: rene@har.com.br
Fernando Hartmann
E-mail: fernando@har.com.br
Site: www.har.com.br

I.A.3 Identificação da instalação

Empreendimento: Usina termelétrica a carvão mineral
Capacidade instalada: 680 MW (2 unidades de 340 MW)
Geração de energia a ser vendida em leilão A-5 de energia nova
Dados técnicos estimados:

- Caldeira:
 - Tipo: CFB (Leito fluidizado circulante)
 - Fabricante: a definir
 - Capacidade: 1.250 t vapor/hora.
- Turbina a vapor:
 - Tipo: condensação
 - Fabricante: a definir
 - *Heat rate* estimado: 2.300 kcal/kWh
- Gerador:
 - Potência aparente: 400.000 kVA
 - Fator de potência: 0,85
 - Potência ativa: 340.000 kW
 - Fabricante: a definir
 - Classe de isolamento: F
 - Rotação: 3.600 rpm.

Inicialmente será construída a primeira unidade. A previsão da entrada em operação da primeira unidade é 2019, considerando que está prevista a sua participação no leilão A-5 de energia nova a ser realizado em 2014 e na hipótese de que a sua energia seja vendida neste leilão (A-5 de 2014). Quanto à segunda unidade, considerada como expansão da primeira, ainda não tem data prevista para participar num futuro leilão de energia. Isso irá depender da estratégia da empresa e do governo relacionada a expansão da geração de energia gerada através de usinas termelétricas a carvão.

I.A.4 Descrição introdutória da Unidade de Geração Termelétrica em Licenciamento e Poluentes Atmosféricos exaustados

A UTE Pampa Sul (UTE) é um empreendimento privado a ser implantado no Estado do Rio Grande do Sul, na chamada “Metade Sul”, com o objetivo de produzir energia elétrica para o *grid* nacional. Prevê o uso de carvão mineral como combustível oriundo de uma jazida localizada junto a UTE, denominada Mina de Candiota.

A Companhia Riograndense de Mineração – CRM que opera a Mina de Candiota, a céu aberto, empresa de propriedade do Estado do Rio Grande do Sul, fornecerá o carvão para o abastecimento da termelétrica. Como a lavra de carvão situa-se nas proximidades do sítio da UTE, a mesma é caracterizada como usina do tipo “boca de mina”.

A UTE será implantada com a tecnologia de combustão em Leito Fluidizado Circulante (CFB). Embora apresente desafios de ordem técnica, o carvão da jazida de Candiota poderá ser utilizado, com dessulfurização dos gases de combustão (FGD), empregando-se como reagente o calcário. A utilização do calcário é atraente em termos de custo, servindo como solução para atender aos padrões exigidos pela legislação nacional, aliado aos depósitos de calcário dolomítico localizados dentro de raio acessível à Usina.

Para implantar a usina foi definida uma área a norte da mina de carvão, com acesso à rede de transmissão de energia elétrica e fonte de água, sendo o solo da área adequado para fundação.

A Usina necessita de água para operar. A mesma será empregada para a geração de vapor na caldeira e no sistema de resfriamento. Para a primeira unidade, foi estimada uma demanda de 0,62 m³/s. Para suprir esta demanda estão projetadas duas barragens a serem implantadas no rio Jaguarão e localizadas próximo da Usina. As referidas barragens denominadas de Jaguarão 1 (J1) e Jaguarão 2 (J2), irão atender as duas unidades e estão em processo de outorga junto ao órgão estadual competente (Departamento de Recursos Hídricos – DRH) a quem cabe a fiscalização do trecho em foco, tendo recebido a Reserva de Disponibilidade Hídrica para os dois reservatórios.

Os padrões de emissão utilizados como referência de atendimento ao projeto de cada unidade são:

- Óxidos de enxofre (SO_x): 400 mg/Nm³;
- Óxidos de nitrogênio (NO_x): 400 mg/Nm³;
- Particulados (MP): 50 mg/Nm³.

I.A.5 Localização física da instalação – coordenadas geográficas e UTM

A Usina Termoeétrica Pampa Sul estará localizada no Município de Candiota, Estado de Rio Grande do Sul.

Dados geográficos

- Altitude: 182 metros acima do nível do mar;
- Coordenadas UTM do site (ponto de referência - chaminé da usina) da usina (em UTM – desenho de referência PS2-DE-LM-00-CO1-001-OM.dwg)
 - Chaminé Unidade 1= E 236249; N 6517154;
 - Chaminé Unidade 2= E 236249; N 6517069.
- Coordenadas geográficas do site (ponto de referência - chaminé da usina) (desenho de referência PS2-DE-LM-00-CO1-001-OM.dwg)
 - Chaminé Unidade 1= Lat 31° 27' 01,1817" Long 53° 46' 31,4571";
 - Chaminé Unidade 2= Lat 31° 27' 03,9394" Long 53° 46' 31,5384".

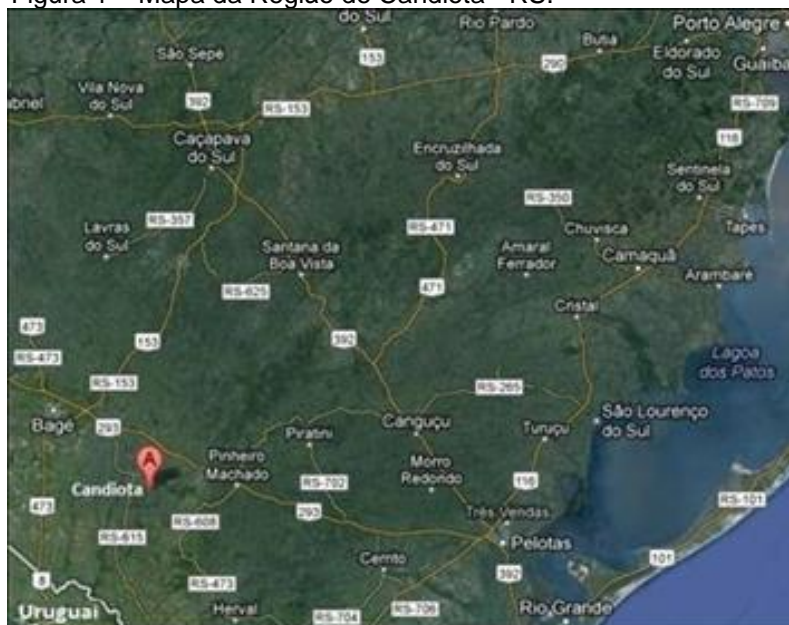
Distância entre Candiota aos principais centros nacionais e polos regionais:

- Porto Alegre, RS – 450 Km
- Bagé, RS – 80 Km
- Rio Grande, RS – 215 Km
- Pelotas, RS – 165 Km

Limites do Município de Candiota:

- Norte – Pinheiro Machado e Bagé;
- Leste – Pinheiro Machado e Pedras Altas;
- Sul – Hulha Negra, Pinheiro Machado;
- Oeste – Hulha Negra e Bagé.

Figura 1 – Mapa da Região de Candiota - RS.



Fonte: Software Google Earth.

I.A.6 Interligação com outros empreendimentos

Não existe interligação nem sinergia com outros empreendimentos similares. Maiores informações ver no item seguinte.

I.A.7 Distanciamento de outras fontes fixas de poluição atmosférica de médio e grande porte, de núcleos habitacionais e áreas de lazer e de relevância e proteção ambiental

O mapa com a localização da usina, a localização das minas de carvão, das vilas e cidades mais próximas, áreas de lazer e de proteção ambiental, com suas respectivas distâncias, encontra-se discriminado no desenho “Distância da Usina até outras fontes de poluição atmosférica, núcleos habitacionais e áreas de proteção ambiental”, número PR6061-DB-A00-LE001-Ilustração 4.28 anexo ao caderno de desenhos.

I.B ÁREAS DE INFLUÊNCIA

Recursos Atmosféricos (clima, qualidade do ar e ruído): AII e AID.

Tendo em vista o tipo de empreendimento, os recursos atmosféricos configuram-se como o fator ambiental de maior relevância.

A área de estudo para um empreendimento desse porte deve ser limitada pela extensão do seu impacto na qualidade do ar, o qual foi previamente levantado por modelos de dispersão de poluentes atmosféricos, o modelo aqui utilizado foi o AERMOD em sua versão 8.5.

Conforme outros estudos semelhantes ao presente verificou-se a necessidade de avaliar o impacto decorrente da operação da usina em distâncias que incluam significativa área, capaz de atender ao domínio total do impacto ambiental das concentrações dos poluentes material particulado (MP), dióxido de nitrogênio (NO₂) e dióxido de enxofre (SO₂), ao nível do solo.

Desta forma, limitou-se a referida área pelas coordenadas UTM 6.481.700 ao sul, coordenada 6.551.700 ao norte; coordenada 201.050 à oeste, e coordenada 273.102 à leste.

Assim, a área total 4900 km² correspondendo a um retângulo de aproximadamente 70 x 70 km.

O Anexo 6 deste volume apresenta as imagens de satélite solicitadas no TR.

I.C UNIDADE DE GERAÇÃO TERMELÉTRICA

Descrição do processo de geração

O projeto consiste de duas unidades geradoras, cada uma composta por uma caldeira tipo torre com tambor, circulação natural, tiragem balanceada e combustão em leito fluidizado circulante, uma turbina a vapor e um gerador elétrico. A potência nominal (bruta) da planta é 680 MW (2 x 340 MW), com uma potência disponível (líquida) de aproximadamente 600 MW (2x 300 MW) e eficiência total esperada das unidades a plena carga de 33,8 %. A proposição de duas máquinas de 340 MW deve-se a fatores a seguir descritos.

Em contato com os grandes fabricantes de caldeiras, verificou-se que a disponibilidade da tecnologia em leito fluidizado circulante (CFB) alcança a melhor

relação econômica investimento por capacidade instalada com unidades de 340 MW devido a economia de escala e capacidade de produção das fábricas.

As vantagens da combustão em leito fluidizado são resultantes, principalmente, da presença da fluidização do material inerte na fornalha. A principal característica do estado fluidizado (mistura intensiva das partículas) é a garantia de que em todo o espaço ocupado pelo leito fluidizado a combustão ocorre sob as mesmas condições favoráveis, a mesma temperatura e quantidade suficiente de oxigênio. A grande capacidade térmica do material do leito devido ao calor transferido do combustível para as partículas proporcionam uma ignição rápida e segura de diferentes combustíveis mesmo os de baixa reatividade. Em consequência, caldeiras CFB efetivamente podem queimar diferentes qualidades de carvão.

A possibilidade de utilização de diferentes combustíveis, como alternativa e/ou simultaneamente na mesma caldeira, está dentre as vantagens mais importantes das caldeiras CFB. A temperatura de queima é baixa, 800–900 °C, e muito abaixo da temperatura de sinterização das cinzas do carvão mineral. Outra vantagem é que o carvão pode ser queimado sem um custo elevado para sua preparação prévia.

O Mapa de Localização, a localização das Minas de Carvão e o Arranjo Geral da Usina estão representados nos desenhos/Ilustrações números PR6061-DB-C001-LE001-Ilustração 4.1, PR6061-DB-C05-LE001-Ilustração 4.2 e PR6061-DB-C00-LE002-Ilustração 4.3 anexos ao caderno de desenhos Volume 8.

Embora a combustão em leito fluidizado circulante seja adequada para queimar vários tipos de combustíveis o dimensionamento das caldeiras será otimizado para queimar carvão mineral como combustível principal. O carvão será extraído na Mina de Candiota, operada pela empresa Companhia Riograndense de Mineração (CRM) e/ou Mina Seivalzinho, da empresa Copelmi Mineração Ltda., as quais estão localizadas, em seus pontos mais próximos em 19,5 km e 19,1 km em relação à usina. A CRM tem sinalizado a possibilidade de abrir uma nova lavra dentro da sua área de concessão, em um ponto mais próximo do site da usina (3,5 km), o que facilitará o transporte do carvão via correias transportadoras para abastecer a demanda das unidades geradoras.

O combustível auxiliar, óleo diesel, também será empregado nas partidas a frio e/ou manutenção da combustão quando a usina estiver operando em baixa carga.

Caldeiras que operam com leito fluidizado são classificadas como *Clean Coal Technology* por reduzirem a emissão de poluentes e minimizarem os impactos ambientais causados pela queima do carvão.

As caldeiras em leito fluidizado admitem a injeção de reagentes na própria fornalha para redução das emissões de gás de óxidos de enxofre além de operarem em uma faixa de temperatura aquém da temperatura de formação de NOx. O calcário será utilizado como reagente na redução de óxidos de enxofre.

O calcário para ser utilizado como reagente deverá ter um elevado índice de pureza de CaCO₃ para o consumo direto nas fornalhas das caldeiras. Visando suprir o fornecimento de calcário, a Usina Termelétrica Pampa Sul S. A. está estudando a possibilidade de suprimento de calcário de fornecedores nacionais e até de importar calcário do Uruguai, mais precisamente da localidade Treinta y Tres. Isso irá depender da qualidade dos calcários nacionais.

A energia elétrica a ser gerada pelas duas unidades será utilizada no atendimento ao consumo interno da usina e na exportação para abastecimento de consumidores, em montantes máximos de 80 MW e 600 MW, respectivamente.

Contudo, conhecendo-se o histórico de despachos pelo ONS (Operador Nacional do Sistema Elétrico) de usinas térmicas, foi estimado um fator de carga médio anual de 0,7. Fator este utilizado no cálculo dos insumos médios das unidades.

A geração de energia elétrica no gerador será em 20 KV e dois transformadores elevadores trifásicos serão responsáveis pela elevação da tensão para 525 KV.

A inserção da energia gerada no Sistema Elétrico Interligado se dará com a interconexão da LT 525 KV na subestação de Candiota, em construção pela Eletrosul, distante 7 km da Usina Presidente Médici operada pela Companhia de Geração Térmica de Energia Elétrica (CGTEE), conforme configuração a ser determinada pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS).

Para cada unidade de 340 MW, os principais equipamentos da Usina estão listados a seguir:

- Uma caldeira torre, queimando carvão em leito fluidizado para produzir vapor a alta pressão;
- Uma turbina com três seções, respectivamente de alta, média e baixa pressão, e na qual o vapor produzido pela caldeira é expandido, fazendo girar o eixo do alternador;
- Um alternador e dois transformadores de elevação de tensão para ligação à rede elétrica;
- Um condensador de vapor localizado na parte inferior da turbina, resfriado com água em circuito semiaberto com uma torre de resfriamento;
- Um filtro de gases, tipo precipitador eletrostático, para retenção do pó (cinzas leves) que são arrastadas pelos gases de combustão;
- Um lavador de gases para captar o óxido de enxofre gerado na combustão do carvão mineral utilizando como reagente o calcário;
- Ventiladores de ar primário de fluidização e secundário para completar a combustão e ventiladores induzidos para proporcionar uma tiragem balanceada no sistema de gases;
- Uma chaminé com 200m de altura para dispersão dos gases depois de passar pelos filtros eletrostáticos e pelo equipamento de dessulfurização;
- Uma estação de bombeamento de água do rio Jaguarão (barragem Jaguarão II) para a reposição de água no sistema de tratamento;
- Um sistema de recebimento e manuseio do carvão, composto pelo pátio de estocagem, moegas e correias transportadoras e silos de estocagem;
- Um sistema de recebimento e manuseio do calcário, composto de um galpão de estocagem, moegas, moinhos e sistema de transporte para os silos de estocagem;
- Sistema de extração e resfriamento e silos de estocagem da cinza pesada;
- Sistema de arraste pneumático e silos de estocagem para manuseio de cinza leve;
- Sistema de tratamento de efluentes líquidos do processo;
- Sistemas auxiliares.

A UTE Pampa Sul fará parte do Sistema Interligado Nacional e sua operação será coordenada pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), de modo a atender as necessidades do Sistema Sul-Sudeste - Centro Oeste.

Dadas as suas características e flexibilidade, prevê-se um nível de operação médio de 60 a 70% da energia disponível, podendo funcionar a plena carga, a carga parcial e com partidas e paradas regulares para uma geração média de 7.200 horas/ano.

O Quadro 1 a seguir mostra uma estimativa da energia a ser gerada pelas unidades da UTE Pampa Sul.

Quadro 1 – Estimativa da energia a ser gerada mensal e anual para duas unidades em operação e diferentes cargas operacionais.

Cargas Operacionais (%)	Geração Mensal para 720 h de operação (MWh)	Geração Anual para 7.200 h de operação (MWh)
50	244.800	2.448.000
60	293.760	2.937.600
75	367.200	3.672.000
100	489.600	4.896.000

Os dados operacionais previstos para as unidades de geração são mencionados a seguir. Há que se distinguir, os valores instantâneos dos correspondentes ao regime de plena carga, e os valores quantitativos médios anuais, resultantes da operação média.

O fluxograma geral do ciclo térmico, com a indicação dos parâmetros termodinâmicos está representado no desenho número PR6061-FL-M40-LE001-Ilustração 4.7 constante no Volume 8. No Quadro 2 a seguir estão os parâmetros principais dos fluxos de vapor e respectivas temperaturas esperados para a caldeira.

Quadro 2 – Parâmetros dos principais fluxos das caldeiras.

Parâmetros (preliminares)	Unidades 01 e 02
Vazão do Vapor Superaquecido (kg/s)	277,80
Pressão do Vapor Superaquecido (bar)	175,50
Temperatura do Vapor Superaquecido (°C)	542,40
Vazão do Vapor Reaquecido Frio (kg/s)	249,61
Pressão do Vapor Reaquecido Frio (bar)	36,98
Temperatura do Vapor Reaquecido Frio (°C)	328,9
Vazão do Vapor Reaquecido Quente (kg/s)	249,61
Pressão do Vapor Reaquecido Quente (bar)	35,21
Temperatura do Vapor Reaquecido Quente (°C)	539,3
Temperatura da água de alimentação (°C)	246,6
Massa do fluxo de combustível (kg/s)	90
Eficiência da Caldeira (%)	90

A UTE Pampa Sul será instalada numa região com baixa densidade populacional. A região apresenta o setor agropecuário e de lavouras – principalmente orizícolas -extensivos e poucas propriedades de pequena a média extensão, principalmente assentamentos.

A região em função do uso extensivo encontra-se antropizada, contribuindo para isto, o setor mineral (mineração de carvão, calcário e rocha para emprego na construção civil) como fator importante. Deve-se salientar, no entanto, que nas novas frentes de lavra está ocorrendo um processo concomitante de mineração e recuperação das áreas. Da mesma forma, antigas áreas mineradas e não recuperadas, estão passando por processo de recuperação dos passivos ambientais.

Com relação às interferências do empreendimento nas fases de instalação e operação, pode-se salientar:

a) Planejamento e Implantação

A abertura de picadas para a execução de levantamentos topográficos e execução de sondagens, são ações de impacto reduzido, mas onde se terá supressão vegetal, principalmente nas áreas das barragens onde ocorre mata galeria.

Os trabalhos de pesquisa do solo (sondagens à percussão e mistas e trincheiras) atingirão pequenos locais, mas poderão interferir em vegetação nativa e áreas sensíveis.

A abertura de vias de acesso rodoviário pressupõe a remoção da cobertura vegetal e modificação da topografia com a terraplanagem e construção de taludes, provocando modificações adjacentes pelo redirecionamento dos fluxos naturais de drenagem. Além dos danos na flora e fauna, existe o impacto causado pelo tráfego de veículos, seja pela poeira, ruído ou deposição acidental de materiais e cargas nas vias.

Esta ação é de curta duração se comparada às demais, demandando cerca de três meses.

Também incluída na etapa de implantação, tem-se o preparo do terreno, a construção e a montagem da Usina. Essa atividade será aquela que demandará maior tempo de execução (cerca de 24 meses) onde ocorrerão as alterações permanentes da paisagem local em função das obras de terraplanagem e construção das edificações e montagem dos equipamentos que ocuparão uma área física de aproximadamente 60,3 ha.

Nas barragens esta etapa é a mais impactante, pois onde será feita toda a terraplanagem dos eixos das mesmas, supressão da vegetação e limpeza dos terrenos que serão alagados, bem como o represamento das águas visando formar os reservatórios.

No pico das obras, circularão no canteiro de obras, cerca de 1.650 trabalhadores que, associado à movimentação de máquinas, veículos e equipamentos determinarão os impactos ambientais de maior magnitude desta fase.

b) Etapa de Operação

As principais matérias-primas envolvidas no processo de geração a partir da tecnologia proposta será o carvão (5.350.000 t/ano) e calcário (310.772 t/ano), considerando 100 % de carga. Em segundo plano, pode-se considerar o óleo Diesel, insumo utilizado para inicialização das caldeiras e em momentos de baixo despacho da usina.

O carvão será transportado por via terrestre em caminhões provenientes da Mina de Candiota até o local do empreendimento (Usina) e o calcário (destinado ao processo de dessulfurização) por via rodoviária em caminhões com capacidade individual de 30 t. A origem do calcário é a região de Trienta e Tres, no Uruguai, distante cerca de 450 km do local ou de Caçapava do Sul a 250 km.

O carvão a ser queimado será armazenado em pilhas a céu aberto no pátio da termelétrica com capacidade para 124.250 t, e o calcário a granel, em pátio coberto com capacidade para armazenar 8.287 t.

Os riscos ambientais advindos dessa ação referem-se às perdas de minério durante o transporte, a dispersão do material fino pela ação do vento nas pilhas de carvão (estocagem a céu aberto) e, em menor escala, do calcário. Afora esse aspecto a ação das águas da chuva deverão carrear substâncias dissolvidas ao

sistema de drenagem pluvial podendo contaminar os recursos hídricos locais. Outra possibilidade é a ocorrência de acidentes em veículos e transeuntes em virtude da intensa movimentação de caminhões para o transporte do carvão e calcário.

Para a geração de energia deverão ser queimadas cerca de 2.400.000 t/ano de carvão pulverizado que, se não controlados, serão liberados na atmosfera material particulado e gases tóxicos (SO_x , NO_x) em quantidades expressivas já que a matéria prima (carvão) apresenta cerca de 45% de cinzas e 1,5% de enxofre.

O processo escolhido para reduzir o teor de SO_2 nas emissões atmosféricas é a dessulfurização a partir do calcário, transformando um poluente do ar em gesso.

Para 100 % de carga, serão geradas cerca de 318.338 t/ano de gesso, que deverá ser descartado nas cavas de mineração, devidamente preparadas. O empreendedor desenvolverá ações de inserção do gesso no mercado, a fim desse material ser utilizado na indústria da construção civil.

Antecedendo a dessulfurização dos gases, tem-se o abatimento das cinzas nos precipitadores eletrostáticos instalados para esse fim. Serão geradas, para 100 % de carga da Usina 2.407.248 t/ano de cinzas (leves e pesadas) que deverão ser depositadas nas cavas de mineração. Há possibilidade da totalidade ou parte deste material ser comercializado como insumo na indústria cimenteira como já vem sendo praticado no rio Grande do Sul.

Há a possibilidade durante o transporte de ocorrer dispersão no pátio e no trajeto até as cavas da mina, aspecto potencializado quando da ocorrência de ventos mais intensos.

Na etapa de implantação do empreendimento será utilizada água a ser disponibilizada pelo município de Candiota através de adutora a ser construída. Na etapa de operação, será utilizada a água dos reservatórios a serem instalados no rio Jaguarão. Durante a operação deverá ser aduzida uma vazão de 1.856 m³/h de água. Parte dessa água será consumida no processo, enquanto uma porção menor será transformada em efluente líquido que, se não tratado, poderá comprometer a qualidade dos recursos hídricos locais.

I.C.1 Arranjo geral

I.C.1.1 Planta de produção

As principais instalações da usina com duas unidades geradoras são:

- Duas caldeiras para geração de vapor com combustão em leito fluidizado circulante;
- Dois turbos geradores;
- Duas estações de tratamento dos gases efluentes através de coleta dos materiais particulados e equipamentos para retenção dos óxidos de enxofre;
- Estação de tratamento de efluentes líquidos;
- Estação de tratamento de água para o processo;
- Sistema de resfriamento; e
- Demais equipamentos necessários para uma geração limpa e segura.

Preveem como principais metas a geração limpa de energia elétrica através de modernos procedimentos, que assegurem baixa emissão de gases poluentes, controle e tratamento de efluentes líquidos, redução e gerenciamento de resíduos sólidos gerados, através do seu aproveitamento em outros processos.

Os principais insumos serão: carvão mineral como combustível principal, óleo diesel como combustível auxiliar, calcário como reagente para a captura dos óxidos de enxofre resultante da combustão, produtos químicos para o tratamento de água potável e industrial. Como a temperatura de combustão em leito fluidizado está na faixa de 800 a 900 °C, temperatura esta bem abaixo da temperatura de formação do NOx (1300°C), será atendido o padrão 400 mg NOx/Nm³. O principal produto será a energia elétrica; outros subprodutos tais como cinzas e gesso serão consequentemente produzidos pelo processo de combustão do carvão e tratamento dos gases efluentes, respectivamente.

Para a seleção do local de instalação da usina foi considerado a proximidade da fonte do principal insumo – carvão mineral – e da disponibilidade de água, bem como os acessos externos para o abastecimento dos demais insumos e variáveis sócio-ambientais. O capítulo 4 - Caracterização do Empreendimento, itens 4.3.6 Alternativa tecnológica e 4.3.8 Alternativas locais, apresentam as alternativas tecnológicas e locais estudadas antes da definição do local para implantação da UTE Pampa Sul.

O desenho PR6061-DB-C00-LE001 – Ilustração 4.1 constante no Volume 8, mostra a área e o local selecionado para a construção das unidades de geração de energia com as respectivas coordenadas geográficas e UTM. Esta mesma ilustração mostra os limites de contorno da propriedade ora em licenciamento.

No desenho PR6061-DB-C00-LE002 - Ilustração 4.3 constante no Volume 8 está representado o Arranjo Geral da Usina com as respectivas edificações principais, edificações auxiliares, subestação, infraestrutura, pátio de estocagem de carvão e calcário, estrada de acesso, linha de transmissão e o perímetro do terreno do site das usinas e área destinada ao acampamento e estocagem de equipamentos. Nesta ilustração estão identificadas e listadas as edificações da usina. As dimensões apresentadas das edificações poderão sofrer alterações em função da definição do projetista fornecedor dos.

A área prevista para a estocagem estratégica do carvão mineral na usina será de 17.600 m² suficiente para atender ao consumo correspondente a sete dias de operação. O pátio de carvão será totalmente impermeabilizado e provido de um sistema de coleta de drenagem de forma a proteger o subsolo e águas subterrâneas de possíveis infiltrações contaminantes.

No desenho PR6061-DB-C05-LE001 - Ilustração 4.2 constante no Volume 8, estão representados, além do local do site das unidades geradoras, os reservatórios I e II no rio Jaguarão e a indicação da tubulação de abastecimento de água para as usinas e descarga dos efluentes excedentes por ocasião de precipitações pluviométricas acentuadas.

As estradas de acesso próximas ao local selecionado para a instalação da Usina estão representadas no desenho PS2-DE-LM-16-C24-001 - Ilustração 4.2.

As principais fontes de emissão atmosférica, tanto as gasosas como particuladas são provenientes da combustão do carvão mineral e correspondem aos gases gerados e as cinzas resultantes dessa combustão.

I.C.2 Dados da planta de produção

I.C.2.1 Combustíveis e insumos da combustão

A composição média do carvão mineral, principal fonte de energia que será transformada em energia térmica e posteriormente em energia mecânica e elétrica pela expansão na turbina e gerador elétrico está apresentada no Quadro 3 a seguir:

Quadro 3 – Composição do carvão

Parâmetro	% (Em Peso)
Umidade	15 - 20
Matéria Volátil	>19
Carbono fixo	30 – 35
Cinzas	52,5 – 57,5
Enxofre	1,1 – 2,2

Os valores médios da composição elementar do combustível principal (carvão mineral), utilizados nos cálculos do consumo próprio, reagente, emissão de gases e dimensões dos equipamentos, estão relacionados no Quadro 4 a seguir.

Quadro 4 – Composição média do carvão utilizado para os cálculos.

Componentes	Base Úmida (%)	Base Seca (%)
Carbono	26,72	32,50
Hidrogênio	1,89	2,30
Oxigênio	6,49	7,9
Nitrogênio	0,41	0,50
Enxofre	1,48	1,80
Umidade	17,8	0,00
Cinzas	45,21	55,00

I.C.2.1.1 Poder calorífico dos combustíveis

O Poder Calorífico Inferior do carvão mineral (combustível principal) calculado pela fórmula empírica seguinte, resulta:

$$Q_{in}^t = 339 \cdot C^t + 1030 \cdot H^t - 109 \cdot (O^t - S^t) - 25 \cdot W^t$$

Onde:

Q_{in}^t = poder calorífico inferior (kJ/kg);

C^t , H^t , O^t , S^t , W^t = percentagens dos elementos e da umidade na massa de trabalho do combustível;

$$\begin{aligned} Q_{in}^t &= 10.012 \text{ kJ/kg} \\ Q_w &= 2500 \cdot ((9 \cdot H/100) + W/100) \\ Q_w &= 870,25 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

Onde:

Q_w = calor de condensação do vapor da água nos produtos de combustão (kJ/kg).

H , W = percentagens do hidrogênio e da umidade do combustível;

O Poder Calorífico Superior resulta em:

$$Q_{sup} = Q_{in} + QW$$

$$Q_{sup} = 10.882 \text{ kJ/kg}$$

O combustível auxiliar de partida a frio e de sustentação da combustão será o Óleo Diesel cujos parâmetros informados pelo fornecedor estão no Quadro 5.

Quadro 5 - Características do combustível auxiliar - Óleo Diesel.

API	35,3
Densidade	0,820 a 0,865
Massa específica (kg/m ³)	820 a 865
Ponto de congelamento (°C)	-21
Ponto de Flash (C°)	>38
Viscosidade CIN 20 °C (cSt)	2,99
Viscosidade SSU 100°C	36
Ponto de névoa	2
Índice de Cetano	>42
Enxofre (% em peso)	0,92
Poder Calorífico Superior	46.300 kJ/kg ou 10.954 kcal/kg
Poder calorífico Inferior	43.500 kJ/Kg ou 10.263 kcal/kg

Fonte: Petrobras – Petróleo Brasileiro S.A.

O sistema de óleo combustível será projetado para fornecer óleo para os queimadores da caldeira durante a partida, baixa carga e para abastecer o reservatório local do gerador de emergência.

I.C.2.2 Combustão e produtos da combustão

A escolha da tecnologia para geração de vapor da UTE Pampa Sul, recaiu pela utilização da tecnologia de combustão em leito fluidizado circulante por ser a evolução da queima de carvão mineral com maior eficiência quando associada a menor formação de óxidos de nitrogênio. Esta tecnologia proporciona, também, a possibilidade de controle da emissão de óxidos de enxofre dentro da própria fornalha de forma a atender as exigências das normas de emissões ambientais.

Os leitos fluidizados consistem na suspensão de combustíveis sólidos através de jatos ascendentes de ar durante o processo de combustão, originando assim uma mistura turbulenta de gases e sólidos. Esta agitação similar à de um fluido borbulhante aumenta a eficiência das reações químicas e a taxa transferência de calor. Os sólidos que são arrastados pelo fluxo de gases passam por separadores e retornam para o leito de forma a completar a combustão. Os gases quentes passam pelos demais trocadores de calor (Superaquecedores, reauecedores, economizador) e seguem para um segundo processo de retenção de particulados - filtro de mangas ou precipitadores eletrostáticos.

Os leitos fluidizados de tipo atmosférico usam pó de calcário ou dolomita para capturar o enxofre libertado pela combustão do carvão. O ar de combustão insuflado sob o leito suspende a mistura do reagente com o carvão durante o processo de combustão, convertendo-a numa suspensão de partículas incandescentes que se comportam como um fluido.

Para esta tecnologia, baseado na informação da taxa de calor (*Heat Rate*) de instalações semelhantes para geração do vapor, espera-se o consumo anual de

carvão mineral previsto para as duas unidades com geração de cargas, nominais e parciais, conforme relacionado no Quadro 6 a seguir.

Quadro 6 - Consumo do combustível principal, considerando as duas unidades em operação, para o PCI médio – Carvão Mineral.

Cargas de Geração	Consumo anual de carvão 2 X 340 MW (t/ano)
50 %	2.666.000
60%	3.198.000
75 %	3.996.000
100%	5.325.000

No Quadro 7 apresenta-se uma estimativa preliminar do consumo do reagente calcário para diferentes percentagens de dessulfurização diretamente na fornalha e/ou no FGD úmido considerando um conteúdo de 1,8% de enxofre no carvão, um calcário com 84% de CaCO₃ e para 60% e 100% de cargas da usina, para cada unidade de 340 MW.

Quadro 7 – Estimativa de consumo do Reagente Calcário para as duas unidades de 340 MW em operação.

Percentagem da dessulfurização no FGD úmido	Percentagem de dessulfurização na própria fornalha	Consumo de Calcário para 60% de carga (t/ano)	Consumo de Calcário para 100% de carga (t/ano)
0%	100%	2 X 264.392	2 X 439.214
20%	80%	2 X 230.221	2 X 382.448
40%	60%	2 X 196.050	2 X 325.683
60%	40%	2 X 161.879	2 X 268.917
80%	20%	2 X 127.708	2 X 212.152
100%	0%	2 X 93.537	2 X 155.386

1.C.2.2.1 Estimativa do ar teoricamente necessário para a combustão

O cálculo do “ar teoricamente necessário” (V_{ar}^0) para a combustão do carvão quando consideramos a composição média constante da QUADRO 04, base úmida, é calculada pela fórmula a seguir:

$$V_{ar}^0 = 0,0889 \cdot (C^t + 0,375 \cdot S^t) + 0,265 \cdot H^t - 0,0333 \cdot O^t$$

Onde:

V_{ar}^0 = volume de ar teoricamente necessário para a combustão (m³ ar/kg combustível);

C^t , H^t , O^t , S^t = percentagens dos elementos e da umidade na massa de trabalho do combustível;

$$V_{ar}^0 = 0,0889 \cdot (26,72 + 0,375 \cdot 1,48) + 0,265 \cdot 1,89 - 0,0333 \cdot 6,49$$

$$V_{ar}^0 = 2,71 \text{ m}^3 \text{ de ar /kg de combustível}$$

Para uma temperatura ambiente de referência de 20 °C o volume de ar por quilograma de combustível resulta em:

$$V_a^0 = 2,71 \cdot (273+20)/273$$

$$V_{a \text{ a } 20^\circ\text{C}}^0 = 2,91 \text{ m}^3 \text{ de ar/kg de combustível}$$

$$L_{ar} = 2,91 \cdot 1,428 = 4,155 \text{ kg ar /kg combustível (estequiométrico)}$$

Considerando um excesso de ar da ordem de 41% para a tecnologia de fluidização de forma a resultar excesso de oxigênio nos gases de 6%, teremos um volume de ar (V_{ar}):

$$L_{ar} = 4,155 * 1,41 = 5,858 \text{ kg ar/kg combustível}$$

$$V_{ar} = 2,91 * 1,41$$

$$V_{ar} = 4,10 \text{ m}^3 \text{ de ar / kg de combustível}$$

I.C.2.2.2 Estimativa da temperatura teórica de combustão

A temperatura teórica de combustão (T^t) é calculada utilizando a seguinte fórmula:

$$T^t = (Q_{in}^0 + q_c + q_{ar} - q_{diiss}) / c_{cp} * V_g$$

Onde:

Q_{in}^0 = Poder Calorífico Inferior

q_c = calor físico do combustível (kJ/kg ou kJ/m³)

q_{ar} = calor físico do ar (kJ/kg ou kJ/m³)

q_{diiss} = calor de reações de dissociação (desconsiderado à $T \leq 1.800 \text{ }^\circ\text{C}$);

c_{pg} = calor específico médio à pressão constante dos produtos de combustão (kJ/m³K);

V_g = volume total dos produtos da combustão completa, em excesso de ar, por unidade de massa de combustível comburido (m³/kg ou m³/m³).

Como o calor específico dos gases é uma função da temperatura e a temperatura é o valor incógnito a ser determinado realizou-se iterações de forma a convergir o valor do calor específico em relação a temperatura dos gases:

Dados	
Q_{in}^0 =	10.012 kJ/kg
C_c = Calor específico do carvão	1,30 kJ/kg °C
Temperatura ambiente de referência	20 °C
Temp. Entrada do Ar	°C
C_p = Calor específico do ar a 180 °C	1,02 kJ/kg °C
C_{cp} = calor esp. gases calculado por iteração	1,328 kJ/kg K

Considerando a massa de ar para combustão com 6% excesso de oxigênio

m_{ar} =	5,373
$q_c = C_c * t_c$	25,95
$q_{ar} = C_{p ar} * t_{ar} * m_{ar}$	986
q_{diiss} = desconsiderado	0
$V_g = m \text{ gas/kg comb}$	5,87
T^t =	1.413 K ou

I.C.2.2.3 Emissões com Base no Balanço de Massa

A combustão é o resultado de uma série de reações químicas cujos produtos dependem de vários fatores como pressão, temperatura de queima, quantidade de oxigênio, etc. Nas reações com o oxigênio têm-se os seguintes produtos: CO₂, H₂O, SO₂ e N₂. Caso o oxigênio não seja suficiente haverá combustão incompleta, gerando nos gases de combustão, o óxido de carbono (CO). Na prática, uma quantidade superior do que a teórica de ar é usada para garantir a queima total de

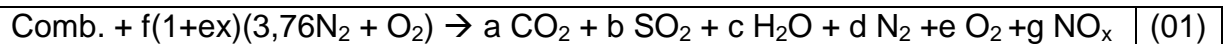
todo o combustível, e desta forma, tem-se também a presença de oxigênio (O₂) em excesso.

Em determinadas condições, também é possível encontrar no produto da combustão a presença de NO_x. A formação do NO_x no processo de combustão depende da composição do combustível, do modo de operação e do projeto da câmara de combustão. Cada um desses parâmetros é significativo em relação à concentração final de NO_x emitido. Entre as principais fontes de formação de NO_x destacam-se:

- NO_x térmico: proveniente da oxidação do nitrogênio presente no ar, ocorre somente em altas temperaturas (acima 1300°C) e tempos de residência relativamente longos;
- NO_x “prompt”: proveniente da presença de radicais livres de hidrocarbonetos. Ocorrem com maior intensidade em misturas ricas em combustível;
- NO_x via N₂O: esta rota é iniciada por recombinação de átomos de oxigênio com nitrogênio molecular formando N₂O, que posteriormente é oxidado e transformado em NO_x. São particularmente importantes em condições de excesso de ar (pobre em combustível) e ambiente de altas pressões;
- NO_x via combustível: proveniente da oxidação do nitrogênio presente no próprio combustível.

No caso de caldeiras com queima de carvão, a formação de NO_x é dominada pelo processo térmico. Como neste processo a formação do NO_x ocorre a temperaturas acima de 1.300°C, a estratégia mais eficiente para evitar a emissão de NO_x é manter a temperatura da fornalha abaixo deste valor.

Para o combustível especificado e considerando a combustão completa, as respectivas quantidades de produtos podem ser determinadas pela aplicação do princípio da conservação de massa à equação química 01.



Onde:

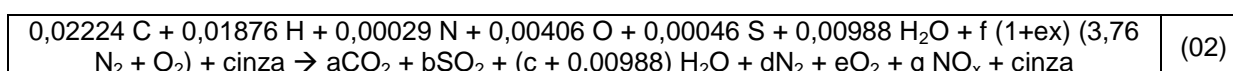
Comb. = composição do combustível [kmol/kg_{comb}];
a = teor de gás carbônico nos gases [kmol/kg_{comb}];
b = teor de óxido de enxofre nos gases [kmol/kg_{comb}];
c = teor de água nos gases [kmol/kg_{comb}];
d = teor de gás nitrogênio nos gases [kmol/kg_{comb}];
e = teor de gás oxigênio nos gases [kmol/kg_{comb}];
f = teor de ar estequiométrico para a queima [kmol/kg_{comb}];
g = teor de NO_x nos gases [kmol/kg_{comb}];
ex = excesso de ar [-].

O termo Comb é definido pelo Quadro 04 apresentada no item I.C.2.1. Entretanto, esses valores não podem ser empregados diretamente na equação 01. Antes de utilizá-los é necessário converter a unidade de fração mássica para fração molecular. Isto é feito dividindo-se a concentração de cada componente por sua respectiva massa molar. O Quadro 08 apresenta os valores obtidos para a concentração molar dos componentes do combustível.

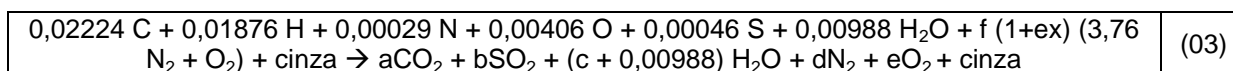
Quadro 08 – Concentração molar dos componentes do combustível.

Componentes		Concentração mássica-base úmida	Massa molar	Concentração molar base seca
		(kg/kg_comb) (%)	(kg/kmol)	(kmol/kg_comb) (%)
i	Carbono	26,72	12,01	0,02224
ii	Hidrogênio	1,89	1,01	0,01876
iii	Oxigênio	6,49	16	0,00406
iv	Nitrogênio	0,41	14,01	0,00029
v	Enxofre	1,48	32,07	0,00046
vi	Umidade	17,8	18,02	0,00988
	Cinzas	45,21	-	-

Considerando os valores de concentração obtidos acima, a equação 01 pode ser reescrita como:



Considerando que as caldeiras a leito fluidizado operam numa faixa de temperatura na fornalha por volta de 800 a 900°C, a formação de NO_x pode ser desprezada. Desta forma o termo “g NO_x” desaparece da equação, o que irá garantir o atendimento ao limite de emissão de 400 mg/Nm³.



Aplicando-se o princípio da conservação de massa para o carbono, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio, respectivamente, têm-se os seguintes valores para os parâmetros da equação:

C	a	0,02224	Kmol/kg_comb
S	b	0,00046	Kmol/kg_comb
H	c	0,00938	Kmol/kg_comb
N	d	0,13366	Kmol/kg_comb
O	e	0,01015	Kmol/kg_comb
Ar	f	0,02536	Kmol/kg_comb

Cálculo do volume teórico de gases:

$$V_{ro_2} = 0,01866 * (C^t + 0,375 * S^t) \quad (04)(04)$$

$$V_{ro_2} = 0,01866 * (26,72 + 0,375 * 1,48)$$

$$V_{ro_2} = 0,509 \text{ m}^3/\text{kg de combustível}$$

(05)

$$V_{ar}^0 = 0,0889 * (C^t + 0,375 * S^t) + 0,265 * H^t - 0,0333 * O^t$$

$$V_{ar}^0 = 0,0889 * (26,72 + 0,375 * 1,48) + 0,265 * 1,89 - 0,0333 * 6,49$$

$$V_{ar}^0 = 2,709 \text{ m}^3/\text{kg de combustível}$$

(06)

$$V_{H_2O} = 0,111 * H^t + 0,0124 * (W^t + W_{vap}) + 0,0161 * \alpha * V_{ar}^0$$

$$V_{H_2O} = 0,111 * 1,89 + 0,0124 * (17,8 + 0) + 0,0161 * 1,65 * 2,709$$

$$V_{H_2O} = 0,5025 \text{ m}^3/\text{kg de combustível}$$

(07)

$$V_{N_2} = 0,008 * N^t + 0,79 * \alpha * V_{ar}^0$$

$$V_{N_2} = 0,008 * 0,41 + 0,79 * 1,65 * 2,709$$

$$V_{N_2} = 3,534 \text{ m}^3/\text{kg de combustível}$$

(08)

$$V_{O_2} = 0,21 * (\alpha - 1) * V_{ar}^0$$

$$V_{O_2} = 0,21 \cdot (1,65 - 1) \cdot 2,709$$

$$V_{O_2} = 0,3698 \text{ m}^3/\text{kg de combustível}$$

(09)

$$V_g = V_{ro2} + V_{H_2O} + V_{N_2} + V_{O_2}$$

$$V_g = 0,509 + 0,5025 + 3,534 + 0,3698$$

$$V_g = 4,9153 \text{ m}^3/\text{kg de combustível}$$

Os gases serão adequadamente tratados de forma a atender as emissões máximas utilizadas como referência neste estudo, ou seja:

- Dióxidos de enxofre : 400 mg/Nm³ de gás;
- Óxidos de nitrogênio : 400 mg/Nm³ de gás;
- Particulados : 50 mg/Nm³ de gás.

O Quadro 9 a seguir, apresenta estimativa de emissão de SO₂ e particulados (MP) na saída da chaminé, caso não houvesse o tratamento dos gases - sistema de dessulfurização e filtros eletrostáticos. Para esse cálculo foi considerado um conteúdo médio de enxofre e cinzas no carvão de 1,8% e 55% (base seca), respectivamente. Para o cálculo de particulado que serão arrastados pelos gases para a chaminé estimou-se, com base em dados de usinas em operação, um conteúdo de cinza leve que serão arrastadas pelos gases de 40% do total de cinza do combustível, sendo que a parcela restante será captada pela drenagem de fundo da fornalha.

Quadro 9 – Estimativa de Emissão de SO₂ e MP Sem tratamento dos gases.

Carga de geração (2x340 MW)	Consumo anual carvão para 2 x 340 MW (t/ano)	Vazão de Gases por Unidade (Nm ³ /h) Base seca - 6% excesso de O ₂	Emissão de SO ₂ Por Unidade (mg/Nm ³ de gas) Base seca - 6% excesso de O ₂	Emissão de particulados (mg/Nm ³ de gas) Base seca e 6% excesso de O ₂
100%	5.325.000	1.229.620	6.535	44.709,2

Cálculo da Concentração Volumétrica Percentual das Emissões Gasosas para 6% de excesso de oxigênio:

	Componentes (Kmol/kg comb.)	Concentração Volumétrica
H ₂ O	0,02224	10,97%
CO ₂	0,02224	10,97%
SO ₂	0,00046	0,23%
N ₂	0,14683	72,44%
O ₂	0,01093	5,39%

Cálculo da Concentração em massa por Volume Normalizado das Emissões Gasosas e Particulados para 6% de excesso de oxigênio;

	Componentes dos gases (kg/kg comb)	Concentração Mássica (mg/Nm ³ gás)
H ₂ O	0,4007	88.192
CO ₂	0,9789	215.460
SO ₂	0,0296	6.507
N ₂	4,1135	905.397
O ₂	0,3497	76.976
Particulado	0,1808	39.804

I.C.2.2.3.1 Eficiência de Coleta e Controle das Emissões

Cálculo da eficiência de coleta por sistema de controle de emissões:

$$\text{Para o SO}_2 = (6.507 - 400)/6.507 = \mathbf{93,85 \%}$$

$$\text{Para o Material Particulado} = (39.804 - 50)/39.804 = \mathbf{99,87 \%}$$

Cálculo da Penetração

A penetração é a quantidade de poluente que passa pelos dispositivos de controle, ou seja:

Para o SO₂: O cálculo considera que os equipamentos que serão instalados sejam suficientes e tenham a eficiência necessária para controlar a emissão máxima determinada pela norma ambiental. Assim sendo, estima-se uma emissão máxima de SO₂ de:

Emissão de SO₂ = 400 * 10⁻⁶ Kg/Nm³ x 1.152.000 Nm³/h = 460,80 kg/h por unidade geradora.

Para o Material Particulado: O cálculo considera que os equipamentos que serão instalados, precipitadores eletrostáticos, tenham a área de captação de forma a manter a eficiência necessária para controlar a emissão máxima determinada pela norma ambiental. Assim sendo, estima-se uma emissão máxima de Material Particulado (MP) de:

Emissão de MP = 50 * 10⁻⁶ kg/Nm³ x 1.152.000 Nm³/h = 57,60 kg/h por unidade geradora.

I.C.2.2.3.2 Emissões Fugitivas

Emissões fugitivas são as emissões de gases ou vapores de equipamentos sob pressão que ocorrem devido a vazamentos e outras liberações involuntárias ou irregulares de gases, principalmente a partir das atividades industriais.

Consideram-se emissões fugitivas aquelas provenientes dos sistemas de selagem de válvulas de processo, de bombas, de compressores, conexões, drenos, amostradores, sistemas de instrumentação, reatores e vasos intermediários de processo e lagoas aeradas, integrantes dos sistemas de tratamento de efluentes líquidos.

Como país signatário da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima – CQNUMC, o Brasil tem como uma de suas principais obrigações, a elaboração e atualização periódica do Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas por Fontes e Remoções por Sumidouros de Gases de Efeito Estufa não Controladas pelo Protocolo de Montreal.

Na Usina Termelétrica Pampa Sul, pode ser desprezar a emissão de gases poluentes de forma fugitivas já que a exaustão se processa em dutos e válvulas herméticas e são conduzidos, após passarem pelos equipamentos de controle e tratamento, diretamente para as chaminés. Em relação à área de manuseio do combustível, carvão sub-betuminoso, emissão de partículas será da ordem de 308 kg/mês (Fonte: EPA AP 42 Apêndice 13 Seção 13.2.5).

I.C.2.2.4 Emissões com bases em Documentos Técnicos

No sistema energético brasileiro, predominantemente hidrelétrico, as usinas térmicas que possuam flexibilidade operativa podem ficar sem gerar energia por determinado período de tempo, na medida em que o despacho ótimo do sistema prioriza a operação de fontes renováveis, sendo: usinas hidrelétricas e pequenas centrais hidrelétricas, pequenas centrais termelétricas a biomassa e eólicas. (Fonte: Plano Decenal de Energia 2021, MME).

Neste contexto, a Tractebel Energia, controladora da Usina Termelétrica Pampa Sul S/A, possui em seu portfólio de usinas em operação, todas as fontes renováveis referidas anteriormente, perfazendo 7.530 MW de potencia instalada, de um parque gerador de 8.715 MW.

Assim sendo, a UTE Pampa Sul entrará em operação quando demandada pelo Operador Nacional do Sistema – ONS, nos períodos de necessidade do sistema.

I.C 2.2.4.1. Emissões do Projeto Técnico

O processo de seleção de fornecedores de serviços e equipamentos para implantação da UTE Pampa Sul ainda está em andamento, porém um dos possíveis candidatos apresentou as seguintes informações referentes a emissões gasosas do projeto constantes no Quadro 10.

Quadro 10 – Emissões gasosas do projeto

	Parâmetro	Unidade	Valor	Referência
	Carga da Caldeira	%MCR	100%	Fabricante p/ 1 Unid.
A	Consumo de carvão	t/h	350,06	Fabricante p/ 1 Unid.
	Emissões Instantâneas:			
B	CO ₂	kg/s	≤106,8	Fabricante p/ 1 Unid.
C	SO ₂	kg/s	≤0,128	Fabricante p/ 1 Unid.
D	NO ₂	kg/s	≤0,128	Fabricante p/ 1 Unid.
E	Material Particulado	kg/s	≤0,016	Fabricante p/ 1 Unid.
	Cenário 1: Emissões Anuais para 60% da Carga Anual de Geração para 2 Unidades			
F	Consumo Anual de Carvão	t/ano	3.198.000	Previsto anual
G	Período Efetivo de Operação	h/ano	4.568	Calculado [= F / (2*A)]
H	CO ₂	t/ano	1.756.223	Calculado [=3,6 * B *G]
I	SO ₂	t/ano	2.105	Calculado [=3,6 * C *G]
J	NO ₂	t/ano	2.105	Calculado [=3,6 * D *G]
K	Material Particulado	t/ano	263	Calculado [=3,6 * E *G]
	Cenário 2 ; Emissões Anuais para 100% da Carga Anual de Geração para 2 Unidades			
L	Consumo Anual de Carvão	t/ano	5.325.000	Previsto anual
M	Período Efetivo de Operação	h/ano	7.606	Calculado [= L / (2*A)]
N	CO ₂	t/ano	2.924.355	Calculado [=3,6 * B *M]
O	SO ₂	t/ano	3.505	Calculado [=3,6 * C *M]
P	NO ₂	t/ano	3.505	Calculado [=3,6 * D *M]
Q	Material Particulado	t/ano	438	Calculado [=3,6 * E *M]

I.C 2.2.4.2. Emissões de Inventários

Como documento de referência para o cálculo das emissões de CO₂ equivalente (CO₂ eq), utilizou-se a metodologia apresentada pelo *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories – IPCC*, sendo para fontes estacionárias o Capítulo 2 e, para fontes móveis, o Capítulo 3.

Como resultado dos cálculos realizados, a emissão anual do Projeto está apresentada no Quadro 11.

Quadro 11 – Emissão total de CO₂ eq. anual.

Combustível / transporte	Emissão em t CO ₂ eq.	
	Cenário 01 - 60% de carga	Cenário 02 - 100% de carga
Queima de carvão	3.397.702	5.657.525
Transporte de carvão e cinzas	2.656,5	4.425,43
Transporte de calcário	2.977,93	4.944,2
Total	3.403.336,43	5.666.894,63

Os Quadros 12, 13 e 14 apresentam as premissas e os cálculos da emissão equivalente de CO₂.

Quadro 12 – Emissão Anual de CO₂ eq. resultante da Combustão de Carvão.

Cenário 1: 60% da Carga Anual de Geração (2 Unidades)				
	Parâmetro	Unidade	Valor	Referência
A	PCI Carvão	TJ/t	0,011	Análise Físico-Química
B	Consumo anual de Carvão	t/ano	3.198.000	Previsto anual
C	= (A) * (B)	TJ/ano	35.178	Calculado
Emissão de CO₂				
E	Fator de Emissão	kg/TJ	96.100	IPCC Guidelines, Chapter 2, Table 2.2, Sub-Bituminous Coal.
F	Conversão (CO ₂ /CO ₂ -eq)	-	1,0	IPCC
G	Emissão anual (= C*E/1.000)	tCO ₂ /ano	3.380.606	Calculado
H	= F * G	tCO ₂ -eq/ano	3.380.606	Calculado
Emissão de CH₄				
I	Fator de Emissão	kg/TJ	1,0	IPCC Guidelines, Chapter 2, Table 2.2, Sub-Bituminous Coal.
J	Conversão (CH ₄ /CO ₂ -eq)	-	21	IPCC
K	Emissão anual (= C * I/1000)	tCH ₄ /ano	35	Calculado
L	= J * K	tCO ₂ -eq/ano	739	Calculado
Emissão de N₂O				
M	Fator de Emissão	kg/TJ	1,5	IPCC Guidelines, Chapter 2, Table 2.2, Sub-Bituminous Coal.
N	Conversão (N ₂ O / CO ₂ -eq)	-	310	IPCC
O	Emissão anual (= C * I/1000)	tN ₂ O /ano	53	Calculado
P	= K * L	tCO ₂ -eq/ano	16.358	Calculado
	TOTAL (= H + L + P)	tCO₂-eq/ano	3.397.702	Calculado
Cenário 2: 100% da Carga Anual de Geração (2 Unidades)				
	Parâmetro	Unidade	Valor	Referência
A	PCI Carvão	TJ/t	0,011	Análise Físico-Química
B	Consumo anual de Carvão	t/ano	5.325.000	Previsto anual
C	= (A) * (B)	TJ/ano	58.575	Calculado
Emissão de CO₂				
E	Fator de Emissão	kg/TJ	96.100	IPCC Guidelines, Chapter 2, Table 2.2, Sub-Bituminous Coal.
F	Conversão (CO ₂ / CO ₂ -eq)	-	1,0	IPCC
G	Emissão anual (= C*E/1.000)	tCO ₂ /ano	5.629.058	Calculado
H	= F * G	tCO ₂ -eq/ano	5.629.058	Calculado
Emissão de CH₄				
I	Fator de Emissão	kg/TJ	1,0	IPCC Guidelines, Chapter 2, Table 2.2, Sub-Bituminous Coal.
J	Conversão (CH ₄ / CO ₂ -eq)	-	21	IPCC
K	Emissão anual (= C * I / 1000)	tCH ₄ /ano	59	Calculado
L	= J * K	tCO ₂ -eq/ano	1.230	Calculado

Cenário 1: 60% da Carga Anual de Geração (2 Unidades)				
Emissão de N ₂ O				
M	Fator de Emissão	kg/TJ	1,5	IPCC Guidelines, Chapter 2, Table 2.2, Sub-Bituminous Coal.
N	Conversão (N ₂ O / CO _{2-eg})	-	310	IPCC
O	Emissão anual (= C * I / 1000)	tN ₂ O /ano	88	Calculado
P	= K * L	tCO _{2-eg} /ano	27.237	Calculado
	TOTAL (= H + L + P)	tCO_{2-eg}/ano	5.657.525	Calculado

Método utilizado: **Tier 1 Approach**, Chapter 2 – Stationary Combustion, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.

Quadro 13 – Emissão anual de CO_{2-eg} resultante do transporte de Carvão e Cinzas.

Cenário 1 (60% da Carga)				
	Parâmetro	Unidade	Valor	Referência
A	Carvão Transportado	t/ano	3.198.000	Previsto anual
B	Capacidade do Caminhão	t/caminhão	30	Informação do Fornecedor
C	Nº de Caminhões (viagens)	qtd/ano	106.600	=A/B
D	Distância Percorrida*	km/caminhão	15	Medida aproximada
E	Combustível Utilizado	-	Diesel	
F	Consumo Específico de Combustível	l/km	0,29	Instituto de Energia e Meio Ambiente, 2013
G	PCI do Combustível	TJ/l	0,000038	Petrobras: 9160 kcal/l
H	Consumo Anual de Combustível	TJ/ano	35,24	=2*C*D*F*G
	Fator de Emissão do Combustível			
I	CO ₂	kg CO ₂ /TJ	74.100	IPCC Guidelines, Chapter 3, Table 3.2.1, Diesel.
J	CH ₄	kg CH ₄ /TJ	3,9	IPCC Guidelines, Chapter 3, Table 3.2.2, Diesel.
K	N ₂ O	kg N ₂ O/TJ	3,9	IPCC Guidelines, Chapter 3, Table 3.2.2, Diesel.
L	Conversão (CH ₄ / CO _{2-eg})	-	21	IPCC
M	Conversão (N ₂ O / CO _{2-eg})	-	310	IPCC
	Emissão			
N	CO ₂	tCO _{2-eg} /ano	2.611	=H*(I/1000)
O	CH ₄	tCO _{2-eg} /ano	2,88	=H*(J/1000)*L
P	N ₂ O	tCO _{2-eg} /ano	42,6	=H*(K/1000)*M
Q	Total	tCO_{2-eg}/ano	2.656,5	=N+O+P

* O mesmo caminhão retornará com cinzas resultantes da combustão do carvão

Cenário 2 (100% da Carga)				
	Parâmetro	Unidade	Valor	Referência
A	Carvão Transportado	t/ano	5.325.000	
B	Capacidade do Caminhão	t/caminhão	30	
C	Nº de Caminhões (viagens)	qtd/ano	177.500	=A/B
D	Distância Percorrida*	km/caminhão	15	Medida aproximada
E	Combustível Utilizado	-	Diesel	
F	Consumo Especifico de Combustível	l/km	0,29	Instituto de Energia e Meio Ambiente, 2013
G	PCI do Combustível	TJ/l	0,000038	Petrobras: 9160 kcal/l
H	Consumo Anual de Combustível	TJ/ano	58,7	=2*C*D*F*G
	Fator de Emissão do Combustível			
I	CO ₂	CO ₂ /TJ	74.100	IPCC Guidelines, Chapter 3, Table 3.2.1, Diesel.
J	CH ₄	CH ₄ /TJ	3,9	IPCC Guidelines, Chapter 3, Table 3.2.2, Diesel.
K	N ₂ O	N ₂ O/TJ	3,9	IPCC Guidelines, Chapter 3, Table 3.2.2, Diesel.
L	Conversão (CH ₄ / CO ₂ -eq)	-	21	IPCC
M	Conversão (N ₂ O / CO ₂ -eq)	-	310	IPCC
	Emissão			
N	CO ₂	tCO ₂ -eq/ano	4.349,67	=H*(I/1000)
O	CH ₄	tCO ₂ -eq/ano	4,8	=H*(J/1000)*L
P	N ₂ O	tCO ₂ -eq/ano	70,96	=H*(K/1000)*M
Q	Total	tCO₂-eq/ano	4.425,43	=N+O+P
* O mesmo caminhão retornará com cinzas resultantes da combustão do carvão				

Quadro 14 - Emissão anual de CO₂ eq resultante do Transporte de Calcário

Cenário 1 (60% da Carga)				
	Parâmetro	Unidade	Valor	Referência
A	Calcário Transportado	t/ano	264.392	
B	Capacidade do Caminhão	t/caminhão	40	
C	Nº de Caminhões (viagens)	qtd/ano	6.610	=A/B
D	Distância Percorrida	km/caminhão	271	Medida aproximada
E	Combustível Utilizado	-	Diesel	
F	Consumo Especifico de Combustível	l/km	0,29	Instituto de Energia e Meio Ambiente, 2013
G	PCI do Combustível	TJ/l	0,000038	Petrobras: 9160 kcal/l
H	Consumo Anual de Combustível	TJ/ano	39,5	=2*C*D*F*G
	Fator de Emissão do Combustível			
I	CO ₂	CO ₂ /TJ	74.100	IPCC Guidelines, Chapter 3, Table 3.2.1, Diesel.
J	CH ₄	CH ₄ /TJ	3,9	IPCC Guidelines, Chapter 3, Table 3.2.2, Diesel.
K	N ₂ O	N ₂ O/TJ	3,9	IPCC Guidelines, Chapter 3, Table 3.2.2, Diesel.
L	Conversão (CH ₄ / CO ₂ -eq)	-	21	IPCC
M	Conversão (N ₂ O / CO ₂ -eq)	-	310	IPCC
	Emissão			
N	CO ₂	tCO ₂ -eq/ano	2.926,95	=H*(I/1000)
O	CH ₄	tCO ₂ -eq/ano	3,23	=H*(J/1000)*L
P	N ₂ O	tCO ₂ -eq/ano	47,75	=H*(K/1000)*M
Q	Total	tCO₂-eq/ano	2.977,93	=N+O+P

- Cenário 2 (100% da Carga)				
	Parâmetro	Unidade	Valor	Referência
A	Calcário Transportado	t/ano	439.214	
B	Capacidade do Caminhão	t/caminhão	40	
C	Nº de Caminhões (viagens)	qtd/ano	10.980	=A/B
D	Distância Percorrida*	km/caminhão	271	Medida aproximada
E	Combustível Utilizado	-	Diesel	
F	Consumo Específico de Combustível	l/km	0,29	Instituto de Energia e Meio Ambiente, 2013
G	PCI do Combustível	TJ/l	0,000038	Petrobras: 9160 kcal/l
H	Consumo Anual de Combustível	TJ/ano	65,58	=2*C*D*F*G
	Fator de Emissão do Combustível			
I	CO ₂	CO ₂ /TJ	74.100	IPCC Guidelines, Chapter 3, Table 3.2.1, Diesel.
J	CH ₄	CH ₄ /TJ	3,9	IPCC Guidelines, Chapter 3, Table 3.2.2, Diesel.
K	N ₂ O	N ₂ O/TJ	3,9	IPCC Guidelines, Chapter 3, Table 3.2.2, Diesel.
L	Conversão (CH ₄ / CO _{2-eg})	-	21	IPCC
M	Conversão (N ₂ O / CO _{2-eg})	-	310	IPCC
	Emissão			
N	CO ₂	tCO _{2-eg} /ano	4.859,5	=H*(I/1000)
O	CH ₄	tCO _{2-eg} /ano	5,37	=H*(J/1000)*L
P	N ₂ O	tCO _{2-eg} /ano	79,3	=H*(K/1000)*M
Q	Total	tCO_{2-eg}/ano	4.944,2	=N+O+P

Método utilizado: **Tier 1 Approach**, Chapter 3 – Mobile Combustion, 2006 IPCC *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*.

I.C.2.3 Captação, Transporte e Controle de Poluentes

O sistema de exaustão dos gases está mostrado no Fluxograma de Ar e Gases desenho nº PS2-FL-LM-02-M07-001- Ilustração 4.5 constante no Volume 8, o qual representa os equipamentos que serão instalados para captação e controle das emissões particuladas e gasosas e os fluxos dos gases para cada unidade.

O desenho de Arranjo nº PS2-DE-LM-00-M01-001 - Ilustração 4.26 constante no Volume 8 da usina mostra, em destaque, os equipamentos com as respectivas coordenadas geográficas e UTM e das chaminés das unidades, local fixo de emissões atmosféricas para os gases provenientes da combustão do carvão mineral.

I.C.2.3.1 Resistência Gasodinâmica da Via dos Gases

Conforme definido no “PLANO DE TRABALHO PARA ELABORAÇÃO DO ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) E DO RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL (RIMA)” encaminhado ao IBAMA através da carta CE-DDN-0083/2013 de 19 de dezembro de 2013 e discutido com o IBAMA em reunião no dia 13 de dezembro de 2013, informamos que os dados referentes a resistência gasodinâmica da via dos gases, por serem pertinentes ao Projeto Executivo, serão apresentadas posteriormente, no Projeto Básico Ambiental (PBA), após definição do fornecedor da Usina (contrato EPC).

I.C.2.3.2.1 Cálculo do custo total anualizado

Conforme definido no “PLANO DE TRABALHO PARA ELABORAÇÃO DO ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) E DO RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL (RIMA)” encaminhado ao IBAMA através da carta CE-DDN-0083/2013 de 19 de dezembro de 2013 e discutido com o IBAMA em reunião no dia 13 de dezembro de 2013, informamos que os dados referentes à eficiência de coleta e controle conforme tecnologia, por serem pertinentes ao Projeto Executivo, serão apresentadas posteriormente, após definição do fornecedor da Usina (contrato EPC).

I.C.2.3.2 Eficiência de Coleta e Controle conforme Tecnologia

Conforme definido no “PLANO DE TRABALHO PARA ELABORAÇÃO DO ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) E DO RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL (RIMA)” encaminhado ao IBAMA através da carta CE-DDN-0083/2013 de 19 de dezembro de 2013 e discutido com o IBAMA em reunião no dia 13 de dezembro de 2013, informamos que os dados referentes ao cálculo do custo total anualizado, por serem pertinentes ao Projeto Executivo, serão apresentadas posteriormente, após definição do fornecedor da Usina (contrato EPC).

I.C.2.3.3 Ventiladores

Conforme definido no “PLANO DE TRABALHO PARA ELABORAÇÃO DO ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) E DO RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL (RIMA)” encaminhado ao IBAMA através da carta CE-DDN-0083/2013 de 19 de dezembro de 2013 e discutido com o IBAMA em reunião no dia 13 de dezembro de 2013, informamos que os dados referentes aos ventiladores, por serem pertinentes ao Projeto Executivo, serão apresentadas posteriormente, após definição do fornecedor da Usina (contrato EPC).

I.C.2.3.4 Chaminé

Conforme definido no “PLANO DE TRABALHO PARA ELABORAÇÃO DO ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) E DO RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL (RIMA)” encaminhado ao IBAMA através da carta CE-DDN-0083/2013 de 19 de dezembro de 2013 e discutido com o IBAMA em reunião no dia 13 de dezembro de 2013, informamos que os dados referentes à chaminé, por serem pertinentes ao Projeto Executivo, serão apresentados posteriormente, após definição do fornecedor da Usina (contrato EPC) e aprovação dos referidos memoriais de cálculo.

I.C.2.3.5 Monitoramento dos Gases de Exaustão

Por ser pertinente ao Projeto Executivo, será apresentado posteriormente, após definição do fornecedor da Usina (contrato EPC) e aprovação dos referidos memoriais de cálculo.

II. ESTUDO DE DISPERSÃO ANÁLISE DO CAMPO PRÓXIMO

Este item aborda os padrões de qualidade do ar atual baseado nas estações de monitoramento disponíveis na região, padrões de emissões e a caracterização climática.

II.A PADRÕES DE QUALIDADE DO AR E DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS

Os poluentes atmosféricos são produzidos e emitidos para a atmosfera, pelos diversos tipos de fonte antropogênicas ou naturais. A atmosfera funciona como um meio de transporte, onde ocorrem as interações sob o ponto de vista físico denominadas diluição e químico conhecidas como reações químicas. A detecção será estabelecida determinando-se a concentração do poluente nos receptores, ou seja, mensura-se o grau de exposição dos receptores, que podem ser instrumentos, seres humanos, animais, plantas ou materiais.

Devido à grande emissão de poluentes na atmosfera e de sua diversidade, consequência do aumento da queima de combustíveis fósseis, da circulação de veículos, do desenvolvimento industrial, do crescimento populacional, e seus reflexos negativos sobre a saúde e o meio ambiente, bem como episódios críticos de poluição do ar em várias partes do mundo, tornou-se evidente aos governos e à comunidade científica que a contaminação atmosférica poderia trazer consequências muito graves. Surge a necessidade de se estabelecer um limite tolerável para a concentração de poluentes no ar, sem que isso cause mal as pessoas.

Baseados em estudos científicos, onde foram determinados os vários níveis de exposição aos diversos poluentes e seus respectivos efeitos sobre a saúde fixados em níveis que propiciem uma adequada margem de segurança, estabeleceram-se os padrões de qualidade do ar.

Um padrão de qualidade do ar define legalmente um limite máximo para a concentração de um componente atmosférico, garantindo a proteção da saúde e do bem-estar das pessoas.

O Código Estadual do Meio Ambiente do Rio Grande do Sul instituído pela lei estadual nº 11.520 de 03 de agosto de 2000, estabelece critérios, segundo Art. 149, visando implementar uma política de prevenção de deterioração significativa da qualidade do ar:

- Área de classe 1: são classificadas todas as áreas de preservação, lazer e turismo, tais como unidades de conservação, estâncias hidromineiras e hidrotermais - nacionais, estaduais e municipais - onde deverá ser mantida a qualidade do ar em nível o mais próximo possível do verificado sem a intervenção antropogênica.
- Área de classe 2: são assim classificadas todas as áreas não classificadas como 1 ou 3.
- Área de classe 3: são assim classificadas todas as áreas que abrigam distritos industriais criados por legislação própria.

No âmbito Federal, tem-se a Resolução CONAMA N° 03 de 28/06/1990, que estabelece metas para restringir os níveis de poluentes por fontes de poluição atmosférica, com objetivo de limitar emissões por todo o país, considerando tipo da fonte e poluentes prioritários, e usando padrões de qualidade do ar como estratégia para o controle do mesmo. Os poluentes prioritários para esta resolução são:

material particulado, fumaça, partículas inaláveis, SO₂ (referente a soma das concentrações de dióxido de enxofre e trióxido de enxofre), CO, O₃, NO₂ (referente a soma das concentração de monóxido de nitrogênio e dióxido de nitrogênio).

Nesta resolução foram definidos dois tipos de padrões de qualidade do ar: os padrões primários e os secundários.

- Padrões Primários de qualidade do ar: são 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.
- Padrões Secundários de qualidade do ar são 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 à flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral. Podem ser entendidos como níveis desejados de concentração de poluentes, constituindo-se em meta de longo prazo. O objetivo do estabelecimento de padrões secundários é de que através deste mecanismo legal seja possível prevenir a degradação da qualidade do ar, sendo aplicados às áreas de preservação como: parques nacionais, áreas de proteção ambiental, etc.

Os poluentes atmosféricos, no que diz respeito à qualidade do ar, regulamentados pelo CONAMA, bem como os utilizados como parâmetros neste trabalho, são apresentados no Quadro 15 e os níveis de Atenção, Alerta e Emergência, encontram-se no Quadro 16.

Quadro 15 - Padrões Nacionais de Qualidade do Ar.

Poluente	Tempo de amostragem	Padrão primário µg/m ³	Padrão secundário µg/m ³
Partículas totais em suspensão (PTS)	24 horas ⁽¹⁾	240	150
	MGA ⁽²⁾	80	60
Partículas inaláveis (PI)	24 horas ⁽¹⁾	150	150
	MAA ⁽³⁾	50	50
Fumaça	24 horas ⁽¹⁾	150	100
	MAA ⁽³⁾	60	40
Dióxido de Enxofre ** (SO ₂)	24 horas ⁽¹⁾	365	100
	MAA ⁽³⁾	80	40
Dióxido de Nitrogênio (NO ₂)	1 hora ⁽¹⁾	320	190
	MAA ⁽³⁾	100	100
Monóxido de Carbono (CO)	1 hora ⁽¹⁾	40.000	40.000
		35 ppm	35 ppm
	8 horas ⁽¹⁾	10.000	10.000
Ozônio (O ₃)	1 horas ⁽¹⁾	9 ppm	9 ppm
		160	160

Fonte: Resolução CONAMA nº3, de 28/06/1990

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

⁽²⁾ Média Geométrica Anual.

⁽³⁾ Média Aritmética Anual.

** Poluente que servirá como parâmetro de quantificação do nível de poluição do ar neste estudo.

Quadro 16 - Padrões Nacionais de Qualidade do Ar, níveis de alerta.

Parâmetros	Atenção	Alerta	Emergência
Partículas totais em Suspensão ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)- 24h	375	625	875
Partículas Inaláveis ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)- 24h	250	420	500
SO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)- 24h	800	1600	2100
NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)- 1h	1130	2260	3000

Fonte: Resolução CONAMA nº 3, de 28/06/1990.

Ao longo das pesquisas, o material particulado fino (PM_{2,5}), mostram seu perigo caso sejamos expostos à uma concentração significativa resultando danos à saúde humana. O CONAMA não estabelece padrões de qualidade do ar para este poluente. A EPA (United States Environmental Protection Agency) contribuiu para que fosse elaborado um padrão de qualidade do ar específico para esta fração do particulado inalável (Quadro 17). Assim como a EPA, a World Health Organization (WHO) também estipulou valores padrões para qualidade do ar destas partículas inaláveis: fino (PM_{2,5}) e grosso (PM₁₀).

Quadro 17 - Padrões de Qualidade do Ar.

Poluente	Tempo de exposição	Padrão ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
PM ₁₀	1 ano	20
	24h	50
PM _{2,5}	1 ano	10
	24h	25

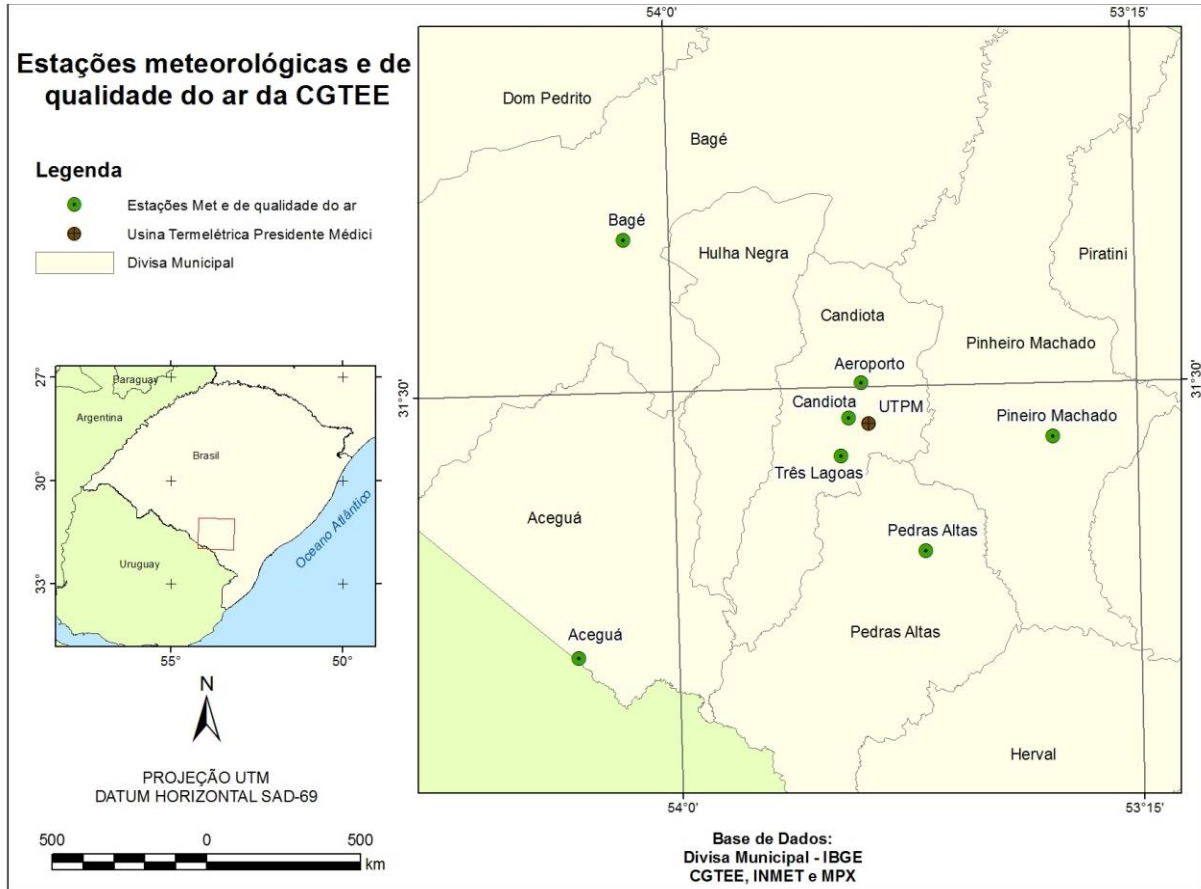
Fonte: World Health Organization, 2008.

Diversos estudos têm salientado que a influência da concentração de uma determinada substância na atmosfera varia no tempo e no espaço em função de reações químicas e/ou fotoquímicas, dos fenômenos de transporte, fatores meteorológicos e da topografia da região.

Em relação aos padrões de qualidade do ar aqui discutidos, cabe ressaltar que a região de Candiota, já conta com uma rede de monitoramento de propriedade da Eletrobrás CGTEE, a mesma é mantida operacional desde outubro/2011 (Quadro 18). Informações relacionadas aos dados de concentração dos poluentes SO₂, NO₂ e MP, foram disponibilizadas pela Eletrobrás CGTEE para compor este estudo. Para a discussão da qualidade do ar, as informações da rede de monitoramento para o ano de 2013 foram consideradas para os poluentes SO₂ e NO₂.

A localização das estações de qualidade do ar instaladas na região, encontram-se ilustradas na Figura 2.

Figura 2 – Distribuição espacial das estações da rede de monitoramento da qualidade do ar da CGTEE.

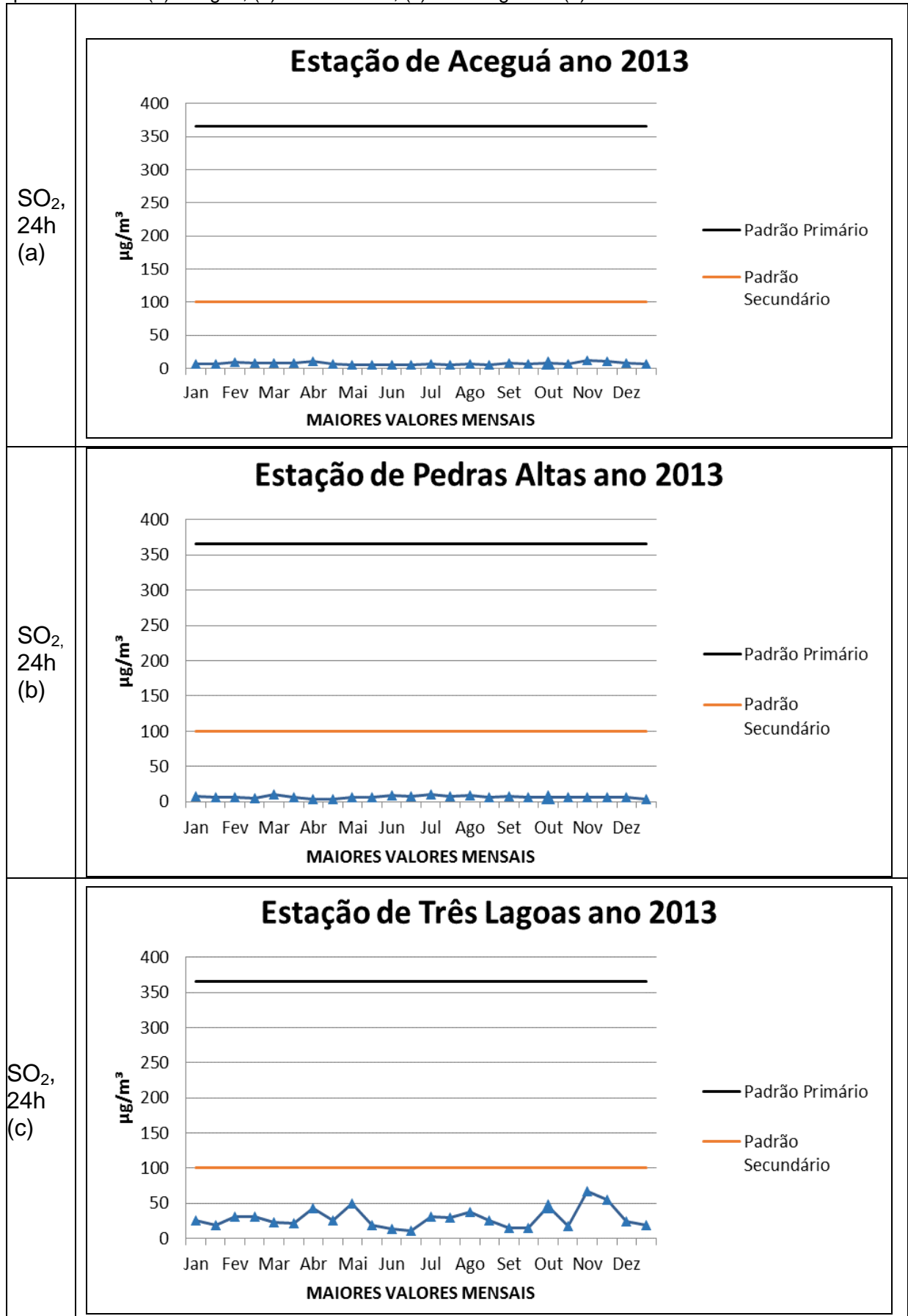


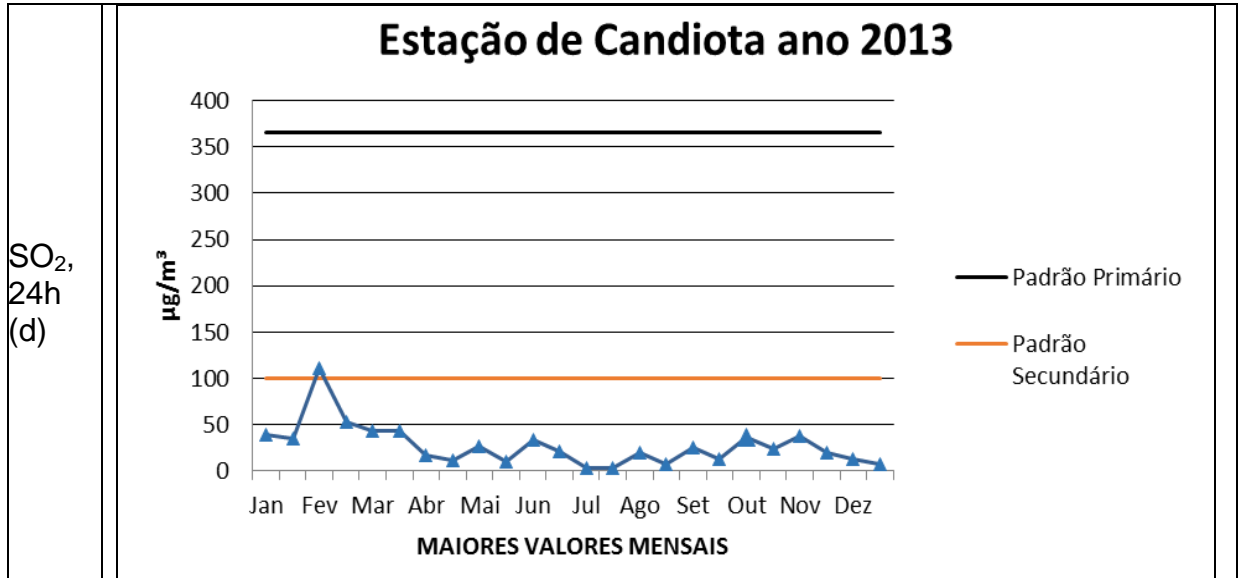
Quadro 18 - Estações de Monitoramento da CGTEE. Fonte: CGTEE (2011).

Estação	Latitude	Longitude
Aeroporto	-31°29'42.80"S	-53°41'38.00"W
Candiota	-31°32'35.77"S	-53°42'55.87"W
Três Lagoas	-31°35'42.30"S	-53°43'42.70"W
Aceguá	-31°51'51.85"S	-54°9'43.71"W
Pedras Altas	-31°43'43.25"S	-53°35'45.36"W
Pinheiro Machado	-31°34'29.30"S	-53°23'11.22"W
Bagé	-31°17'21.96"S	-54°4'16.20"W

Através das Figuras 3 (a-d), concentrações de SO₂ e Figuras 4 (a-e) concentrações de NO₂, a seguir, é possível observar que de maneira geral, para todas as estações consideradas, as concentrações estão abaixo dos padrões primários e secundários de qualidade do ar para o poluente NO₂ e abaixo do padrão primário para o poluente SO₂, ultrapassando uma única vez o padrão secundário. Se considerarmos o Quadro 16, relacionado aos Padrões Nacionais de Qualidade do Ar, níveis de Atenção, fica evidente que os valores medidos estão bem abaixo dos padrões para todo período de estudo.

Figura 3 - Concentração de Dióxido de Enxofre (μm^3) Ano/2013 para as seguintes estações de qualidade do ar (a) Acegua, (b) Pedras Altas, (c) Três Lagoas e (d) Candiota.

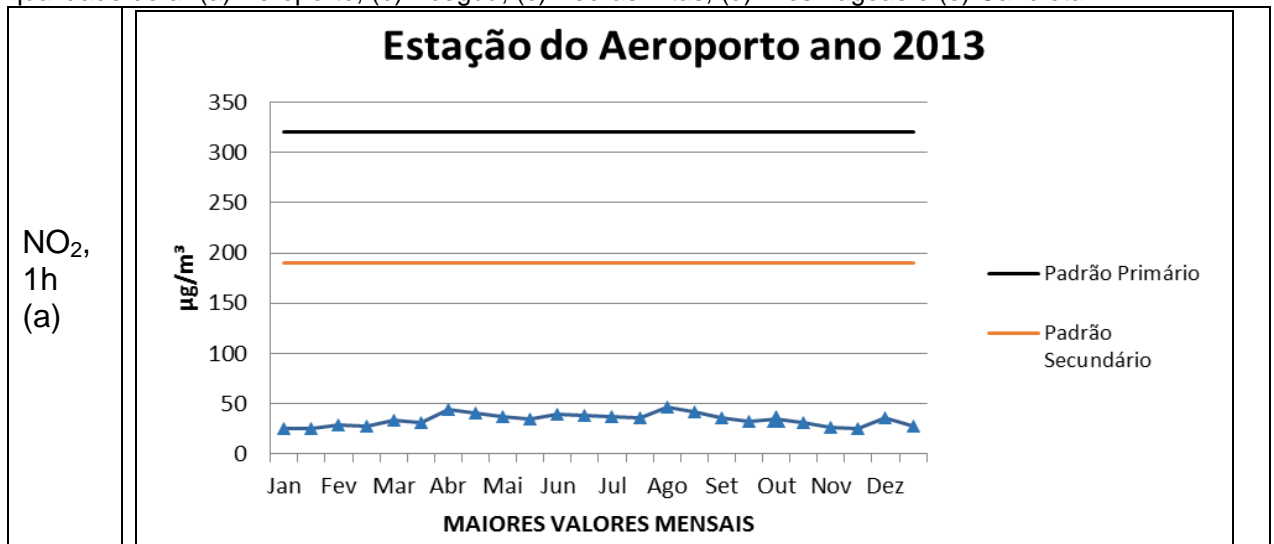




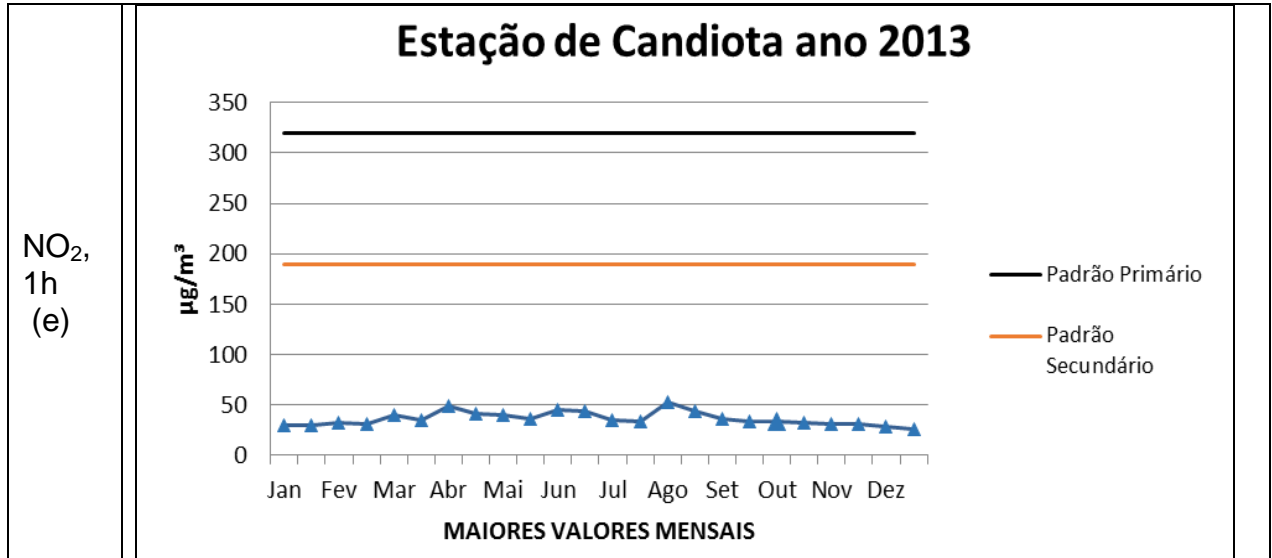
As Figuras acima ilustram a relação das concentrações com os padrões de qualidade do ar primário (linha preta) e secundário (linha alaranjada).

Através das mesmas é possível observar que durante o ano de 2013, somente o dia 06/02/13, ultrapassou o padrão secundário na estação Candiota, localizada na Vila Dario Lassance, nos demais dias os valores ficaram muito abaixo dos padrões de qualidade do ar.

Figura 4 - Concentração de Dióxido de Nitrogênio (μm^3) Ano/2013 para as seguintes estações de qualidade do ar (a) Aeroporto, (b) Aceguá, (c) Pedras Altas, (d) Três Lagoas e (e) Candiota.



<p>NO₂, 1h (b)</p>	<h3 style="text-align: center;">Estação de Aceguá ano 2013</h3> <p style="text-align: center;">MAIORES VALORES MENSAIS</p>
<p>NO₂, 1h (c)</p>	<h3 style="text-align: center;">Estação de Pedras Altas ano 2013</h3> <p style="text-align: center;">MAIORES VALORES MENSAIS</p>
<p>NO₂, 1h (d)</p>	<h3 style="text-align: center;">Estação de Três Lagoas ano 2013</h3> <p style="text-align: center;">MAIORES VALORES MENSAIS</p>



As Figuras acima ilustram a relação das concentrações com os padrões de qualidade do ar primário (linha preta) e secundário (linha alaranjada), para o poluente NO₂.

Através das mesmas é possível observar que durante o ano de 2013, os padrões primário e secundário, não foram ultrapassados em nenhum dos dias monitorados.

De acordo com os dados apresentados acima, fica evidente que na região de estudo a qualidade do ar é boa. Isso fica evidente quando apresentamos os dados da intensidade dos ventos na região de Candiota.

II.B DADOS METEOROLÓGICOS

II.B.1 Discussão dos dados de superfície

A meteorologia tem um papel fundamental em relação à qualidade do ar. Na verdade são os eventos meteorológicos que distinguem eventos favoráveis ou não a dispersão de poluentes, uma vez que estão imersos na atmosfera. Para o estudo da dispersão dos poluentes foram considerados os dados da estação meteorológica localizada em Bagé-RS, local este considerado externo a planta, para o período de 2009, 2010 e 2011, e para o período compreendido entre 2012 e 2013 foi utilizada a estação meteorológica instalada no aeroporto de Candiota, município de Candiota-RS, local considerado interno a planta.

A estação meteorológica é instalada em uma base física, numa área livre de obstruções naturais e prediais, situada em área gramada mínima de 14x18m, cercada por tela metálica (para evitar entrada de animais). Os sensores e demais instrumentos são fixados em um mastro metálico de 10 metros de altura, aterrado eletricamente (malha de cobre) e protegido por pára-raios. Os aparelhos para as medições de chuva (pluviômetro) e de radiação solar, bem como a antena para a comunicação, ficam situados fora do mastro, mas dentro do cercado.

- Externo a Planta

Para os dados meteorológicos referente a planta externa foi considerada a estação meteorológica instalada no aeroporto de Bagé-RS, o período de

informações meteorológicas considerados nesta etapa é de três anos, 2009, 2010 e 2011. O Quadro 19 indica a localização (latitude, longitude e altitude).da estação meteorológica externa a planta.

Quadro 19 - Estações meteorológicas aeroporto de Bagé-RS.

Estação	Localização	Latitude (°)	Longitude (°)	Altitude (m)
A827	Bagé	31,3478S	54,0133W	230

- Interno a Planta

Os dados meteorológicos considerados para o estudo da dispersão, no cenário interno a planta, foram os dados obtidos através da estação meteorológica automática instalada no aeroporto de Bagé-RS, o período de informações meteorológicas considerados nesta etapa é de dois anos, 2012 e 2013.

No Quadro 20 encontra-se a a estação meteorológica instalada no aeroporto de Candiota e suas respectivas localizações (latitude, longitude e altitude).

Quadro 20 - Estações meteorológicas aeroporto de Candiota-RS.

Estação	Localização	Latitude (°)	Longitude (°)	Altitude (m)
CGTEE	Aeroporto	31,4943S	54,6938W	221

Tratamento dos dados faltantes:

Nos Quadros 21 e 22 são apresentados de forma qualitativa os dados meteorológicos faltantes na estação de Bagé.

Quadro 21 - Tipo de falha nos dados meteorológicos diários da estação meteorológica de Bagé-RS. Sem registro dos valores máximos e mínimos das variáveis, sem registro da temperatura do ponto de orvalho e rajada de vento (S); Sem dados (N); Mais de 10% de dados faltantes (F); Menos de 10% de dados faltantes (C). Período: janeiro de 2009 até dezembro de 2013.

Estação	Ano	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Bagé	2009	S	F	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
	2010	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
	2011	C	C	C	C	C	C	C	F	C	C	C	C

Quadro 22 - Número de dados meteorológicos diários faltantes na Estação de Bagé; Sem dados (N). Período: janeiro de 2009 até dezembro de 2013.

Bagé																	
Mês	Temperatura (°C)			Umidade (%)			Pto. Orvalho (°C)			Pressão (hPa)			Vento (m/s)			Rad. (kJ/m ²)	Prec. (mm)
	Inst	Máx.	Mín.	Inst	Máx.	Mín.	Inst	Máx.	Mín.	Inst	Máx.	Mín.	Vel.	Dir.	Raj.		
2009																	
jan	0	N	N	0	N	N	N	N	N	0	N	N	0	0	N	0	0
fev	0	56	56	0	56	56	56	56	56	0	56	56	0	0	56	0	0
mar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
abr	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
mai	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
jun	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
jul	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ago	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
set	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
out	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
nov	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
dez	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2010																	
jan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
fev	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
mar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
abr	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
mai	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Bagé																	
Mês	Temperatura (°C)			Umidade (%)			Pto. Orvalho (°C)			Pressão (hPa)			Vento (m/s)			Rad. (kJm ²)	Prec. (mm)
	Inst	Máx.	Min.	Inst	Máx.	Min.	Inst	Máx.	Min.	Inst	Máx.	Min.	Vel.	Dir.	Raj.		
2010																	
jun	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
jul	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ago	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
set	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
out	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
nov	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
dez	0	2	2	1	2	2	2	2	2	0	2	2	0	0	2	0	0
2011																	
jan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
fev	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
mar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
abr	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
mai	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
jun	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
jul	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
ago	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136
set	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
out	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
nov	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
dez	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	1	3	3	1

Em relação aos dados fornecidos pela Eletrobrás CGTEE, período 2012 e 2013, estes são considerados de boa qualidade, ou seja, menos de 10% de dados faltantes para a estação meteorológica instalada no aeroporto de Candiota.

Para elucidação e análise da predominância de direção e intensidade do vento, foi utilizado o *software* WRPLOT-View. Assim, foram geradas as rosas dos ventos anuais, sazonais e mensais do período de análise, mostrando a frequência de ocorrência de ventos na região e as classes de velocidade do vento.

A seguir encontram-se os gráficos relacionados a rosa dos ventos. Para análise da direção predominante e intensidade do vento, os gráficos tiveram uma distribuição sazonal, conforme as Figuras a seguir.

Figura 5. Intensidade e direção predominantes do vento no período de primavera (out-dez) de 2009-2013.

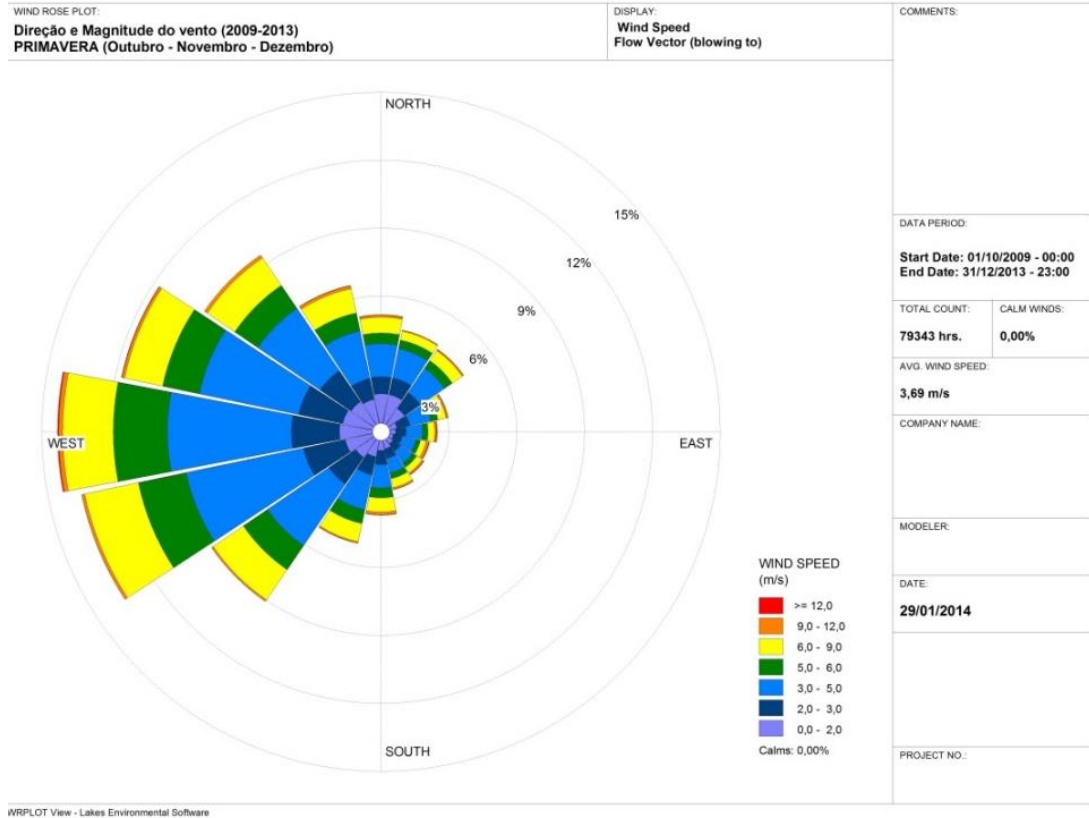
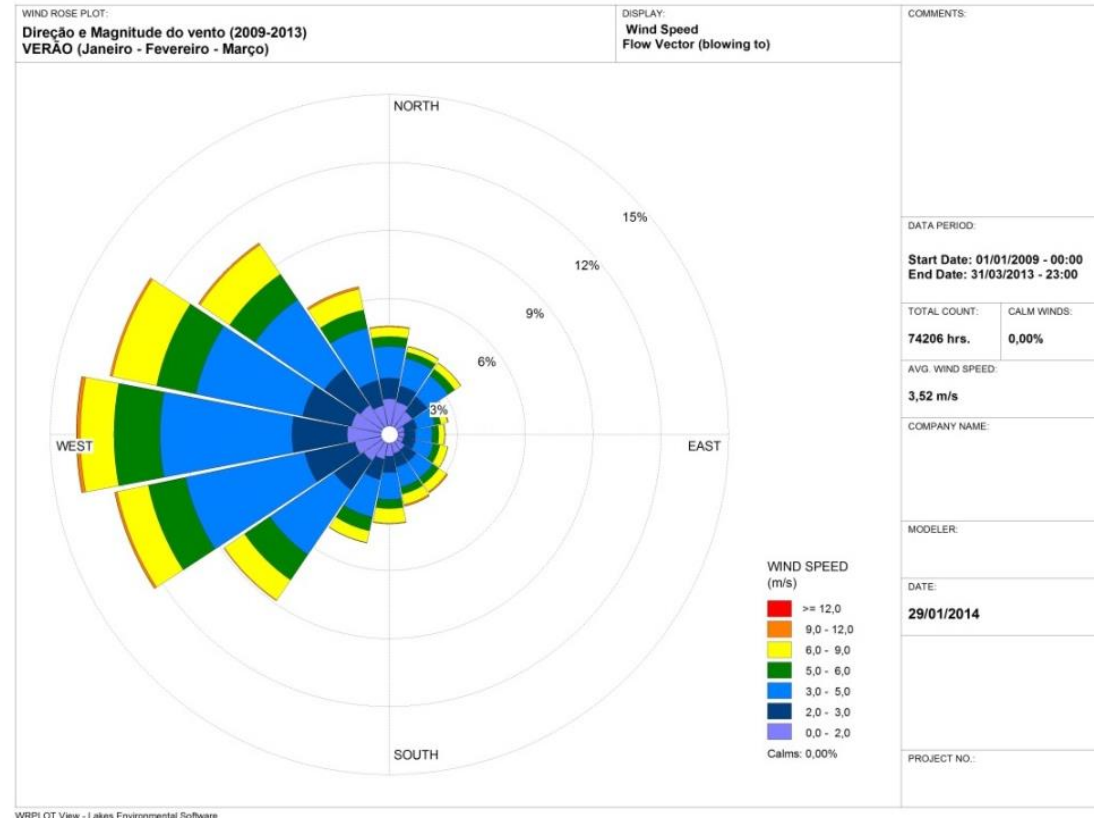


Figura 6. Intensidade e direção predominantes do vento no período de verão (jan-mar) de 2009-2013.



Quando próxima do litoral do RS, a Alta Subtropical do Atlântico Sul provoca ventos vindos de leste, principalmente no verão, os quais trazem mais umidade do oceano Atlântico o que ameniza a temperatura. Isso também provoca o domínio do sistema associado à Massa Tropical Atlântica (mTa). Esta massa tem atuação significativa no leste do estado durante a primavera, verão e início do outono. Esse domínio de ventos de leste (em direção a oeste) pode ser visto nas rosas dos ventos plotadas e mostradas a seguir nas Figs. 5 e 6, para o período de primavera e verão.

Mesmo no inverno quando o anticiclone encontra-se mais ao norte do hemisfério, os ventos vêm de nordeste e adentram o continente em direção a sudoeste. Neste percurso a massa de ar vai perdendo sua umidade e aumentando sua temperatura pelas trocas de calor entre a superfície e a baixa troposfera. Análises sazonais têm mostrado uma queda na frequência dos ventos de nordeste (NE) e de leste (L) durante o inverno, aliada a um claro aumento na frequência dos ventos de sudoeste (SO) e de oeste (O), associados à passagem de frentes frias (Figs. 7 e 8).

Figura 7. Intensidade e direção predominantes do vento no período de outono (abr-jun) de 2009-2013.

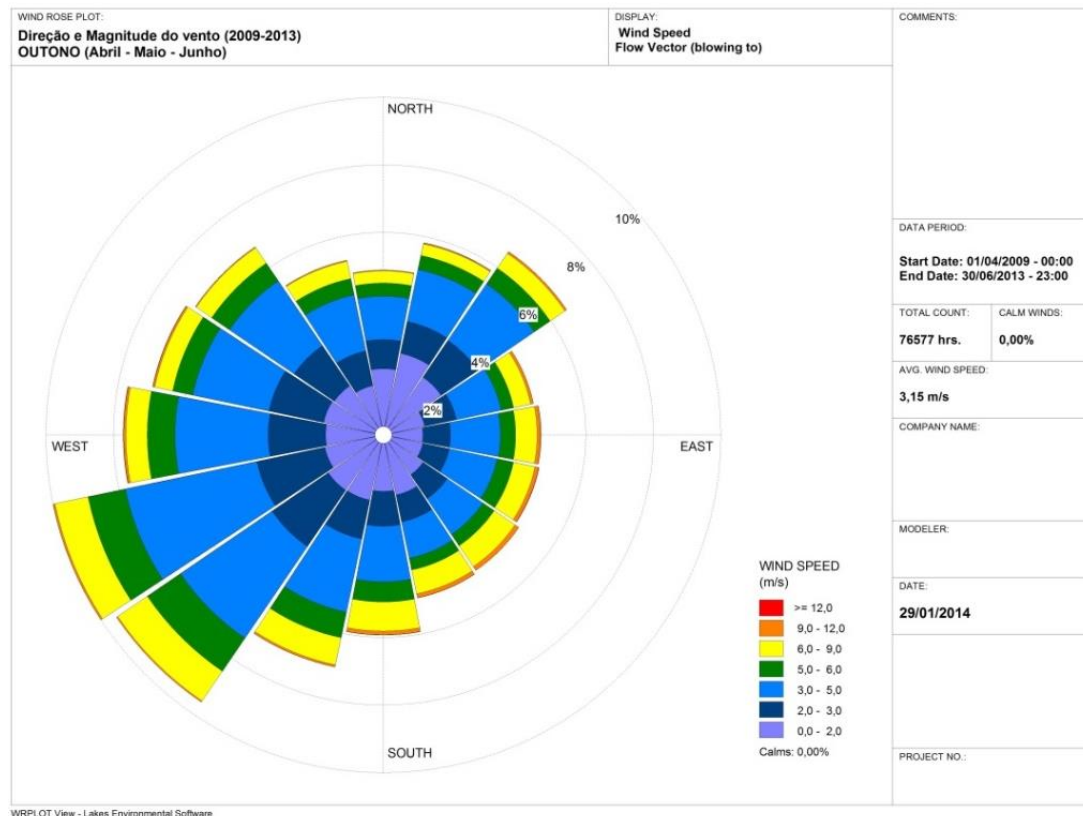
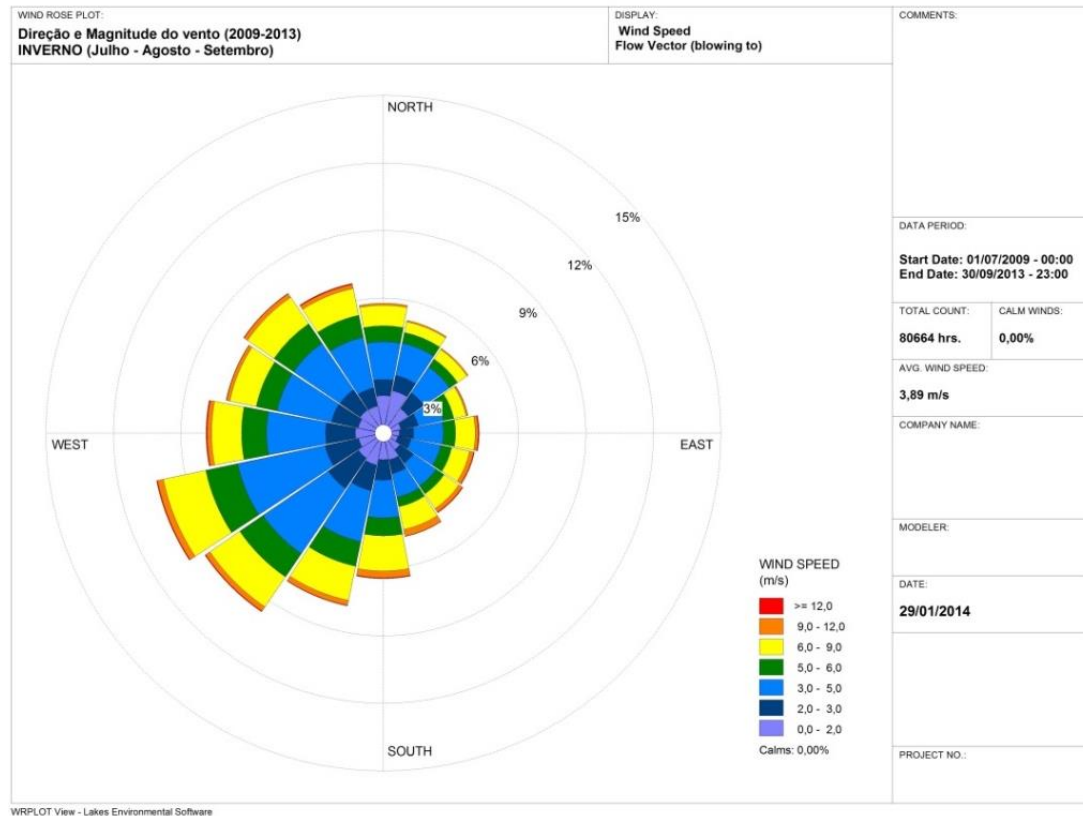


Figura 8. Intensidade e direção predominantes do vento no período de inverno (jul-set) de 2009-2013.



II.B.2 Discussão dos dados da camada superior de ar

Conforme proposto no Termo de Referência do Estudo de Dispersão Atmosférica emitido pelo IBAMA em Setembro/2013, o modelo de dispersão utilizado foi o AERMOD. O referido modelo exige vários parâmetros meteorológicos para realizar a simulação da dispersão de poluentes. Alguns desses parâmetros, são provenientes diretamente da estação de superfície (pressão, direção do vento, velocidade do vento, temperatura do ar, precipitação e radiação solar). Outros parâmetros, denominados escalas da Camada Limite Planetária (CLP), precisam ser calculados. Esses parâmetros são: velocidade de fricção, comprimento de Obukhov, escala de velocidade convectiva, fluxo de calor sensível na superfície e altura da CLP.

O método utilizado para determinar os parâmetros de escala da CLP é o chamado Método do Balanço de Energia e é baseado no trabalho de Holtslag e van Ulden (1983). O balanço de energia na superfície pode ser escrito como:

$$Q_* + Q_f = Q_h + Q_e + Q_g, \quad (1)$$

Onde Q_* é a radiação líquida, Q_f é o fluxo de calor antropogênico, Q_h é o fluxo de calor sensível, Q_e é o fluxo de calor latente e Q_g é o fluxo de calor dentro do solo.

O fluxo de calor sensível durante o dia pode ser determinado a partir da Equação (1) e de outras quantidades conhecidas:

$$Q_h = \frac{B}{1+B} [Q_* (1 - c_g) + Q_f], \quad (2)$$

Onde B é a razão de Bowen (razão do fluxo de calor sensível para o fluxo de calor latente) e c_g é uma constante que depende das propriedades da superfície.

Uma vez que Q_h é determinado, o comprimento de Obukhov (L) e a velocidade de fricção (u_*) são calculados por iteração:

$$u_* = k\bar{u} / [\ln(z/z_o) - \psi_m(z/L) + \psi_m(z_o/L)] \quad (3)$$

e

$$L = -\rho c_p T u_*^3 / k g Q_h, \quad (4)$$

Onde z_o é o comprimento de rugosidade na superfície, \bar{u} é a velocidade média do vento, k é a constante de von Karman ($= 0,4$), ψ_m é uma função de estabilidade, c_p é o calor específico a pressão constante, ρ é a densidade do ar, T é a temperatura do ar e g é a aceleração gravitacional. Durante condições estáveis, u_* é calculado através do seguinte método:

$$u_* = 0,5 C_{DN} \bar{u} [1 + C^{1/2}], \quad (5)$$

Onde,

$$C = 1 - (4u_o^2 / C_{DN} \bar{u}^2) \text{ e } u_o^2 = \gamma z_m g \theta_* / T$$

e C_{DN} é o coeficiente de arrasto neutro, γ é uma constante ($= 4,7$) e z_m é altura de observação da velocidade do vento.

A escala de temperatura, θ_* , é calculada como o mínimo de duas estimativas:

$$\theta_* = \min[\theta_{*1}, \theta_{*2}]. \quad (6)$$

Onde,

$$\theta_{*1} = 0.09(1 - 0.5N^2) \quad \text{e} \quad \theta_{*2} = T C_{DN} \bar{u}^{-2} / 4 \gamma z_m g$$

O fluxo de calor sensível durante a noite pode ser calculado em função de u_* e θ_* por:

$$Q_h = -\rho c_p u_* \theta_* \quad (7)$$

A altura da CLP durante condições convectivas é determinada pela equação diferencial sugerida por Gryning e Batchvarova (1990):

$$\frac{dh}{dt} = \frac{(1 + 2\alpha)h - 2\beta k L Q_h}{h^2} \frac{1}{\gamma}, \quad (8)$$

Onde $\alpha = 0.2$, $\beta = 2.5$ e γ_θ é o gradiente de temperatura potencial. A altura da CLP estável é determinada a partir da equação sugerida por Zilitinkevich (1972):

$$h = 0.4 \sqrt{\frac{u_* L}{f}}, \quad (9)$$

Onde f é o parâmetro de Coriolis. A altura da CLP em condições neutras é sugerida por Deardorff (1974):

$$h = \frac{0,25u_*}{f} \quad (10)$$

A escala de velocidade convectiva é computada através da seguinte equação:

$$w_* = \left(\frac{g Q_h z h}{T \rho c_p} \right)^{1/3} \quad (11)$$

Sobre a água, as propriedades térmicas e aerodinâmicas da superfície requerem métodos diferentes para o cálculo dos parâmetros da CLP. Uma das diferenças mais importantes entre as camadas limites terrestre e marinha é a ausência de um grande fluxo de calor sensível dirigido por radiação solar.

O coeficiente de arrasto de momentum neutro sobre a água, C_{uN} , pode ser calculado em termos da velocidade do vento na altura da estação meteorológica (Garratt, 1977):

$$C_{uN} = (0.75 + 0.067\bar{u}) \times 10^{-3}, \quad (12)$$

A velocidade de fricção pode, então, ser determinada a partir da definição do coeficiente de arrasto:

$$u_* = \bar{u} C_{uN}^{1/2}, \quad (13)$$

Devido a importância do fluxo de calor latente sobre a água, a temperatura potencial é utilizada na definição do comprimento de Obukhov (Hanna *et al.*, 1985):

$$L = \frac{\theta C_{uN}^{3/2} \bar{u}^2}{E_2 (\theta - \theta_s)}, \quad (14)$$

Onde θ e θ_s são as temperaturas potenciais do ar e da água e $E_2 = 5.096 \times 10^{-3}$.

Sobre a água, devido ao efeito do vento sobre a altura das ondas, o comprimento de rugosidade varia. O modelo de balanço de energia emprega a relação derivada por Hosker (1974) para expressar a rugosidade da superfície em termos da velocidade do vento medida na altura da estação meteorológica:

$$z_0 = 2.0 \times 10^{-6} \bar{u}^{2.5} \quad (15)$$

O fluxo de calor sensível na superfície é calculado pelo Método Bulk da seguinte forma:

$$Q_h = -\rho c_p C_{uN} \bar{u} (T_s - T), \quad (16)$$

Onde T_s é a temperatura da superfície da água (temperatura da superfície do mar - TSM).

A altura da camada limite sobre a água é calculada usando uma relação para condições neutras:

$$h = 0.16 \frac{u_*}{f} \quad (17)$$

Onde u_* é dado pela Equação (13).

II.B.3 Justificativa e conclusões acerca da representatividade dos dados obtidos

A dispersão na atmosfera de um poluente bem como a determinação de sua concentração está diretamente relacionadas com as condições meteorológicas, micro meteorológicas e climáticas e estas, interligadas à topografia, ao uso e ocupação do solo bem como à climatologia local da região. Corroboram com as condições mencionadas, conforme Derísio (2007) a dependência dos parâmetros e condições em que se produz a emissão na fonte (chaminé), ou seja, as características da fonte, tais como: velocidade e temperatura dos gases, vazão etc.

Os principais processos atmosféricos que determinam o potencial de dispersão atmosférica dependem como dito anteriormente, das condições meteorológicas e da intensidade da turbulência atmosférica, esta por sua vez conforme Moraes *et al* (2010) é uma medida da capacidade da atmosfera de misturar os poluentes, acionadas a partir da interação entre as diversas escalas do movimento que atuam simultaneamente. Esses efeitos atuam sobre as fontes das zonas industrializadas no sentido de transportar e espalhar a poluição do ar sobre as áreas de influências caracterizadas pelos diferentes tipos de receptores (SEINFELD e PANDIS, 1998). No estudo da dispersão consideramos a estação meteorológica de propriedade da Eletrobrás CGTEE e a estação meteorológica localizada no município de Bagé-RS, para o período de 5 anos.

Conforme já discutido, o trabalho foi realizado considerando uma rede de estações meteorológicas, onde para a modelagem foi considerada apenas uma estação, os dados faltantes foram preenchidos com dados da estação meteorológica mais próxima, com a metodologia aqui utilizada o banco de dados meteorológicos organizado, tem consistência para o estudo realizado.

II.C CONDIÇÕES AMBIENTAIS

II.C.1 Concentrações de Fundo (*background*)

Para o estudo das concentrações de fundo foram considerados os dados das estações de qualidade do ar que compõem a rede de monitoramento de propriedade da ELETROBRÁS – CGTEE, a rede é composta de cinco estações e as quais encontram-se instaladas na região de Candiota-RS.

As concentrações máximas e médias, obtidas na região, podem ser vistas nos quadros 23 (a e b) a seguir:

Quadro 23.a - Maiores valores mensais para concentrações máximas de 1 h considerando o poluente NO₂ para o ano de 2013.

NO ₂ -2013 Máx. 1 hora	Aeroporto		Três Lagoas		Pedras Altas		Aceguá		Candiota	
	DIA	CT	DIA	CT	DIA	CT	DIA	CT	DIA	CT
Janeiro	26	25,2	07	22,7	24	13,7	04	13,2	13	30,2
	25	24,8	13	21,6	05	10,7	28	13,1	09	29,6
Fevereiro	13	28,1	14	31,7	17	12,4	17	11,6	03	32,8
	27	27,1	13	27,2	17	10,1	01	10,7	04	31,1
Março	26	33,8	22	31,4	10	12,2	29	17,8	27	39,4
	26	30,5	15	30,8	06	10,3	29	16,6	07	34,5
Abril	19	44,5	19	44,7	28	12,6	17	22,7	24	49,2
	18	41	18	44,3	24	11,8	18	21,3	26	41,8
Maio	14	36,7	16	41	09	24,6	25	21,5	14	40,3
	10	35,1	14	39,3	08	16,7	27	21,1	10	36,4
Junho	10	38,8	07	39,3	12	41,9	09	19,1	10	45,2
	07	38,4	10	36,3	12	35,5	07	18,9	19	43,7
Julho	31	37,3	01	50,9	02	35,1	20	20,1	27	34,9
	01	36,1	25	31,7	02	34,	29	16,6	15	33,4
Agosto	30	46,4	30	53,8	13	29,3	10	23,4	17	52,7
	01	41,6	01	44	28	26,7	14	18,8	01	43,3
Setembro	10	35,7	13	54,3	16	13,5	05	13	02	36,6
	09	32,2	08	40	30	12,	03	12,1	30	33,2
Outubro	18	34,9	07	37,8	19	12,4	10	14,8	28	34,1
	21	31,2	30	33,2	19	12,2	11	14,5	21	32,1
Novembro	26	26,2	07	36,1	11	21,2	25	15,8	29	30,8
	05	25,6	10	35,9	11	18,4	26	14,3	21	30,6
Dezembro	26	36,1	12	34,4	09	11,	30	29,8	27	28,3
	27	27,1	03	33,6	02	10,5	29	25,3	02	26,1

Quadro 23.b - Maiores valores mensais para concentrações médias de 24 horas para o poluente SO₂ para o ano de 2013.

SO ₂ -2013 Máx. valores médias 24h	Aeroporto		Três Lagoas		Pedras Altas		Aceguá		Candiota	
	DIA	CT	DIA	CT	DIA	CT	DIA	CT	DIA	CT
Janeiro			22	25,3	03	7,4	04	7,4	09	35,6
			23	18,3	31	6,1	28	7,1	20	39,4
Fevereiro			14	31,2	10	6,8	09	9,1	05	52,7
			16	31,3	17	5,1	23	8,0	06	111,6
Março			02	23,0	08	6,6	02	8,5	15	44,1
			30	21,8	25	10,2	08	7,7	18	43,3
Abril			08	24,9	01	3,8	01	7,2	09	16,7
			28	42,3	10	3,8	28	10,3	17	11,8
Maio			13	18,9	15	6,3	13	5,3	17	26,6
			28	49,0	28	7,0	25	5,3	22	9,8
Junho			01	11,2	21	8,2	03	5,0	20	34,4
			15	13,9	24	8,6	27	5,1	23	20,7
Julho	11	0	26	30,1	06	7,9	30	6,0	02	2,9
	31	5,2	30	30,7	31	9,9	31	7,3	08	3,5
Agosto	10	8,1	07	37,9	01	8,4	18	6,1	02	19,8
	26	7,5	18	25,8	05	6,1	19	5,5	17	7,8
Setembro	11	5,7	05	14,5	06	6,8	05	7,5	04	25,1

SO ₂ -2013 Máx. valores médias 24h	Aeroporto		Três Lagoas		Pedras Altas		Aceguá		Candiota	
	DIA	CT	DIA	CT	DIA	CT	DIA	CT	DIA	CT
	19	10	20	15,3	16	7,5	29	6,6	19	13,7
Outubro	05	17,4	08	45,6	19	6,0	09	6,9	03	36,8
	06	25,3	23	17,2	20	6,5	23	7,9	28	23,7
Novembro	26	8,8	01	54,4	18	6,7	01	10,1	05	38,0
	28	4,5	24	66,8	29	6,5	14	11,4	26	19,6
Dezembro	03	5,5	08	19,2	01	5,7	01	8,7	20	13,6
	28	7,2	24	24,2	27	3,4	03	7,5	28	7,4

II.C.2 Fontes de Emissão Atmosféricas Existentes na Região e o Incremento de Novas Fontes

As fontes de emissão atmosféricas existentes atualmente na região de Candiota-RS relacionadas a termelétrica, são as fontes da Usina Termelétrica Presidente Médici de propriedade da Eletrobrás CGTEE. As informações relacionadas às fontes deste empreendimento (Quadro 24) foram disponibilizadas pelo referido empreendedor e igualmente utilizadas no estudo para aferir a capacidade de suporte da bacia aérea da região de Candiota/RS promovido pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE).

Quadro 24 - Informações dos fatores e limites de emissão licenciados para as fontes existentes na região de Candiota-RS.

Fonte	Localização	Potência (MW)	Vazão dos gases (Nm ³ /h, bs, 6% O ₂)	Concentração (mg/Nm ³ , bs, 6% O ₂)
CGTEE -Fase A substituída	6.508.634 S; 239.761 E	1 x 300	1.160.000	MP: 50
				SO ₂ : 400
				NO _x : 400
CGTEE - Fases B1 e B2 com adequações	6.506.173 S; 245.306 E	2x160	2 x 840.000	MP: 265
				SO _x : 1700
				NO _x : 680
CGTEE Fase C	6.506.529 S; 245.409 E	350		MP: 265
				SO _x : 1700
				NO _x : 680

As informações dos empreendimentos com Licença Ambiental Prévia, caso da MPX Sul e Seival, e aos empreendimentos em fase de licenciamento, UTE Pampa Sul e CGTEE fase D, foram igualmente obtidas no estudo para aferir a capacidade de suporte da bacia aérea da região de Candiota/RS promovido pela Empresa de Pesquisa Energética EPE. No Quadro 25 estão as informações relacionadas às fontes dos novos empreendimentos.

Quadro 25 - Informações dos fatores e limites de emissão licenciados para as fontes existentes na região de Candiota-RS cada fonte com potencial de degradação da qualidade do ar na área em estudo.

Fonte	Localização	Potência (MW)	Vazão dos gases (Nm ³ /h, bs, 6%O ₂)	Concentração (mg/Nm ³ , bs, 6%O ₂)
SEIVAL	6.512.128 S; 234.284 E	2 X 300,0	2.355.215,2	MP: 50
				SO _x : 400
				NO _x : 400
MPX SUL	6.515.900 S; 243.980 E	2 x 363,5	2.970.000	MP: 50
				SO _x : 400
				NO _x : 400
PAMPA 1	6.517.154 S;	340	1.152.000	MP: 50

Fonte	Localização	Potência (MW)	Vazão dos gases (Nm ³ /h, bs, 6%O ₂)	Concentração (mg/Nm ³ , bs, 6%O ₂)
	236.249 E			SO ₂ : 400
				NO _x : 400
PAMPA 2	6.517.069 S; 236.249 E	340	1.152.000	MP: 50
				SO ₂ : 400
				NO _x : 400
CGTEE D	6.508.467 S; 239375 E	2 X 340	2 X 1.160.000	MP: 50
				SO ₂ : 400
				NO _x : 400

II.D EMISSÕES ATMOSFÉRICAS

Para o estudo das emissões atmosféricas foram consideradas as seguintes fontes:

1. Em operação: UTE CGTEE - fase C, UTE CGTEE fases A e B já adequadas;
2. Com Licença Prévia: UTE MPX SUL, e UTE SEIVAL;
3. Em licenciamento (fase LP): UTE PAMPA SUL e UTE CGTEE fase D.

Para o estudo da dispersão dos parâmetros atmosféricos foram considerados diferentes cenários de dispersão dos poluentes.

Período de 2009 a 2013:

- Cenário considerando UTE PAMPA SUL isolada;
 - médias diárias;
 - máximos 1 hora;
 - médias mensais;
 - médias anuais.
- Cenário considerando todas as fontes de emissão;
 - médias diárias;
 - máximos 1 hora;
 - médias mensais;
 - médias anuais.
- Cenário considerando todas as fontes menos a fonte da UTE PAMPA SUL;
 - médias diárias;
 - máximos 1 hora;
 - médias mensais;
 - médias anuais.

Os resultados obtidos, com a modelagem da dispersão dos poluentes, para os cenários acima, são apresentados em forma de quadros com os máximos valores de concentração e suas respectivas localizações e isolinhas de concentração, nos anexos 1 a 5. Os anexos são divididos conforme segue:

- Anexo 1 – cenários para 5 anos (2009-2010-2011- 2012 e 2013) carga operacional de todas as fontes 100%. Objetivo deste anexo é verificar, de acordo com o período de estudo (2009-2013), qual foi pior ano para a dispersão de poluentes de acordo com as condições atmosféricas. Em todas as simulações os cenários de fonte consideram a carga operacional de 100%.

Constam neste cenário um total de 135 isolinhas de concentração para os poluentes PM₁₀, NO_x, NO₂ e SO₂;

- Anexo 2 – o pior cenário de modelagem - ano 2010 – UTE PAMPA SUL carga 60%. Neste cenário é possível verificar qual a influência da fonte UTE PAMPA SUL, quando a mesma reduz a carga operacional de 100% para 60%, o que consequentemente reduz as emissões dos poluentes para a atmosfera. O importante neste cenário é o quanto esta redução é significativa para o conjunto das fontes, tanto já existentes quanto futuras;
- Anexo 3 - cenários críticos considerando as menores e maiores temperaturas atmosféricas, carga operacional para todas as fontes de 100%. O anexo 3 apresenta qual a influência da temperatura ambiente para a dispersão dos poluentes; neste cenário foi escolhido um período de verão (09-13/02/2010) e um período de inverno (01-06/08/2010). Através dos resultados obtidos temos a relação da temperatura do ar nas concentrações superficiais para os poluentes estudados;
- Anexo 4 - cenários variando a configuração do terreno. Este anexo apresenta a influência da topografia na dispersão dos poluentes; são consideradas três configurações de terreno: plano, elevado e complexo; e
- Anexo 5 - cenários variando a malha proposta. Os cenários simulados têm como principal objetivo verificar qual a influência da resolução espacial na dispersão dos poluentes atmosféricos. Nestes cenários foram consideradas resoluções de 500 m, 1 km e 2 km.

As características de emissão de cada um dos empreendimentos citados encontram-se discutidas no próximo item.

II.D.1 Características das emissões da planta de produção

As informações relacionadas às características das fontes de emissão, dos poluentes MP, NO_x e SO₂, encontram-se nos Quadros 26 e 27 (fatores de Dados físicos/de projeto das fontes de emissão), 28 e 29 (taxas de emissão), para todas as fontes consideradas no estudo. Tais informações foram utilizadas para realizar a modelagem da dispersão dos poluentes na região.

Quadro 26 – Dados de emissões das chaminés para as fontes atuais e fontes futuras carga de 100%.

Fonte	Localização	Temperatura de saída (K)	Velocidade de saída (m/s)	Altura da fonte (m)	Diâmetro da fonte (m)	Cota Base Chaminé (m)
CGTEE -Fase A substituída	6.508.634 S; 239.761 E	358,0	11,8	200,0	6,0	229,0
CGTEE - Fases B1 e B2 com adequações	6.506.173 S; 245.306 E	443,0	9,6	150,0	5,6	229,0
CGTEE Fase C	6.506.529 S; 245.409 E	350,0	9	200,0	9,0	
SEIVAL	6.512.128 S; 234.284 E	418,8	22,0	200,0	7,7	228,0
MPX SUL	6.515.900 S; 243.980 E	412,0	26,3	200,0	8,0	223,0
CGTEE Fase D	6.508.467 S; 239375 E	358,0	11,8	200,0	6,0	223,0

Fonte	Localização	Temperatura de saída (K)	Velocidade de saída (m/s)	Altura da fonte (m)	Diâmetro da fonte (m)	Cota Base Chaminé (m)
PAMPA 1	6.517.154 S; 236.249 E	333	24,5	200	5,5	182,0
PAMPA 2	6.517.069 S; 236.249 E	333	24,5	200	5,5	182,0

Fonte: Estudo para Aferir a Capacidade de Suporte da Bacia Aérea da Região de Candiota/RS

Quadro 27 – Dados de emissões das chaminés para as fontes UTE Pampa Sul, carga de 60%.

Fonte	Localização	Temperatura de saída (K)	Velocidade de saída (m/s)	Altura da fonte (m)	Diâmetro da fonte (m)	Cota da Base da Chaminé (m)
PAMPA 1	6.517.154 S; 236.249 E	333	24,5	200	5,5	182
PAMPA 2	6.517.069 S; 236.249 E	333	14,5	200	5,5	182

Fonte: Estudo para Aferir a Capacidade de Suporte da Bacia Aérea da Região de Candiota/RS

Quadro 28 – Taxas de Emissões atmosféricas para as fontes atuais e fontes futuras, carga de 100%.

Fonte	Localização	Emissão SO ₂ (g/s)	Emissão NOx (g/s)	Emissão MP (g/s)
CGTEE -Fase A substituída	6.508.634 S; 239.761 E	128,9	128,9	16,1
CGTEE - Fases B1 e B2, com adequações	6.506.173 S; 245.306 E	2 x 396,7 = 793,3	2 x 158,7 = 317,3	2 x 61,8 = 123,7
CGTEE Fase C	6.506.529 S; 245.409 E	680,0	272,0	106,0
SEIVAL	6.512.128 S; 234.284 E	261,7	261,7	32,7
MPX SUL	6.515.900 S; 243.980 E	330,0	330,0	41,2
CGTEE Fase D	6.508.467 S; 239375 E	258,0	258,0	32,0
PAMPA 1	6.517.154 S; 236.249 E	128	128	16
PAMPA 2	6.517.069 S; 236.249 E	128	128	16

Fonte: Estudo para Aferir a Capacidade de Suporte da Bacia Aérea da Região de Candiota/RS

Quadro 29 – Taxas de Emissões atmosféricas para as fontes UTE Pampa Sul, carga de 60%.

Fonte	Localização	Emissão SO ₂ (g/s)	Emissão NOx (g/s)	Emissão MP (g/s)
PAMPA 1	6.517.154 S; 236.249 E	77	77	10
PAMPA 2	6.517.069 S; 236.249 E	77	77	10

Fonte: Estudo para Aferir a Capacidade de Suporte da Bacia Aérea da Região de Candiota/RS.

Todas as informações relacionadas às emissões dos poluentes, aqui consideradas, foram obtidas do Estudo para Aferir a Capacidade de Suporte da Bacia Aérea da Região de Candiota/RS, promovido pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE).

II.D.2 Cenários de operação para as unidades emissoras

Para a UTE Pampa Sul, os cenários utilizados na modelagem da dispersão dos poluentes são as seguintes:

- Cargas Operacionais.
 - 100% de carga para o período de 2009-2013;
 - 60% de carga para o pior cenário anual ano de 2010.

O Quadro a seguir refere-se aos cenários propostos para o desenvolvimento do trabalho.

Quadro 30 - Poluentes SO₂, NO_x e MP cenários para 5 anos (2009-2010-2011- 2012 e 2013)

Fonte	Carga	Temperatura média anual	Condição operacional
UTE Pampa Sul isolada	100 %	X	Normal
UTE Pampa Sul, CGTEE, MPX SUL, SEIVAL	100 %	X	Normal
UTE Pampa Sul, CGTEE, MPX SUL, SEIVAL	100 %	X	Carga normal às demais fontes

As simulações da dispersão dos poluentes dióxido de nitrogênio (NO₂), material particulado (PM₁₀) e dióxido de enxofre (SO₂) foram realizadas com o modelo de dispersão AERMOD, versão 8.5.1.

O domínio de simulação compreende uma área de 4.900 km² (70 km x 70 km), com resolução horizontal de 1.000 m. Este domínio foi configurado, utilizando-se dois critérios. O primeiro diz respeito a determinação da Organização Meteorológica Mundial (OMM), a qual indica que dados de uma estação meteorológica de superfície podem ser considerados em um raio de até 25 km em condições meteorológicas relativamente homogêneas e sobre terreno plano, as estações aqui consideradas encontram-se dentro desta área. Como na área em questão as condições são homogêneas, a utilização deste domínio de simulação está de acordo com a indicação da OMM. O segundo critério está relacionado ao fato de que, em uma análise inicial, a maioria dos picos de concentração ocorrem próximos das fontes de emissão. Assim, assegura-se que as maiores concentrações de poluentes ocorram dentro do domínio de simulação com boa margem de segurança.

As Figuras apresentadas no Anexo 1 (Figuras 1 a 135), apresentam as isolinhas de concentração média na superfície, dos poluentes PM₁₀, NO₂ e SO₂ calculadas pelo modelo AERMOD, conforme as solicitações do termo de referência, médias diárias, máximos valores horários, médias mensais e médias anuais. A concentração máxima média é obtida realizando o cálculo da média (de 1 hora ou 24 horas, conforme o poluente), calculados em cada ponto de grade. Após, determinam-se os maiores valores ocorridos em cada ponto de grade para a geração dos campos apresentados nas Figuras. Assim, os campos de concentração são valores máximos representativos de médias de curto intervalo de tempo (de 1 hora ou 24 horas), considerando todo o período de simulação. Não há indicação da hora em que ocorrem os picos de concentração de PM₁₀ e SO₂, pois para estes poluentes as médias são calculadas para períodos de 24 horas.

Os gráficos das isolinhas representam as concentrações sobre mapa bidimensional da topografia. Os valores dos picos de concentração calculados pelo modelo e as suas posições no domínio de simulação estão especificados nas legendas das Figuras. Nota-se que as concentrações dos poluentes NO₂, PM₁₀ e SO₂ estão bem abaixo dos padrões secundários de qualidade do ar sugerido pela Resolução CONAMA N° 03/1990 (ver Quadro 1), quando tratamos da fonte UTE Pampa Sul isolada.

As concentrações de poluentes em superfície dependem fundamentalmente das condições meteorológicas e do relevo da região. O transporte de poluentes está sob a influência de condições de grande escala e de circulações locais, como resultado dessa interação de escalas, a tendência da direção do vento, para o período considerado, é de nordeste-leste, o que resulta em um transporte da pluma para oeste-sudoeste. Naturalmente, a tendência da direção do vento influencia diretamente a localização e o valor dos picos de concentração. Além das condições meteorológicas, é possível observar que a topografia tem forte influência sobre distribuição da pluma de poluentes e, também, na determinação dos maiores valores de concentração. A topografia da área de estudo apresenta variações consideráveis, alcançando alturas de aproximadamente 450 metros.

Através das simulações realizadas para o período dos últimos cinco anos, o pior cenário anual para os poluentes aqui considerados foi o ano de 2010, através das isolinhas apresentadas é evidente que a inclusão da fonte de emissão da UTE Pampa Sul, não interfere em nenhum dos cenários nas concentrações já existentes na região de Candiota-RS, tais informações são verificadas em detalhe no Anexo 1.

Quanto aos máximos valores atingidos neste cenário, considerando as fontes de emissão, atuais e futuras com 100% de carga operacional, quando comparados aos padrões de qualidade do ar de acordo com a resolução CONAMA N° 03/1990, os valores relacionados ao material particulado são bem inferiores, conforme pode ser verificado no Quadro 31, quanto ao dióxido de nitrogênio, em nenhum dos cenários ultrapassa o padrão secundário, Quadro 32. O poluente dióxido de enxofre ultrapassou uma única vez em menos de 1% o padrão secundário no ano de 2010, conforme pode ser identificado no Anexo 1 e também no Quadro 33.

Quadro 31 - Comparação das concentrações obtidas através da modelagem atmosférica com os padrões secundários de qualidade do ar da resolução CONAMA N° 03/1990. Poluente PM₁₀, cenários para 5 anos (2009-2010-2011- 2012 e 2013), considerando todas as fontes (atuais e futuras), com 100% de carga operacional.

Período	PM10	Concentração MP (µg/m ³)	Padrão secundário (µg/m ³)
2009	24 horas	13,6	150
	anual	2	50
2010	24 horas	16,7	150
	anual	2,1	50
2011	24 horas	12,37	150
	anual	1,58	50
2012	24 horas	13,42	150
	anual	1,5	50
2013	24 horas	14,63	150
	anual	1,44	50

Quadro 32 - Comparação das concentrações obtidas através da modelagem atmosférica com os padrões secundários de qualidade do ar da resolução CONAMA Nº 03/1990. Poluente NO₂, cenários para 5 anos (2009-2010-2011- 2012 e 2013) considerando todas as fontes (atuais e futuras), com 100% de carga operacional

Período	Poluente NO ₂	Concentração NO ₂ (µg/m ³)	Padrão secundário (µg/m ³)
2009	1 hora	140,6	190
	anual	0,03	100
2010	1 hora	141,59	190
	anual	0,02	100
2011	1 hora	137,8	190
	anual	0,03	100
2012	1 hora	139,43	190
	anual	0,003	100
2013	1 hora	139,67	190
	anual	0,01	100

Quadro 33 - Comparação das concentrações obtidas através da modelagem atmosférica com os padrões secundários de qualidade do ar da resolução CONAMA Nº 03/1990. Poluente SO₂, cenários para 5 anos (2009-2010-2011- 2012 e 2013) considerando todas as fontes (atuais e futuras), com 100% de carga operacional

Período	Poluente SO ₂	Concentração SO ₂ (µg/m ³)	Padrão secundário (µg/m ³)
2009	24 horas	87,7	100
	anual	13,3	40
2010	24 horas	107,8	100
	anual	13,88	40
2011	24 horas	79,7	100
	anual	10,3	40
2012	24 horas	84,84	100
	anual	9,3	40
2013	24 horas	89,82	100
	anual	9,82	40

Além do cenário considerando 100% de carga das fontes atuais e futuras um cenário considerando a carga de 60% para a UTE Pampa Sul foi simulado para o ano de 2010. O Quadro 34 apresenta os cenários simulados.

Quadro 34 - Poluentes MP, NO_x e SO₂, ano 2010.

Fonte	Carga	Temperatura média anual	Condição operacional
UTE Pampa Sul, isolada	60 %	X	Normal
UTE Pampa Sul, CGTEE, MPX SUL, SEIVAL	60 %	X	Normal

Os quadros e isolinhas de concentração para este cenário encontram-se no Anexo 2. Através dos resultados obtidos com a modelagem numérica é observado que nenhum dos períodos estudados sofre alteração quanto aos máximos valores das concentrações, ou seja, os cenários para todas as fontes indicados nas Quadros 31, 32 e 33 não sofrem alteração devido as emissões da UTE Pampa Sul, para nenhum dos cenários estudados no anexo 1. Os Quadros 35, 36 e 37 a seguir indicam os valores de concentração para os poluentes MP, NO₂ e SO₂, obtidos para todas as fontes considerando a UTE Pampa Sul operando com carga de 60%.

Quadro 35 - Comparação das concentrações obtidas através da modelagem atmosférica com os padrões secundários de qualidade do ar da resolução CONAMA Nº 03/1990. Poluente PM₁₀, cenários para 5 anos (2009-2010-2011- 2012 e 2013), considerando todas as fontes (atuais e futuras). UTE Pampa Sul operando com carga de 60%.

Período	PM ₁₀	Concentração MP (µg/m ³)	Padrão secundário (µg/m ³)
2009	24 horas	13,6	150
	anual	2	50
2010	24 horas	16,7	150
	anual	2,1	50
2011	24 horas	12,37	150
	anual	1,58	50
2012	24 horas	13,42	150
	anual	1,5	50
2013	24 horas	14,63	150
	anual	1,44	50

Quadro 36 - Comparação das concentrações obtidas através da modelagem atmosférica com os padrões secundários de qualidade do ar da resolução CONAMA Nº 03/1990. Poluente NO₂, cenários para 5 anos (2009-2010-2011- 2012 e 2013) UTE Pampa Sul operando com carga de 60%.

Período	Poluente NO ₂	Concentração NO ₂ (µg/m ³)	Padrão secundário (µg/m ³)
2009	1 hora	140,6	190
	anual	0,03	100
2010	1 hora	141,59	190
	anual	0,02	100
2011	1 hora	137,8	190
	anual	0,03	100
2012	1 hora	139,43	190
	Anual	0,003	100
2013	1 hora	139,67	190
	Anual	0,01	100

Quadro 37 - Comparação das concentrações obtidas através da modelagem atmosférica com os padrões secundários de qualidade do ar da resolução CONAMA Nº 03/1990. Poluente SO₂, cenários para 5 anos (2009-2010-2011- 2012 e 2013) UTE PAMPA SUL operando com carga de 60%.

Período	Poluente SO ₂	Concentração SO ₂ (µg/m ³)	Padrão secundário (µg/m ³)
2009	24 horas	87,7	100
	anual	13,3	40
2010	24 horas	107,8	100
	anual	13,88	40
2011	24 horas	79,7	100
	anual	10,3	40
2012	24 horas	84,84	100
	Anual	9,3	40
2013	24 horas	89,82	100
	Anual	9,82	40

II.D.3 Temperaturas Ambientas

Considerando o pior cenário anual, foi escolhido um período com predomínio de temperatura mais baixa e um período com temperaturas mais altas. A Quadro 38 indica a configuração dos cenários para a modelagem da dispersão, todas as fontes de emissão consideradas operam com 100 % de carga.

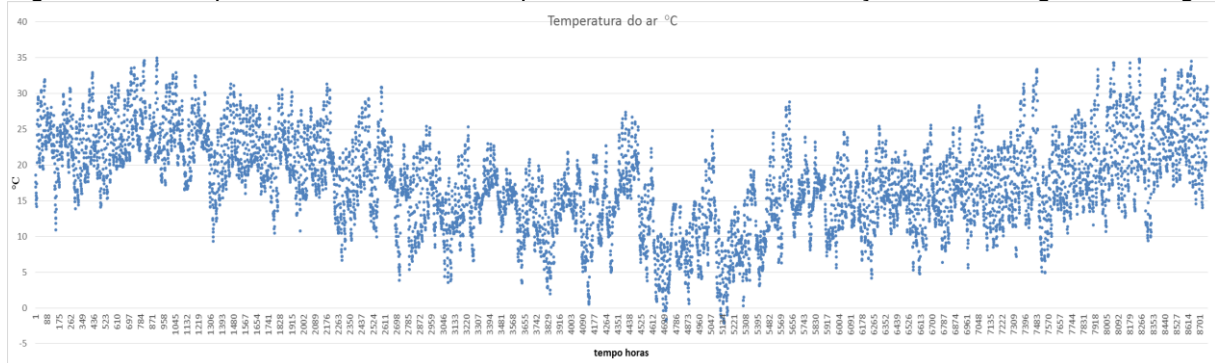
Quadro 38 - Períodos de máxima concentração em cenários críticos considerando a menor temperatura e maior temperatura, ocorrida no período de estudo, tempo de simulação uma semana para cada cenário de temperatura, considerando os poluente MP, NOx e SO2.

Fonte	Carga	Temperatura maior	Temperatura menor	Condição operacional
UTE Pampa Sul, isolada	100 %	X	X	Normal
UTE Pampa Sul, CGTEE, MPX SUL, SEIVAL	100 %	X	X	Normal
CGTEE, MPX SUL, SEIVAL	100 %	X	X	Normal

Os dados de temperatura do ar foram obtidos da estação meteorológica de Bagé-RS. A figura 9 refere-se aos valores horários de temperatura do ar para o ano de 2010, através da mesma foram escolhidos curtos períodos para os dois cenários de temperatura.

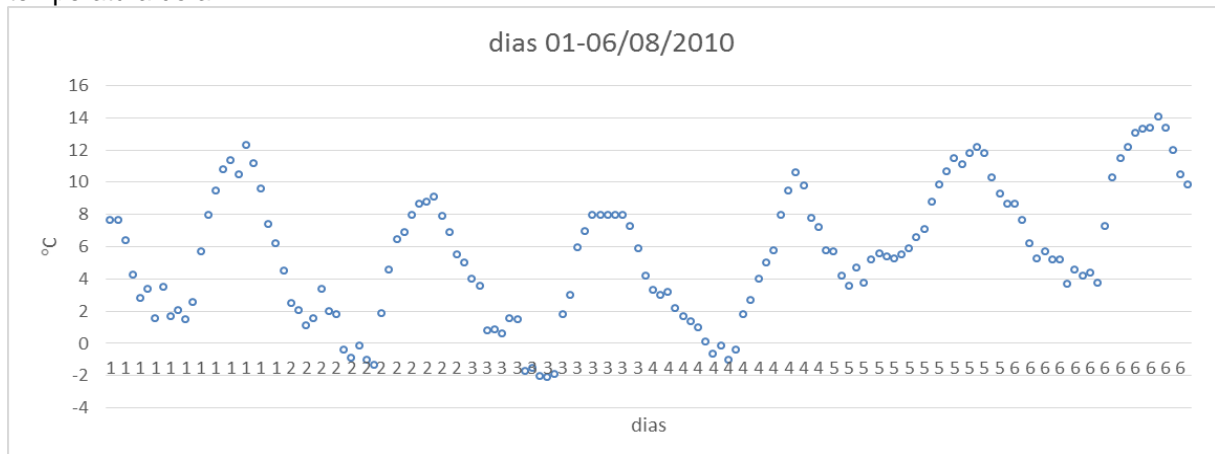
O período considerado para simulações de menor temperatura foi entre os dias 01 e 06 de agosto de 2010, figura 10, e para a maior temperatura entre os dias 09 e 13 de fevereiro de 2010, figura 11.

Figura 9 – Temperatura do ar horária, para o ano de 2010, estação meteorológica de Bagé.



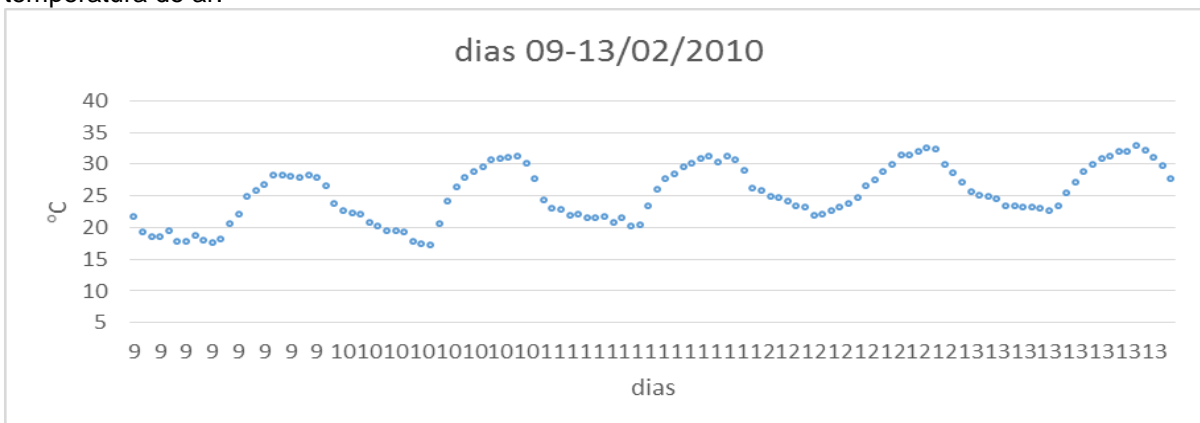
Fonte, INEMET.

Figura 10 - Temperatura do ar horária, utilizado nas simulações para os cenários de menor temperatura do ar.



Fonte, INEMET.

Figura 11 - Temperatura do ar horária, utilizado nas simulações para os cenários de maior temperatura do ar.



Fonte, INMET.

No Anexo 3 encontram-se os resultados da modelagem de dispersão para os cenários de temperatura. Através dos resultados é evidente a influência desta variação nos valores de concentração dos poluentes.

Quando consideramos a menor temperatura o poluente NO_x, apresenta concentrações maiores, enquanto que o poluente SO₂ e MP tem concentrações menores. O período escolhido de temperaturas menores está associado com ventos mais intensos, e variações na direção dos ventos, neste nosso caso a passagem de um sistema frontal, indicando que para o período médio de 24 horas esse fenômeno atmosférico torna-se favorável a dispersão dos poluentes SO₂ e MP e desfavorável para o NO_x. A justificativa para as maiores concentrações de NO_x ocorrer em menores temperaturas é devido principalmente aos efeitos micrometeorológicos locais, estes sofrem grandes variações horárias nesta condição atmosférica. Os Quadros 39 a 44 representam os máximos valores de concentração obtidos através da modelagem para os diferentes poluentes nos diferentes cenários operacionais. Cabe ressaltar que a modelagem do NO₂ para este cenário de temperatura não foi possível realizar por tratar-se de um período menor de simulação. Para o cálculo do NO₂, foi utilizada a metodologia de Janslen, 1988. Neste caso é possível a aplicação somente para o cenário com a fonte UTE PAMPA SUL isolada, visto que com todas as fontes não é possível encontrar qual a contribuição de cada fonte na concentração do valor máximo de NO₂.

Quadro 39 - Comparação das concentrações obtidas através da modelagem atmosférica com os padrões secundários de qualidade do ar da resolução CONAMA N° 03/1990. Cenário de menor temperatura do ar para o ano de 2010. Fontes de emissão consideradas UTE Pampa Sul.

Poluente	Concentração (µg/m ³)	Padrão secundário (µg/m ³)
PM ₁₀ 24 h	0,89	150
NO _x 1h	72,6	-
SO ₂ 24 h	7,15	100
NO ₂ 1 hora com aplicação da conversão	6 km distante da fonte, valor aprox. concentração 30 µg/m ³	190

Quadro 40 - Comparação das concentrações obtidas através da modelagem atmosférica com os padrões secundários de qualidade do ar da resolução CONAMA N° 03/1990. Cenário de maior temperatura do ar para o ano de 2010. Fontes de emissão consideradas UTE Pampa Sul.

Poluente	Concentração ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Padrão secundário ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
PM ₁₀ 24 h	1,1	150
NO _x 1h	63,6	190
SO ₂ 24 h	8,8	100
NO ₂ 1 hora com aplicação da conversão	3,2 km distante da fonte, valor aprox. concentração 12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	190

Quadro 41 - Comparação das concentrações obtidas através da modelagem atmosférica com os padrões secundários de qualidade do ar da resolução CONAMA N° 03/1990. Cenário de menor temperatura do ar para o ano de 2010. Todas as fontes de emissão.

Poluente	Concentração ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Padrão secundário ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
PM ₁₀ 24 h	6,9	150
NO _x 1h	211,9	-
SO ₂ 24 h	44,6	100

Quadro 42 - Comparação das concentrações obtidas através da modelagem atmosférica com os padrões secundários de qualidade do ar da resolução CONAMA N° 03/1990. Cenário de maior temperatura do ar para o ano de 2010. Todas as fontes de emissão.

Poluente	Concentração ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Padrão secundário ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
PM ₁₀ 24 h	7,9	150
NO _x 1h	172	190
SO ₂ 24 h	50,8	100

Quadro 43 - Comparação das concentrações obtidas através da modelagem atmosférica com os padrões secundários de qualidade do ar da resolução CONAMA N° 03/1990. Cenário de menor temperatura do ar para o ano de 2010. Todas as fontes de emissão sem a UTE Pampa Sul.

Poluente	Concentração ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Padrão secundário ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
PM ₁₀ 24 h	6,90	150
NO _x 1h	184	190
SO ₂ 24 h	44,33	100

Quadro 44 - Comparação das concentrações obtidas através da modelagem atmosférica com os padrões secundários de qualidade do ar da resolução CONAMA N° 03/1990. Cenário de maior temperatura do ar para o ano de 2010. Todas as fontes de emissão sem a UTE Pampa Sul.

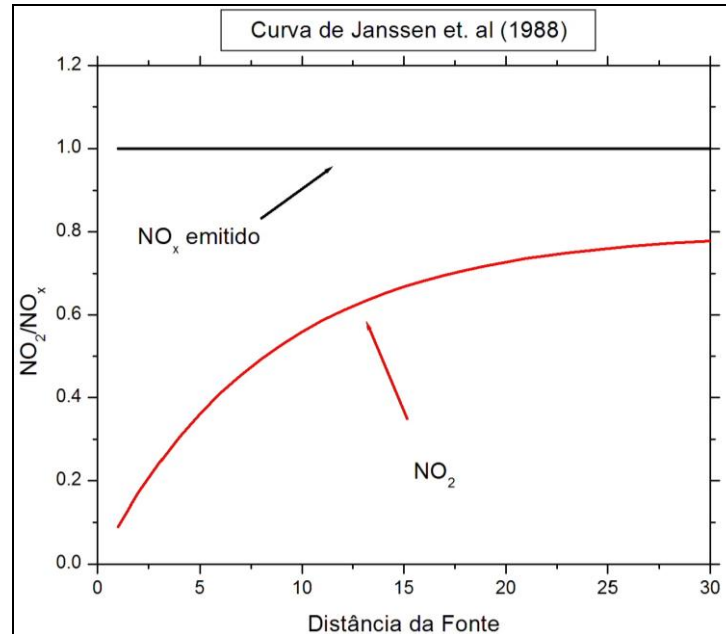
Poluente	Concentração ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Padrão secundário ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
PM ₁₀ 24 h	7,89	150
NO _x 1h	158,45	190
SO ₂ 24 h	50,67	100

II.D.3.1 Conversão NO_x/NO₂

O modelo AERMOD em sua nova versão faz a conversão do poluente NO_x para NO₂ para grandes tempos de simulação. Sendo assim, se considerarmos o sistema de Janssen, 1988, os valores apresentados nos Quadros 36 a 41 para o poluente NO₂, serão menores que os padrões secundários de qualidade do ar. Segue abaixo o esquema de conversão de NO_x em NO₂ segundo Janssen et. al (1988).

Para os máximos valores horários de NO_x , as concentrações preditas segundo o modelo de Janssen podem ser simplificadas pela figura abaixo.

Figura 12 – Curvas para conversão $\text{NO}_x / \text{NO}_2$, proposta por Janssen *et. al* 1988.



As concentrações de NO_2 , advindas da oxidação do NO , são nulas próximas a fonte. Sendo assim, logo após a emissão, os óxidos de nitrogênio são constituídos por um fator 1 daqueles emitidos. A longas distâncias (maior que 25 km) da fonte, 80% dos óxidos de nitrogênio são NO_2 e os 20% restantes são da mesma parte daqueles que foram lançados na atmosfera.

II.D.4 Condições Operacionais

As condições operacionais consideradas neste estudo são as seguintes:

- Normal com 100 % de carga de todas as fontes consideradas, período 2009-2013;
- Desligamento da UTE Pampa Sul no período 2009-2010;
- UTE Pmpa Sul isolada no período 2009-2013;
- UTE Pampa Sul operando com carga de 60% no ano de 2010;

Nos Anexos 1 a 5, encontram-se quadros com os parâmetros de cada cenário operacional, considerando as unidades emissoras, com as seguintes informações:

- Cenário(s) operacional(ais);
- Localidade da(s) fonte(s) em coordenadas geográficas e em UTM;
- Parâmetros das emissões por fontes pontuais;
- Emissões de curto prazo (horário e diário) para todos os cenários, curto prazo, semanal, caso da variação de temperaturas mínimas e máximas, com identificação e avaliação sobre possíveis violações dos padrões de qualidade do ar;

- Emissões de longo prazo (mensal e anual) para todos os cenários, com identificação e avaliação sobre possíveis violações dos padrões de qualidade do ar e situações de alerta e emergência, conforme Resolução CONAMA N° 03/90 e Resolução CONAMA N° 05/89.

II.E PROCEDIMENTOS PARA A MODELAGEM

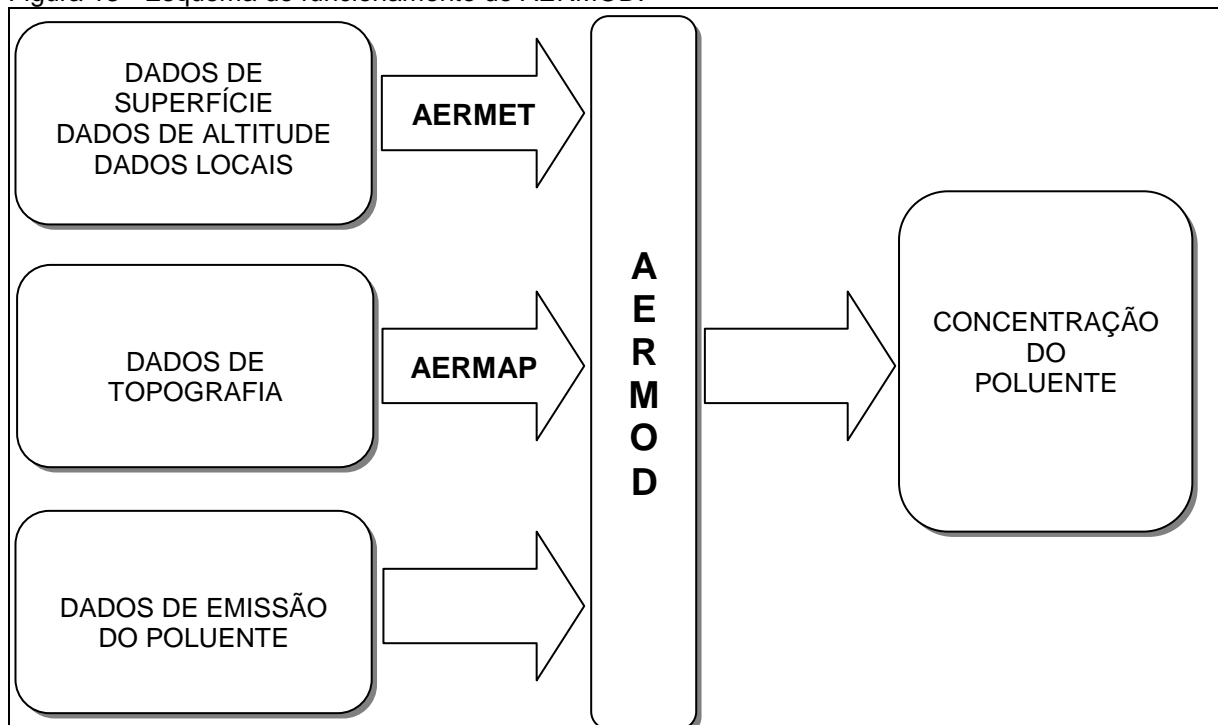
No intuito de avaliar a qualidade do ar da região de Candiota-RS, os dados obtidos através da simulação da dispersão dos poluentes atmosféricos utilizando o modelo AERMOD foram comparados com os padrões nacionais de qualidade do ar fixados na Resolução CONAMA n° 03 de 28/06/90.

II.E.1 Modelo proposto AERMOD

O sistema de modelagem AERMOD consiste em dois pré-processadores e um modelo de dispersão. Um pré-processador de dados meteorológicos AERMET (AERMIC *meteorological preprocessor*) que provê ao AERMOD as informações necessárias para a descrição da camada limite planetária e o pré-processador AERMAP (AERMIC *terrain preprocessor*) utiliza as informações do terreno e de localização das fontes e pontos receptores para posterior uso pelo modelo de dispersão. (EPA, 2004).

Um esquema de funcionamento do modelo, mostrando os dados de entrada, os pré-processadores e o arquivo final, está ilustrado na Figura 13.

Figura 13 - Esquema de funcionamento do AERMOD.



AERMET

O modelo AERMOD utiliza um processador de dados meteorológicos de superfície e altitude, denominado *Aermod Meteorological Preprocessor*, AERMET, que utiliza dados meteorológicos observados (direção e velocidade do vento, temperatura e cobertura das nuvens) bem como características da superfície (albedo, rugosidade e razão de Bowen), que são escolhidas pelo usuário de acordo com as categorias de uso do solo; para então calcular diversos parâmetros da CLA tais como: velocidade de fricção (u^*), comprimento de Monin-Obukhov (L), escala de velocidade convectiva (w^*), escala de temperatura (θ^*), altura de mistura (Z_i) e fluxo de calor na superfície (H), necessários para o cálculo da dispersão de poluentes no modelo AERMOD (EPA 2004).

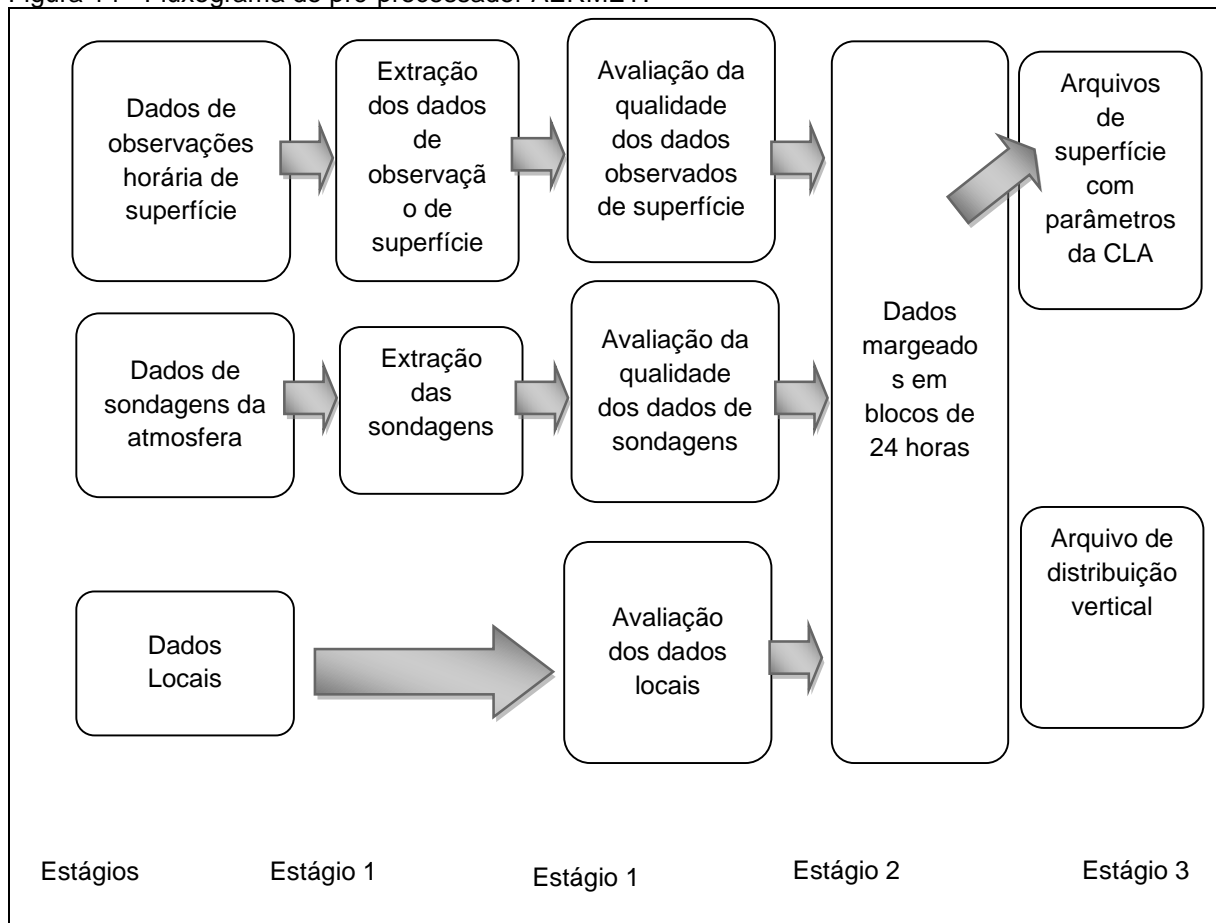
O pré-processador meteorológico AERMET (EPA, 2004) tem o propósito de organizar dados meteorológicos no formato necessário para uso pelo módulo de dispersão do AERMOD, bem como calcular os parâmetros de Camada Limite essenciais no cálculo da dispersão de poluentes.

No sistema de modelagem AERMOD, baseada na teoria da similaridade de *Monin-Obukhov* e utilizando dados meteorológicos de superfície e altitude, é desenvolvida uma formulação para a estimativa da distribuição vertical do campo de vento, temperatura e turbulência. As formulações do modelo AERMOD, para a altura da camada de mistura são mais avançadas, permitindo uma modelagem mais realística do regime da camada limite atmosférica. Para o cálculo da elevação da pluma o modelo, considera a modificação dos campos de vento e temperatura em condições estáveis e, em condições instáveis são consideradas as correntes convectivas ascendentes e descendentes.

EPA (2004) ressalta que uma das grandes melhorias deste modelo é a habilidade de caracterizar a camada limite planetária. O AERMOD constrói perfis verticais a partir de variáveis meteorológicas mensuradas e extrapolações destas medidas utilizando a escala de similaridade. Perfis vertical da velocidade e direção do vento, turbulência, temperatura e gradiente de temperatura são estimados utilizando as observações meteorológicas. Na camada planetária estável (SBL), assume que a distribuição da concentração é gaussiana tanto na horizontal como na vertical. Na camada planetária convectiva (CBL), a distribuição horizontal também é gaussiana, mas a distribuição vertical é descrita com uma função de densidade de probabilidade bi gaussiana (pdf).

O primeiro estágio extrai e avalia a qualidade dos dados de altitude e superfície; o segundo faz uma combinação (etapa conhecida como *merge*) dos dados disponíveis para um período de 24 horas e escreve estes em um único arquivo intermediário; o terceiro estágio assimila os arquivos de dados combinados e realiza a estimativa dos parâmetros da CLA necessários para o módulo de dispersão realizar os cálculos de concentração no modelo AERMOD. A Figura 14 mostra um fluxograma dos três estágios do pré-processador meteorológico.

Figura 14 - Fluxograma do pré-processador AERMET.



Fonte: adaptado Ferreira 2005

AERMAP

O AERMAP (AERMOD *Terrain Pre-processor*), a partir de informações oriundas do Modelo Digital de Elevação disponíveis na *United States Geological Survey* – USGS (<http://www.usgs.gov> ou na http://www.webgis.com/terr_us75m.html), com capacidade para uma resolução de até 30 metros e utilizando o sistema de coordenada UTM (*Universal Transverse Mercator*), caracteriza o terreno e o incorpora na grade de receptores para o modelo de dispersão AERMOD.

O pré-processador, AERMAP (EPA, 2004), tem como principal atribuição realizar o pré-processamento dos dados de terreno e de localização das fontes e receptores. Inicialmente, o usuário define o domínio para a modelagem, indica as posições da(s) fonte(s) e receptor (es) que serão introduzidas no modelo e o AERMAP realizará o cálculo de elevação da base do terreno para cada receptor e fonte.

II.E.2 Mapas utilizados

Os mapas do projeto empregados neste estudo constam no Volume 8 e são os seguintes:

- PS2-DE-LM-00-C11-001 (Ilustração 4.1) REV OI;
- PS2-DE-LM-16-C24-001 (Ilustração 4.2) REV OH;

- PS2-DE-LM-00C01-001 (Ilustração 4.3) REV OM.
- Mapa de Localização da ADA, AID e AII – Recursos Atmosféricos (Ilustração 5.3).

Além desses, o anexo 6 apresenta os seguintes:

- Mapa de cobertura do solo – LANDSAT – 50 km;
- Carta Imagem – LANDSAT 5TM – 10 km;
- Mapa das áreas de influência e estações meteorológicas – 10 km,
- Mapa das áreas de influência e estações meteorológicas – 50 km,
- Estações meteorológicas e de qualidade do ar da MPX Sul – 10 km;
- Estações meteorológicas e de qualidade do ar da MPX Sul – 50 km;
- Estações meteorológicas e de qualidade do ar da CGTEE – 10 km,
- Estações meteorológicas e de qualidade do ar da CGTEE – 50 km.

II.E.3 Cálculo dos Efeitos de “Quebra da Pluma”

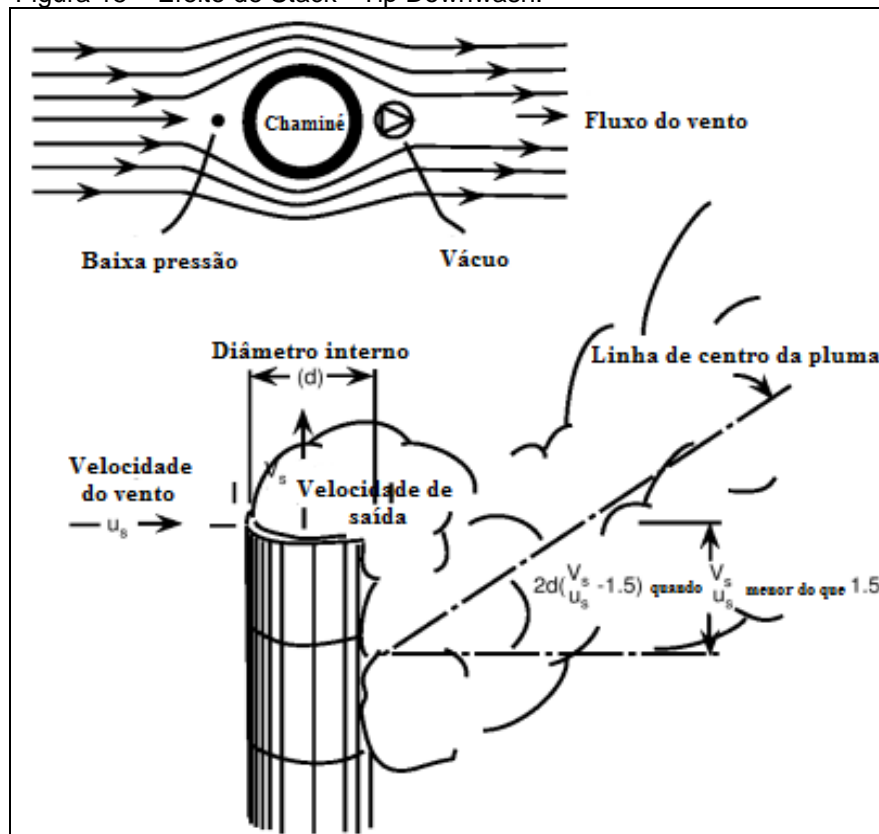
Todas grandes estruturas distorcem a atmosfera e interferem no fluxo do vento ao seu redor. Essa distorção atmosférica geralmente é constituída de pequenas porções de ar mais lentas e turbulentas. Se uma pluma é emitida próxima destas porções de ar, devido à baixa pressão existente, ela é remexida e empurrada para baixo. Tal efeito é denominado *downwash* ou quebra de pluma.

A zona de turbulência (*wake region*) que causa a quebra da pluma ocorre por conta de uma das três condições seguintes: 1) um “tampão de ar” junto à saída da chaminé de exaustão; 2) a topografia regional ou; 3) grandes construções próximas.

Stack - Tip Downwash (*downwash* causado por “tampão de ar” junto à saída da chaminé de exaustão (em tradução livre)

Este tipo de quebra de pluma ocorre quando a velocidade do vento local é superior à velocidade de saída da pluma de uma chaminé. Isso faz com que a pluma seja parcial ou totalmente empurrada para a zona de turbulência existente junto à torre de emissão. Este *downwash* tem dois efeitos sobre a ascensão da pluma: 1) os poluentes que caem na região de turbulência são impulsionados para frente e empurrados para baixo desta região turbulenta, concentrando-se próximo a chaminé de exaustão; 2) a seção da pluma que caía na região de turbulência se torna menos concentrada e mais lenta, devido à perda de partículas e energia causada pela turbulência. Como consequência ela se eleva.

Figura 15 – Efeito de Stack - Tip Downwash.



Fonte: Modificado de Environmental Engineers' Handbook on CD-ROM.

Downwash causado pela topografia local

As colinas e as montanhas também causam mudanças nos padrões de vento de uma área. Se uma fonte de emissão fixa, tal como uma chaminé de exaustão, é localizada em uma região onde os ventos dominantes venham de uma área mais elevada atuando, literalmente, sobre ela, isso causa uma deposição da pluma mais próxima.

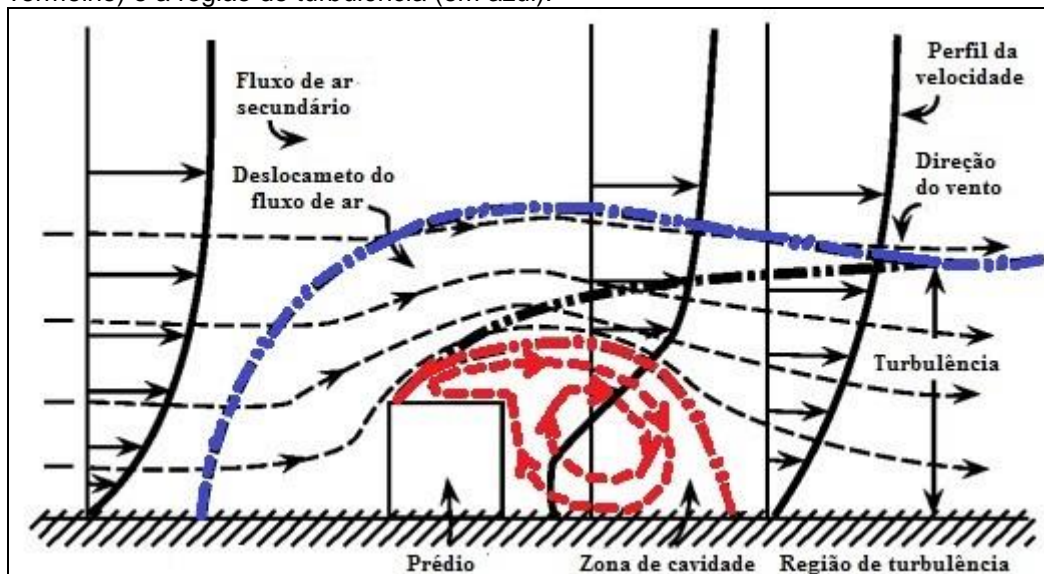
Já em uma situação em que os ventos dominantes atuem contra o relevo considerado é necessária uma modelagem matemática para saber se a pluma irá de encontro a ele ou se seguirá de maneira contínua o fluxo laminar, fluindo entorno dele. Isso ocorre, pois as condições meteorológicas e a altitude do local influem na existência de turbulência que causa o este *downwash*. Em alguns casos, até mesmo o tipo de solo e vegetação, podem interferir de maneira mais expressiva na variação de temperatura e umidade em curtos períodos, parâmetros estes que também causam a turbulência.

Building Downwash (downwash causado por construções)

Grandes estruturas como edifícios, podem afetar as condições de circulação do vento. A presença de grandes estruturas gera regiões turbulentas com limites pouco definidos e que dependem das características tridimensionais das estruturas e também do tempo. Já a extensão de sua distorção depende principalmente da geometria da estrutura e da direção do vento. Uma única estrutura cilíndrica, como silo ou uma torre de abastecimento de água, por exemplo, tem pouca influencia no fluxo de vento quando comparada a uma estrutura retangular.

Em uma zona de quebra de pluma devido à existência de construções, podem ser identificadas duas zonas. Considerando um cenário com um prédio de um andar e ventos a favor desta estrutura, a primeira zona, chamada de zona de cavidade, se estende por uma altura três vezes maior do que a do prédio. Nela é onde ocorre o aprisionamento da pluma. Já na segunda zona, chamada região de turbulência, que se estende da zona de cavidade até aproximadamente dez vezes a menor dimensão da largura projetada da estrutura, é onde ocorrem turbilhões mecânicos provocados pelos distúrbios nos fluxos de vento.

Figura 16 - Efeito de *building downwash*. Em destaque a zona de cavidade (em vermelho) e a região de turbulência (em azul).



Fonte: Modificado de *Environmental Engineers' Handbook on CD-ROM*.

Geralmente a zona de cavidade apresenta maiores concentrações de poluentes do que a região de turbulência, devido ao confinamento da pluma. Bittle e Borowsky (1985) estudaram o impacto dos poluentes nas zonas de cavidade em região de maior urbanização e relacionaram valores de concentração de poluentes com a geometria das edificações próximas e da fonte de emissão. Constataram também que além das regiões de cavidade o fluxo de vento não é afetado.

Segundo Lipták e Liu (1999) os primeiros cálculos de *downwash* causados pela interação com edificações foram obtidos como resultados de estudos em túnel de vento por Snyder e Lawson (1976) e Huber (1977). Contudo, Lipták e Liu (1999) ressaltam que esses estudos foram limitados a um tipo de estabilidade, a uma única forma geométrica estrutural e a uma orientação do vento. Eles destacam também que estudos adicionais de Hosker (1984), Schulman e Hanna (1986), Schulman e Scire (1980) redefiniram estes cálculos. Abaixo a equação de Huber-Snyder e Schulman-Scire que é aplicada em situações de *building downwash*. Nela ajustes são feitos para os parâmetros de dispersão.

$$h_x = H + 0,5L$$

Onde:

h_x = altura física da chaminé;

H = altura da estrutura considerada;

L = menor dimensão da largura projetada da estrutura.

A *United States Environmental Protection Agency* (USEPA) - Agência de Proteção Ambiental Americana (em tradução livre) – para evitar o *building downwash* desenvolveu um método geral para criar uma altura mínima da chaminé necessária pra evitar que as emissões caiam nas regiões turbulentas no entorno de edificações. Dessa maneira, as plumas não apresentariam concentrações elevadas próximas às suas fontes, causando menores impactos socioambientais. Esse método é chamado de *Good Engineering Practice* (GEP) - Boa Prática de Engenharia (em tradução livre) - para a elaboração de chaminés (USEPA, 1985). A seguinte equação determina a GEP para a altura da chaminé:

$$H_{GEP} = H = 1,5(L)$$

Onde:

H_{GEP} = GEP para a altura da chaminé;

H = altura máxima para uma estrutura adjacente ou próxima;

L = menor dimensão da largura projetada da estrutura para uma estrutura adjacente ou próxima.

A largura projetada da estrutura refere-se à área exposta perpendicularmente ao vento. A área de influência para uma dada estrutura é definida por Tickvart (1988) como 2L com ventos contra, 5L com ventos a favor e 0,5L nos lados paralelos ao fluxo de vento.

A USEPA recomenda a construção de chaminés mais altas do que as anteriormente descritas, somente em casos em que as concentrações sejam elevadas por longos períodos. Uma chaminé alta reduz as concentrações em nível do solo. Contudo, isso não reduz os níveis de emissão ou os montantes de poluição total de uma região, promove, entretanto, uma melhor dispersão inicial para a fonte.

Na região de estudo, definida por uma grade de 70 km por 70 km e cujo ponto central é a chaminé da UTE Pampa Sul não há ocupação urbana significativa no entorno das fontes de emissão.

No cenário atual que engloba, além de Candiota II, Candiota III (Fase C) e, nos cenários futuros, aos quais são somados os empreendimentos licenciados e/ou planejados, há poucas construções que poderiam causar o *building downwash*, sobretudo nas regiões de entorno.

Atualmente as maiores construções na área são justamente as de destaque do Complexo Termelétrico de Candiota: a chaminé de exaustão das Fases A/B, com 150 metros de altura e 4,8 metros de diâmetro; a torre de resfriamento, com 133 metros de altura e 124 metros de diâmetro e; a chaminé de exaustão da Fase C, com 200 metros de altura e 9 metros de diâmetro.

Considerando a pluma emitida pela chaminé da Fase C e as duas estruturas próximas, ela não sofre com o efeito de quebra de pluma. Segundo Menezes (2006) quando a relação entre a altura da chaminé e a altura da(s) unidade(s) próxima(s) é maior do que 2, o efeito dos prédios na quebra de pluma (*building downwash*) não precisa ser considerado, pois a chaminé é bem mais alta do que as estruturas adjacentes, o que ocorre neste caso.

Já a pluma emitida pela chaminé das Fases A/B também não é afetada pelo *building downwash* de maneira considerável. Apesar de ser mais baixa do que a outra chaminé e apenas alguns metros mais alta do que a torre de resfriamento, a chaminé das Fases A/B não tem sua pluma dispersada de maneira tradicional, pois

as duas estruturas próximas tem forma cilíndrica e diâmetro pequeno, o que gera uma influência mínima na dispersão.

Com relação aos novos empreendimentos, todos serão unidades com chaminés isoladas com altura igual ou inferior a de Candiota III - Fase C e longe de construções de grande porte (altura e largura), assim sendo, não sofrerão com o efeito de quebra de pluma devido à presença de outros prédios.

II.E.4 Fontes e emissões consideradas

Para o estudo das emissões atmosféricas foram consideradas as fontes da UTE CGTEE, já em operação, fase C, as fontes da UTE CGTEE A e B já adequadas, as fontes em licenciamento, fontes da UTE MPX SUL, fonte da UTE SEIVAL, e as fontes a serem licenciadas pelo IBAMA, fontes UTE Pampa Sul e UTE CGTEE fase D. As respectivas características, encontram-se listadas nos Quadros 21 a 24, deste capítulo.

II.E.5 Configurações utilizadas

As configurações do terreno foram consideradas para a modelagem da dispersão conforme o Quadro 45, o objetivo deste item é verificar a influência da topografia na dispersão dos poluentes atmosféricos.

Quadro 45 - Poluentes SO₂, NO₂ e PM₁₀ cenários variando configuração do terreno para o ano de 2010, ano este considerado como pior cenário anual avaliado no estudo.

Fonte	Carga	Plano simples	Elevação simples	Complexo	Condição operacional
UTE Pampa Sul isolada	100 %	X	X	X	Normal

A região de Candiota-RS é considerada relativamente plana, sendo assim é possível observar a influência do terreno só quando consideramos um terreno complexo na modelagem.

Através do Anexo 4 deste capítulo é possível verificar as isolinhas e os quadros correspondentes aos valores de concentração dos poluentes aqui estudados.

O Quadro 46 a seguir indica os valores de concentrações para os cenários acima e a relação desta com os padrões de qualidade do ar.

Quadro 46 - Poluentes SO₂, NO₂ e PM₁₀ cenários variando configuração do terreno para o ano de 2010, fonte de emissão UTE Pampa Sul.

Poluente	Tempo amostragem	Plano simples	Elevação simples	Complexo	Padrão secundário (µg/m ³)
PM ₁₀	24 horas	1,90	1,91	1,91	150
NO ₂	1 hora	85,86	85,79	85,7	190
SO ₂	24 horas	15,25	15,29	22,34	100

Em todos os cenários avaliados é possível verificar que a influência do terreno na área de estudo é praticamente inexistente, visto que o mesmo é relativamente plano, o que facilita a dispersão dos poluentes atmosféricos na região de estudo.

II.E.6 Malha proposta para os receptores (no mínimo 20 km)

A malha proposta neste item visa verificar qual a influência da resolução espacial no processo da dispersão dos poluentes atmosféricos, a modelagem de dispersão foi realizada conforme especificações do Quadro 47.

Quadro 47 - Poluentes SO₂, NO₂ e PM₁₀ cenários variando a malha proposta para o ano de 2010.

Fonte	Carga	Malha Fina 500 m	Malha média 1 km	Malha grossa 2 km	Cond. operacional
UTE Pampa Sul isolada	100 %	X	X	X	Normal
UTE Pampa Sul, CGTEE, MPX SUL, SEIVAL	100 %	X	X	X	Normal

Através dos resultados ilustrados no anexo 5, para o poluente NO₂ as concentrações horárias estão relacionadas a resolução espacial considerada, sendo que a malha mais fina, 500 m, em todas as simulações obteve um valor de concentração maior, enquanto que para os poluentes SO₂ e PM₁₀, a malha intermediária de 1 km, foi a que indicou os maiores valores de concentração. Os Quadros 48 e 49, indicam os máximos valores médios.

Quadro 48 - Concentrações para os poluentes PM₁₀, NO₂ e SO₂, variando a malha para o ano de 2010. Fonte de emissão PAMPA SUL isolada.

Poluente	Tempo amostragem	Concentração dos Poluentes µg/m ³			Padrão secundário (µg/m ³)
		Malha Fina 500 m	Malha média 1 km	Malha grossa 2 km	
PM ₁₀	24 horas	1,98	2,05	1,63	150
NO ₂	1 hora	83,57	82,09	67,52	190
SO ₂	24 horas	15,84	16,38	13,11	100

Quadro 49 - Concentrações para os poluentes PM₁₀, NO₂ e SO₂, variando a malha para o ano de 2010. Fontes de emissão PAMPA SUL, CGTEE, MPX e SEIVAL.

Poluente	Tempo amostragem	Concentração dos Poluentes (µg/m ³)			Padrão secundário (µg/m ³)
		Malha fina 500 m	Malha média 1 km	Malha grossa 2 km	
PM ₁₀	24 horas	15,68	16,15	16,15	150
NO ₂	1 hora	141,33	140,5	138,58	190
SO ₂	24 horas	100,99	104,02	104,02	100

Discussão acerca dos resultados

- Representatividade e conclusões sobre o processamento dos dados meteorológicos e de terreno da região

Processamento dos dados meteorológicos

O modelo AERMOD utiliza um processador de dados meteorológicos de superfície e altitude, denominado *Aermod Meteorological Preprocessor*, AERMET, que utiliza dados meteorológicos observados (direção e velocidade do vento, temperatura e cobertura das nuvens) bem como características da superfície (albedo, rugosidade e razão de Bowen), que são escolhidas pelo usuário de acordo

com as categorias de uso do solo; para então calcular diversos parâmetros da Camada Limite Atmosférica (CLA) tais como: velocidade de fricção (u^*), comprimento de Monin-Obukhov (L), escala de velocidade convectiva (w^*), escala de temperatura (θ^*), altura de mistura (Z_i) e fluxo de calor na superfície (H), necessários para o cálculo da dispersão de poluentes no modelo AERMOD (EPA 2004). Em relação a representatividade dos dados, como já discutido no item avaliação dos dados meteorológicos, eles estão representando a realidade da região. Os arquivos relacionados aos dados meteorológicos seguem em anexo digital acompanhando os arquivos do EIA-RIMA da UTE PAMPA SUL, no Volume 2.

O Quadro 50 apresenta exemplo considerando um período de 14 horas do cálculo dos parâmetros micrometeorológicos realizados pelo pré-processador meteorológico AERMET, organizado no formato necessário para o uso pelo módulo de dispersão do AERMOD, tais parâmetros de Camada Limite são essenciais no cálculo da dispersão de poluentes. Cabe salientar que a todos os parâmetros foram calculados para cada hora de todo período aqui estudados, 2009-2013.

Quadro 50 - Exemplo do cálculo dos parâmetros micrometeorológicos necessários para a modelagem da dispersão com o modelo AERMOD.

Year	Month	Day	Julian Day	Hour	Sensible Heat Flux (W/m^2)	Surface Friction Velocity (m/s)	Convective Velocity Scale (m/s)	Vertical Potential Temperature Gradient above PBL	Height of Convectively-Generated Boundary Layer - PBL (m)	Height of Mechanically-Generated Boundary Layer - SBL (m)
2010	1	1	1	1	-37,6	0,429	-9	-9	-999	674
2010	1	1	1	2	-23,2	0,263	-9	-9	-999	345
2010	1	1	1	3	-30,4	0,343	-9	-9	-999	483
2010	1	1	1	4	-22,5	0,351	-9	-9	-999	499
2010	1	1	1	5	-17,5	0,273	-9	-9	-999	346
2010	1	1	1	6	-12,2	0,19	-9	-9	-999	202
2010	1	1	1	7	2,8	0,229	0,159	0,005	50	263
2010	1	1	1	8	54,4	0,256	0,758	0,005	282	310
2010	1	1	1	9	55,1	0,256	0,864	0,005	411	310
2010	1	1	1	10	159,7	0,276	1,365	0,005	563	349
2010	1	1	1	11	197,4	0,415	1,643	0,005	794	642
2010	1	1	1	12	109,8	0,614	1,547	0,005	1190	1154
2010	1	1	1	13	187,4	0,556	1,942	0,005	1381	999
2010	1	1	1	14	206,3	0,558	2,092	0,005	1568	1000

Monin-Obukhov Length (m)	Surface Roughness Length (m)	Bowen Ratio	Albedo	Wind Speed - W_s (m/s)	Wind Direction - W_d (degrees)	Reference Height for W_s and W_d (m)	Temperature - temp (K)	Reference Height for temp (m)	Precipitation Code	Precipitation Rate (mm/hr)
184,8	0,0402	0,93	1	6,2	101	10	291,1	2	0	0
69,3	0,0402	0,93	1	4,1	88	10	290,1	2	0	0
117,8	0,0402	0,93	1	5,1	94	10	289,1	2	0	0
169,7	0,0402	0,93	1	5,1	93	10	289,1	2	0	0
102,4	0,0402	0,93	1	4,1	113	10	288,1	2	0	0
49,6	0,0402	0,93	1	3,1	102	10	288,1	2	0	0
-373,6	0,0402	0,93	0,49	3,1	95	10	288,1	2	0	0
-27,1	0,0402	0,93	0,35	3,1	113	10	287,1	2	0	0
-26,7	0,0402	0,93	0,31	3,1	87	10	288,1	2	0	0
-11,7	0,0402	0,93	0,29	3,1	101	10	290,1	2	0	0
-32	0,0402	0,93	0,29	5,1	74	10	293,1	2	0	0
-185,8	0,0402	0,93	0,29	8,2	46	10	296,1	2	0	0
-80,6	0,0402	0,93	0,29	7,2	53	10	297,1	2	0	0
-74,1	0,0402	0,93	0,29	7,2	49	10	299,1	2	0	0

Relative Humidity (%)	Surface Pressure (Mb)	Cloud Cover tenths
66	990	6
67	990	6
72	990	6
75	989	9
82	988	9
80	987	9
79	988	8
85	988	1
81	988	9
78	989	1
71	989	1
65	989	9
62	988	7
60	988	6

Processamento do terreno da região

Quanto à representatividade dos arquivos de topografia, o modelo AERMOD possui em seu pacote um pré-processador, AERMAP (EPA, 2004), o qual tem como principal atribuição realizar o pré-processamento dos dados de terreno e de localização das fontes e receptores. Inicialmente, o usuário define o domínio para a modelagem, indica as posições da(s) fonte(s) e receptor (es) que serão introduzidas no modelo e o AERMAP realizará o cálculo de elevação da base do terreno para cada ponto receptor e fonte. As informações tem como base os arquivos do Modelo Digital de Elevação disponíveis na *United States Geological Survey – USGS* (<http://www.usgs.gov> ou na http://www.webgis.com/terr_us75m.html), com capacidade para uma resolução de até 30 metros. O AERMAP utiliza o sistema de coordenada UTM (*Universal Transverse Mercator*), caracteriza o terreno e o incorpora na grade de receptores para o modelo de dispersão AERMOD.

As Figuras 17 e 18 ilustram a topografia na grade utilizada pelo modelo AERMOD para o desenvolvimento deste estudo.

Figura 17 - Grade com a topografia e indicação dos receptores, utilizada para o cálculo da dispersão de poluentes, modelo AERMOD.

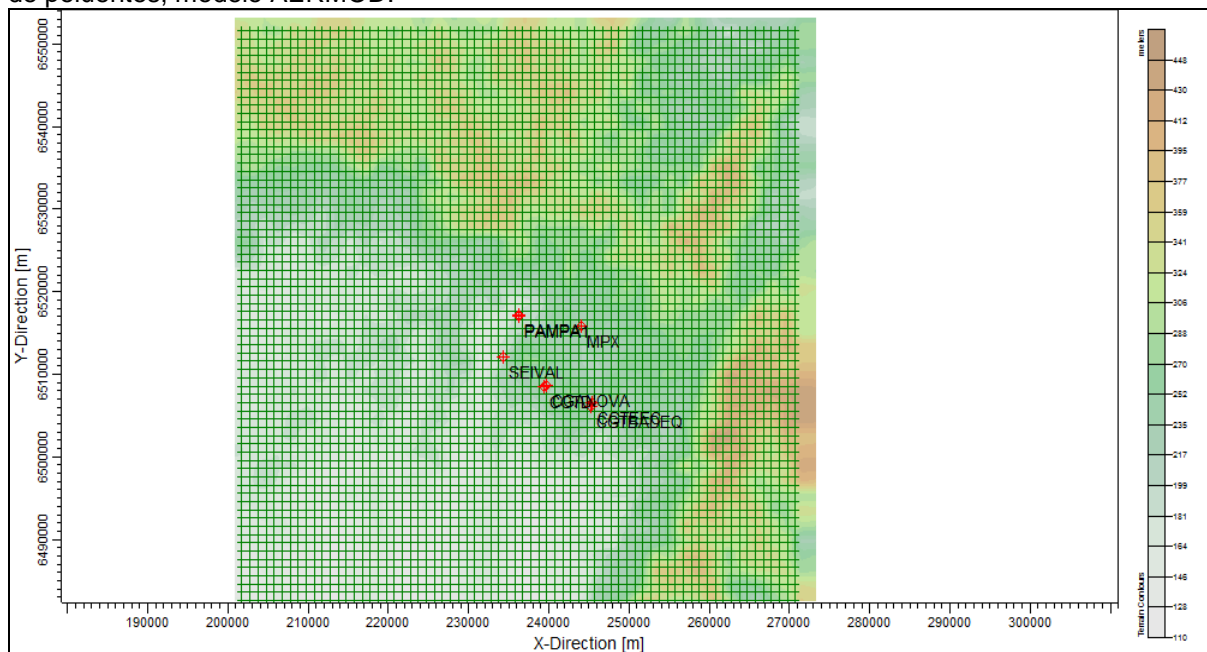
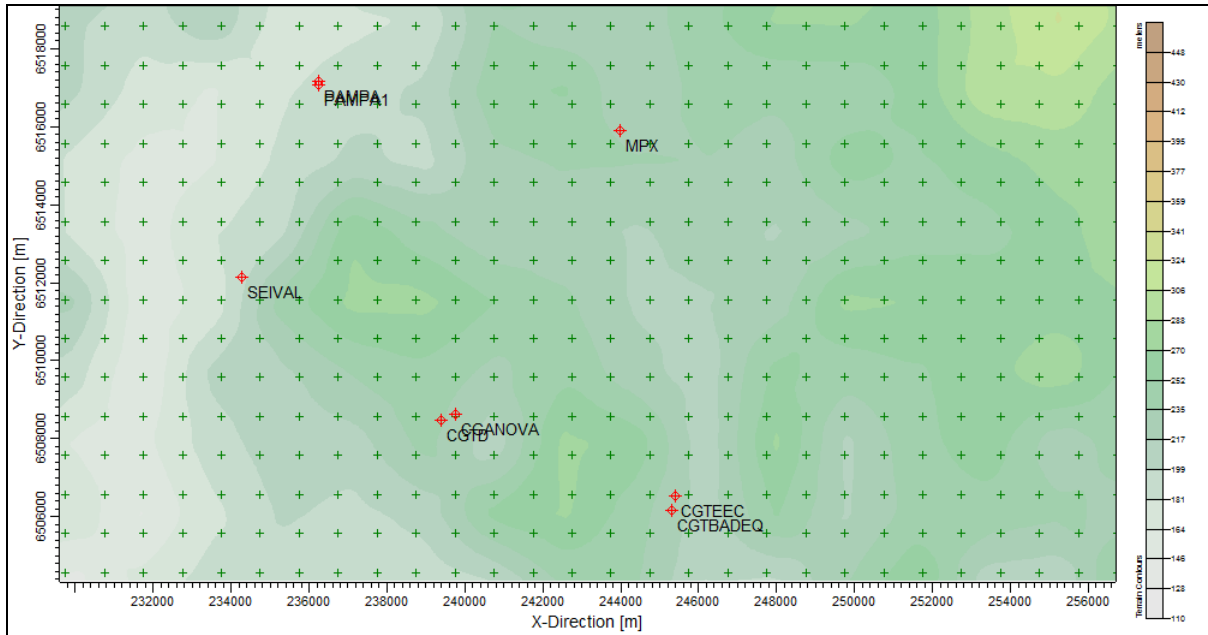
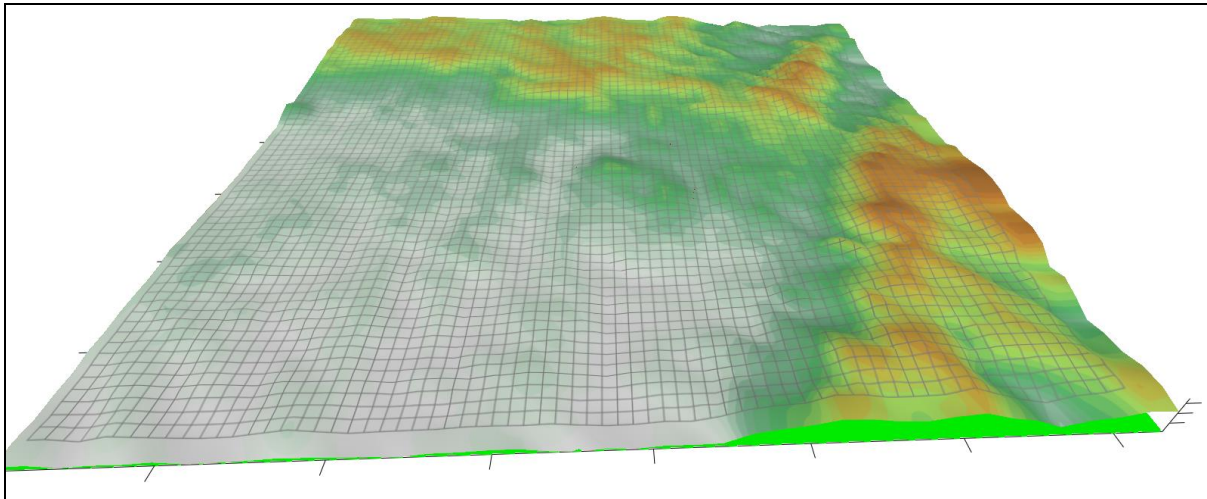


Figura 18 - Topografia, fontes utilizadas no estudo e pontos receptores, com zoom na área das fontes.



Uma visualização 3D, da grade utilizada neste trabalhos, é apresentada na figura 19. A fonte de emissão da UTE PAMPA SUL está localizada no centro da grade.

Figura 19 Visualização 3D da área considerada para o estudo da dispersao de poluentes com o modelo AERMOD.



A representação dos arquivos de terreno utilizados pelo modelo AERMOD, são representativos da região de estudo, quando comparamos aos trabalhos de geoprocessamento já realizados na área de estudo.

No anexo 4, relacionado a configuração do terreno é possível observar que independente da configuração utilizada a variação das concentrações ao nível do solo é mínima.

- Apresentação gráfica das plumas de dispersão sobre os mapas utilizados:

Os arquivos relacionados às isolinhas de dispersão dos poluentes encontram-se nos Anexos 1-5. Através destas é possível verificar a distribuição espacial dos poluentes na grade de 70 km x 70 km. Em todos os cenários aqui estudados verificamos que os máximos valores para os poluentes SO_2 e MP, ocorrem a aproximadamente 2 km da fonte de emissão, quando consideramos todas as fontes, estas concentrações máximas são bem próximas da UTE CGTEE fase B e C (Figuras 20 e 22), quando consideramos a UTE Pampa Sul isolada, estes ocorrem próximo da fonte UTE Pampa Sul (Figuras 21 e 23). Já para o poluente NO_2 , é possível observar que este poluente percorre distâncias maiores até ser depositado (Figuras 24 e 25), a configuração da pluma de dispersão é a mesma para todos os poluentes considerados, as Figuras a seguir ilustram as isolinhas de concentração considerando um zoom da imagem próximo da fonte de emissão. Os cenários apresentados referem-se ao ano de 2010, valores médios de 24 horas para os poluentes SO_2 e MP e máximo de 1 hora para o poluente NO_2 .

Figura 20 - Isolinhas de concentração de SO_2 , cenário considerando todas as fontes de emissão estudadas.

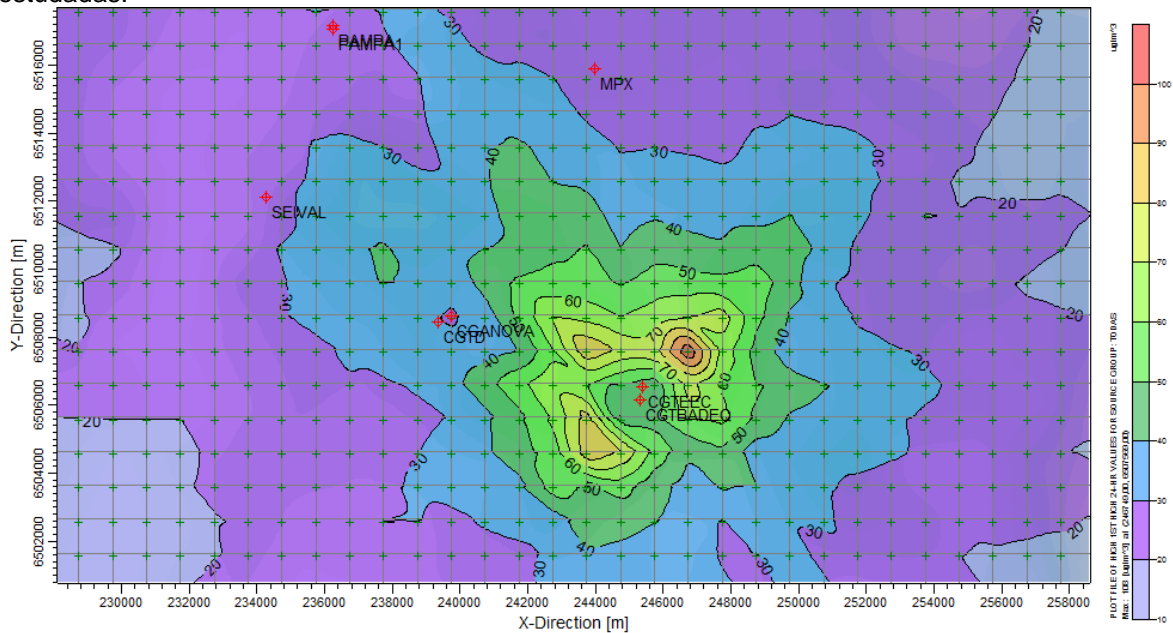


Figura 21 - Isolinhas de concentração de SO₂, cenário considerando a fonte de emissão UTE Pampa Sul isolada.

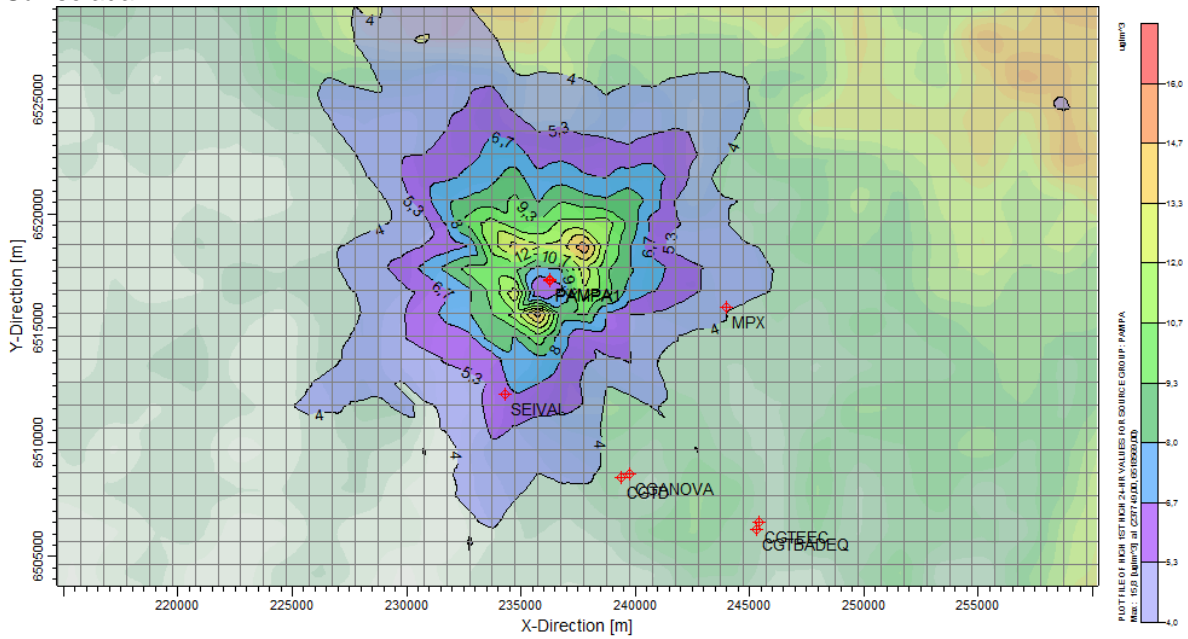


Figura 22 - Isolinhas de concentração de MP, cenário considerando todas as fontes de emissão estudadas.

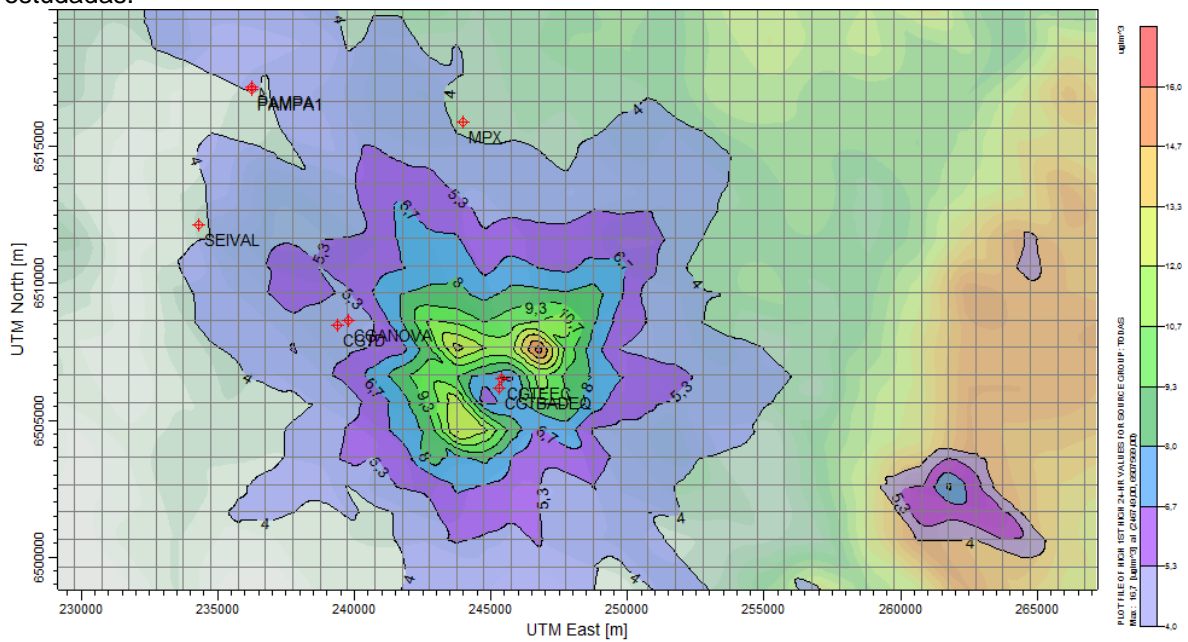


Figura 23 - Isolinhas de concentração de MP, cenário considerando a fonte de emissão UTE Pampa Sul isolada.

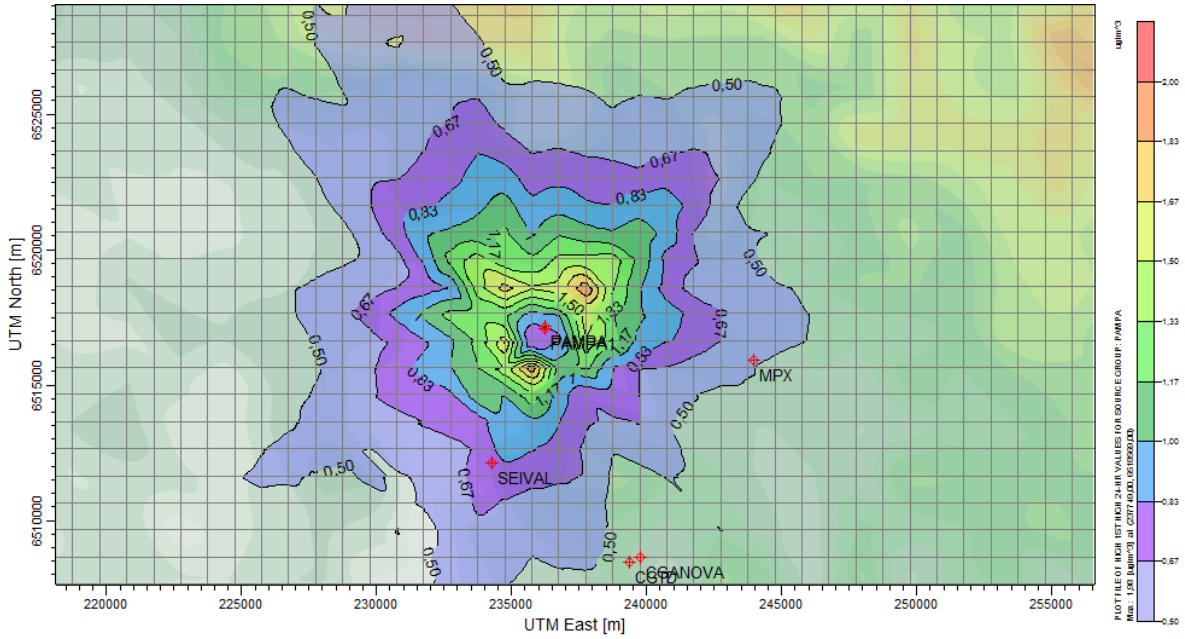


Figura 24 - Isolinhas de concentração de SO_2 , cenário considerando todas as fontes de emissão estudadas.

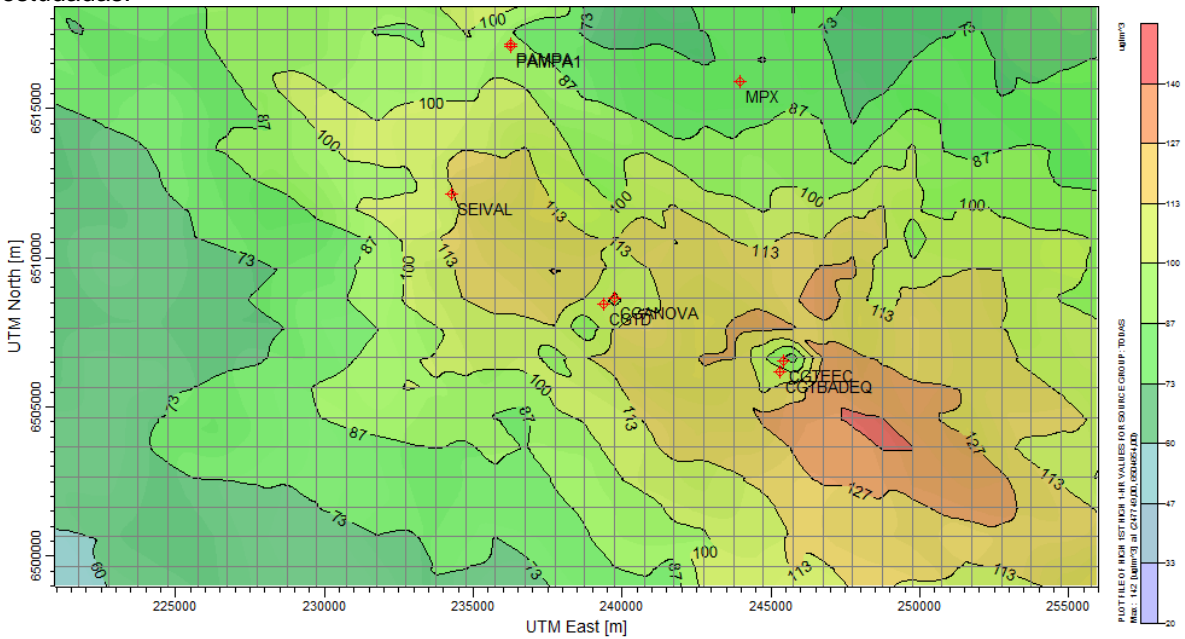
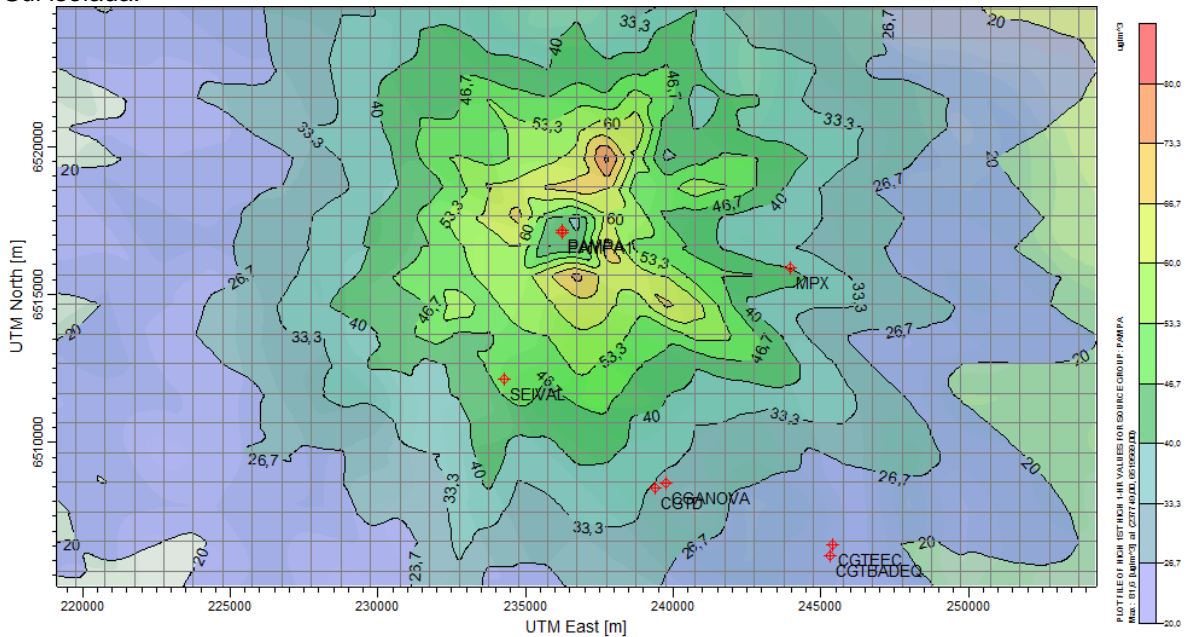


Figura 25 Isolinhas de concentração de NO₂, cenário considerando a fonte de emissão UTE Pampa Sul isolada.



- Quanto aos efeitos das plumas de dispersão sobre receptores significativos.

A UTE Pampa Sul, não contribui com concentrações nas áreas consideradas significativas, através do Anexo 1, é possível verificar que em nenhum dos cenários relacionados as emissões dos poluentes MP e SO₂, da fonte UTE Pampa Sul isolada, atinge áreas consideradas urbanas. Para o poluente NO₂, observamos que concentrações da ordem de 50 μg/m³ atingem a Vila Seival, distante aproximadamente 3 km a leste da UTE Pampa Sul, no pior cenário de dispersão considerado neste trabalho.

A figura 26 ilustra uma visão do Google Earth considerando a área de estudo com as diferentes fontes de emissão e suas respectivas localizações, através dos mapas a seguir observamos a localização das áreas atingidas pelas concentrações da UTE Pampa Sul, na figura 27 é a visão do *Google Earth* aproximando as áreas urbanas localizadas na região de Candiota-RS.

Figura 26 - Área considerada para o estudo da dispersão dos poluentes sobreposta no Google Earth.

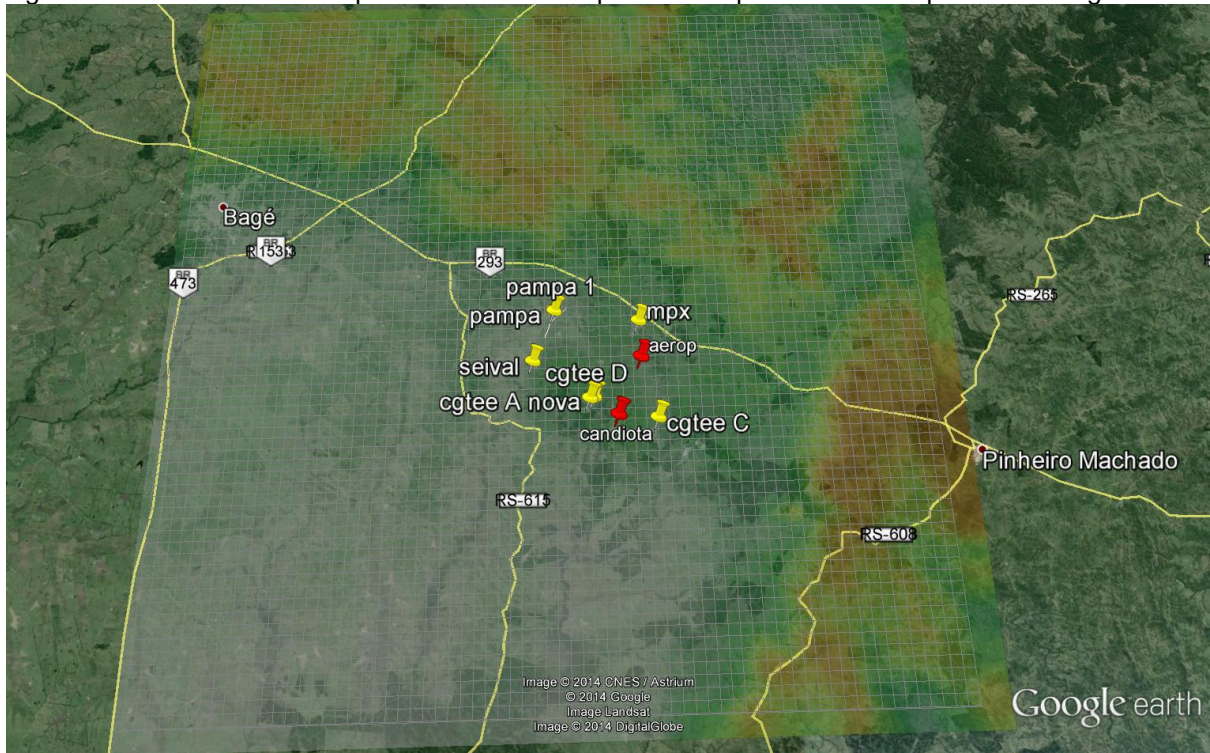
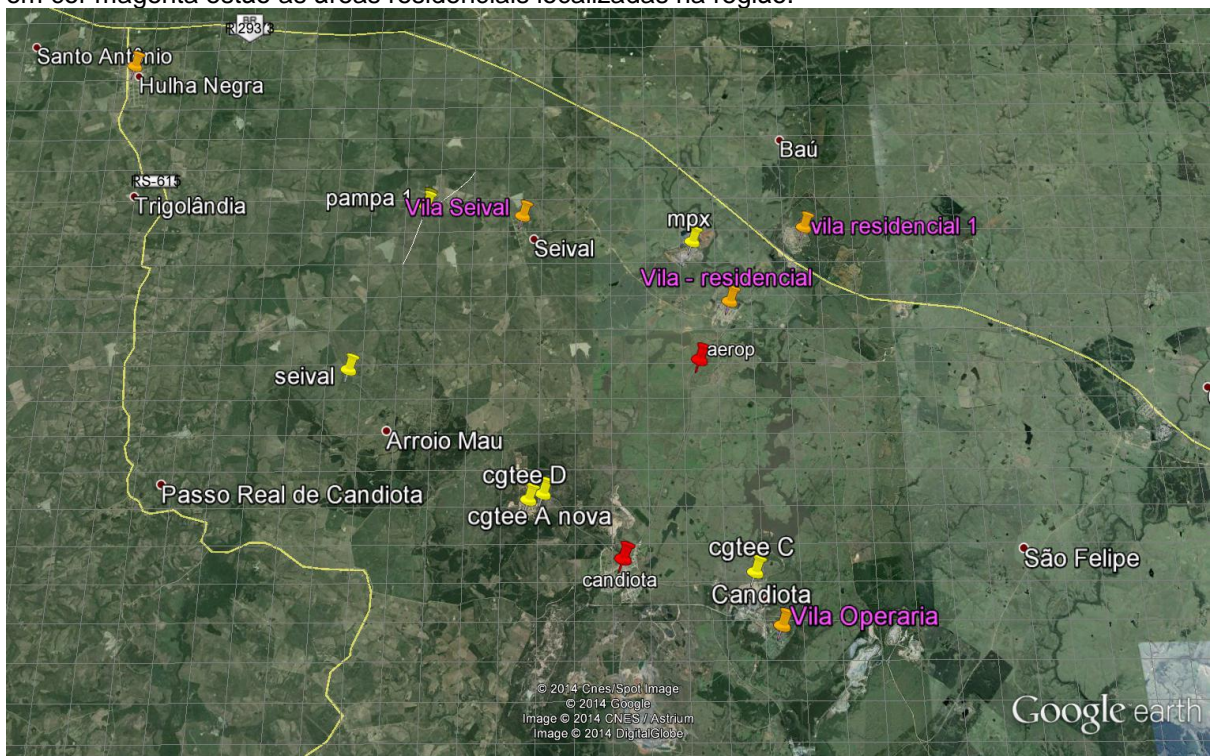


Figura 27 - Área considerada para o estudo da dispersão dos poluentes sobreposta no google earth, em cor magenta as áreas residenciais localizadas na região.



As Figuras 28 a 31, representam isolinhas de concentração do poluente material particulado sobreposta no google earth, periodo média de 24 horas, para o cenário de fonte UTE Pampa sul isolada, o objetivo destes mapas é identificar qual a área será atingida pelas concentrações originadas desta fonte, o ano 2010 foi considerado por ser o pior cenário de dispersão.

Figura 28 - Isolinhas de concentração do poluente material particulado sobreposta no Google Earth.

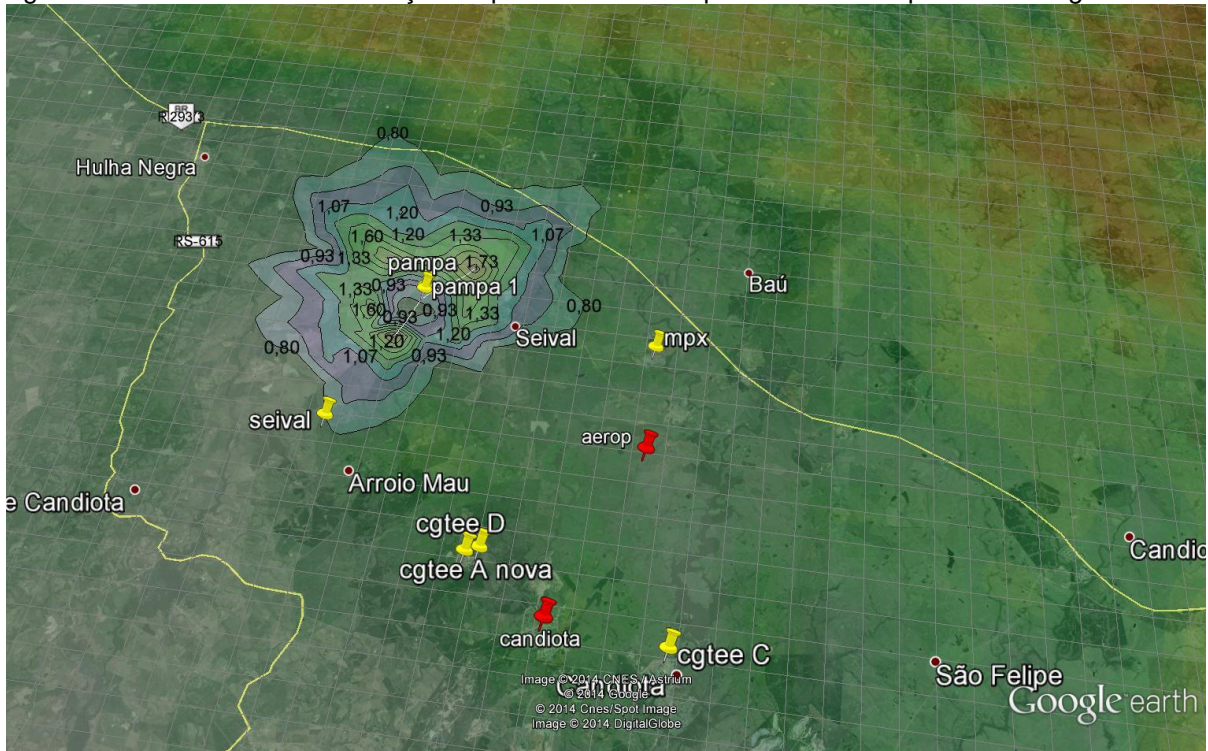


Figura 29 - Idem a figura 28, neste caso considerando um zoom próximo a fonte de emissão.

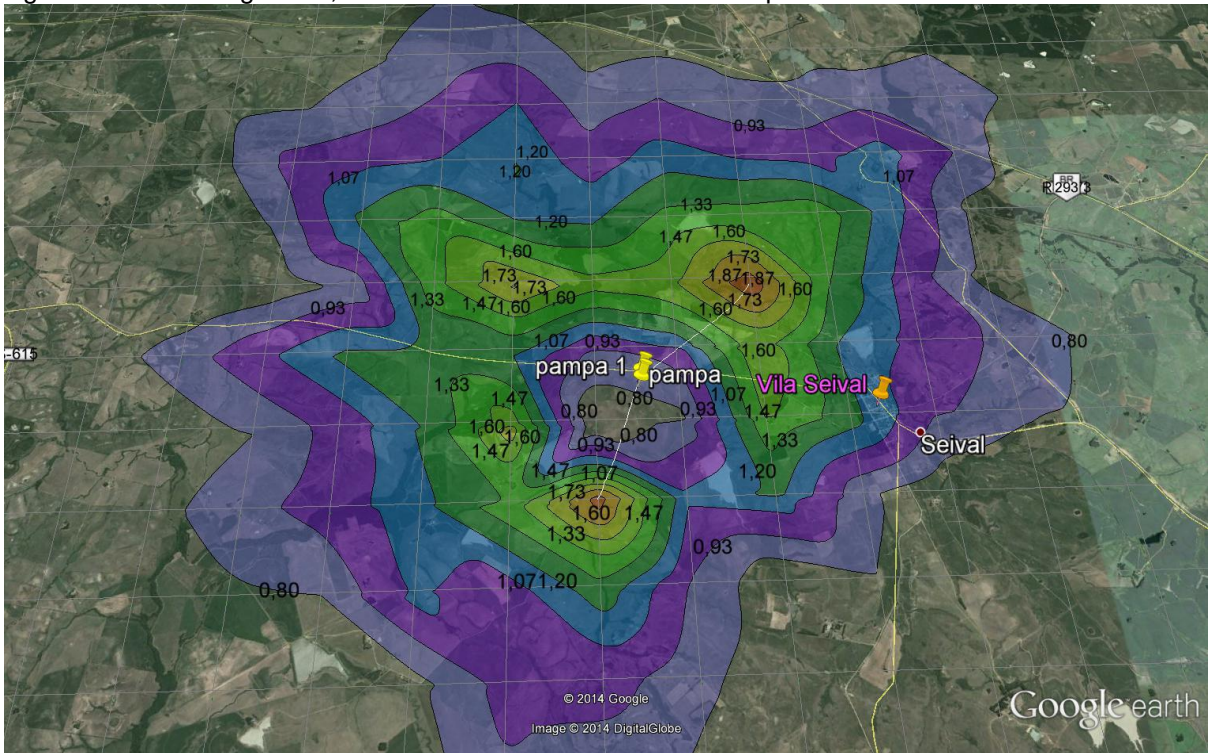


Figura 30 - Idem a figura 28, neste caso considerando um zoom próximo dos pontos de grade com maior concentração de MP.

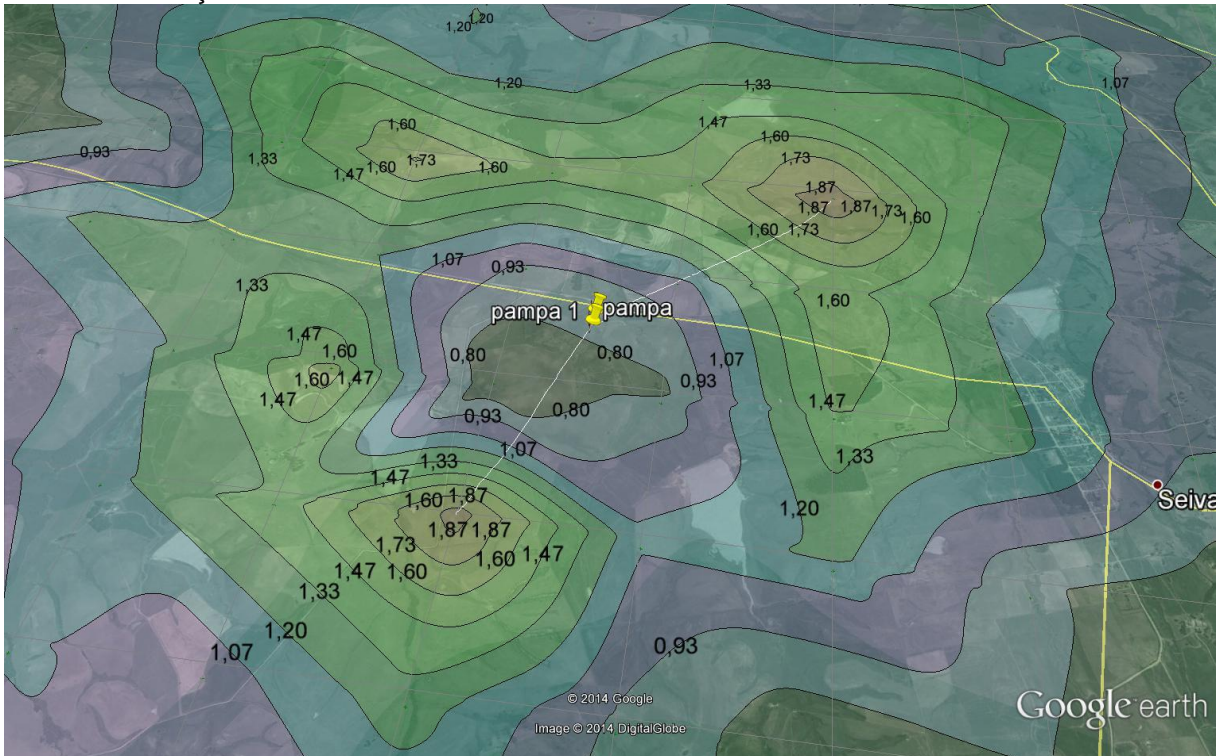
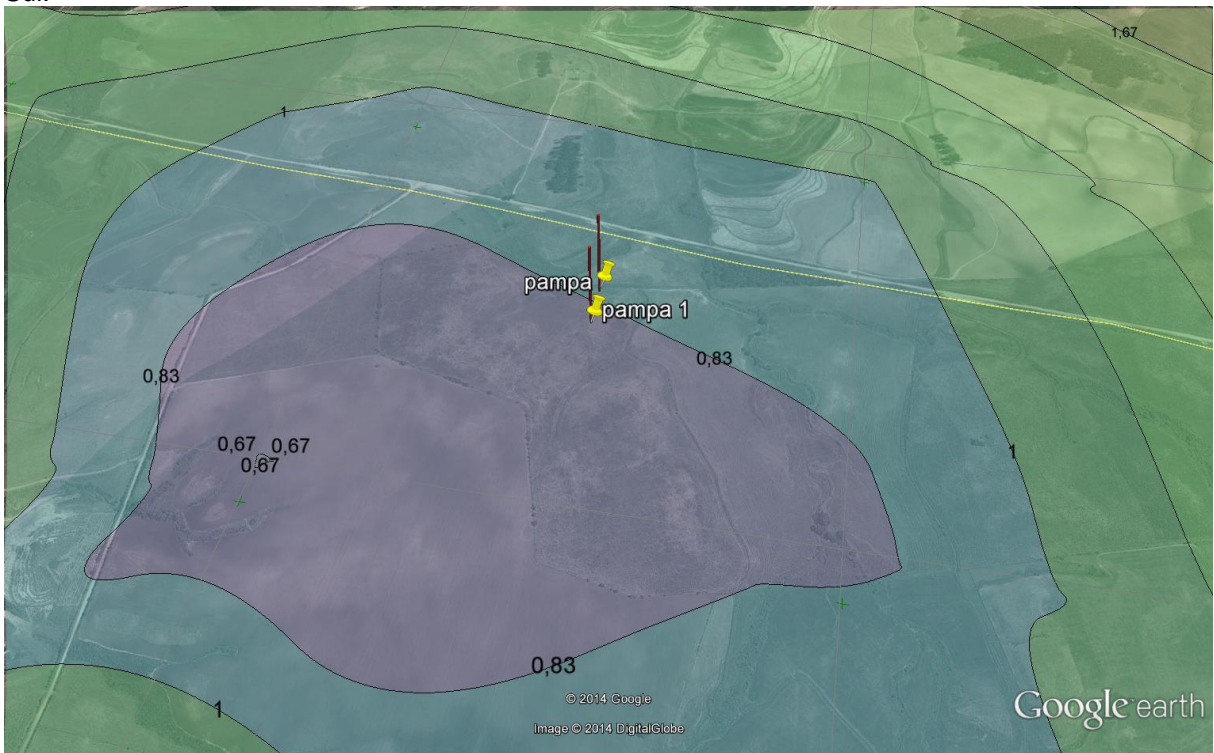


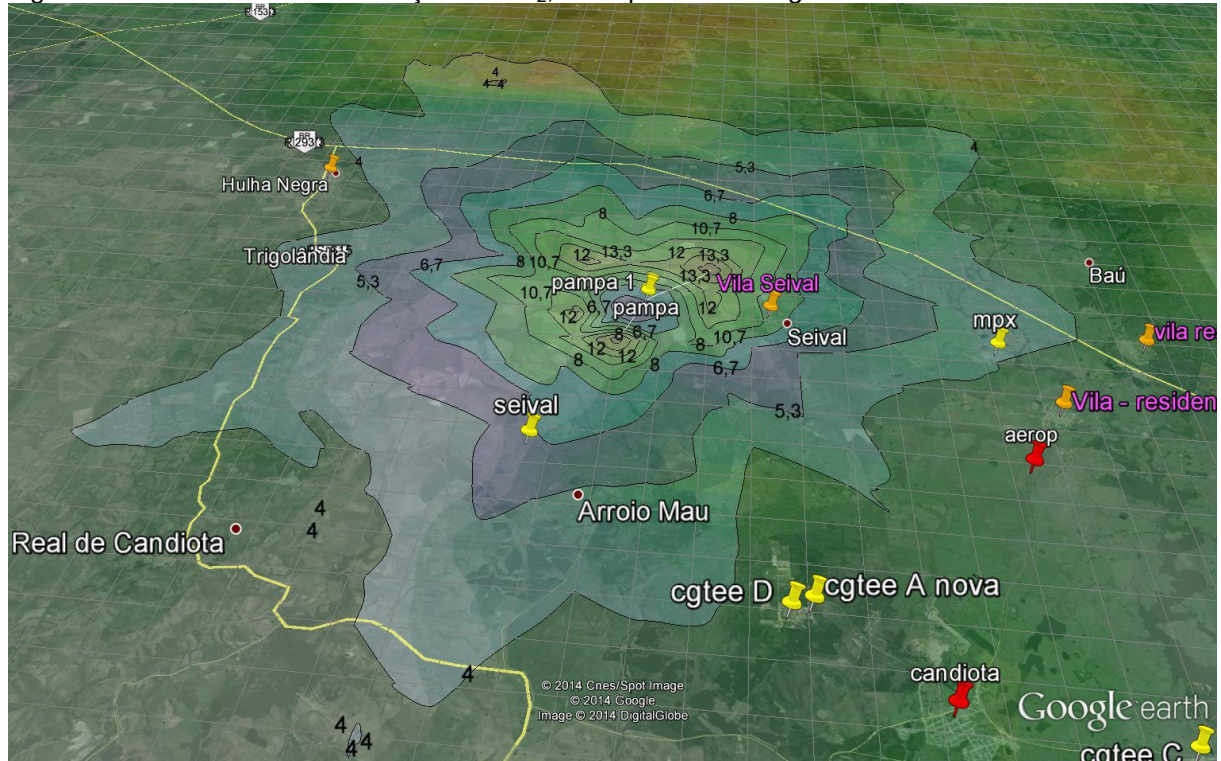
Figura 31 - Idem a figura 28, neste caso considerando um zoom próximo as fontes da UTE Pampa Sul.



Conforme apresentado nas Figuras anteriores acima, as concentrações de material particulado são insignificantes quando comparadas aos padrões de qualidade do ar da resolução CONAMA Nº 03/1990.

As Figuras 32 e 33, ilustradas a seguir, referem-se às isolinhas de concentração para o poluente dióxido de enxofre, SO₂. O período considerado é para o ano de 2010, médias de 24 horas.

Figura 32 - Isolinhas de concentração de SO₂, sobreposta no Google Earth.



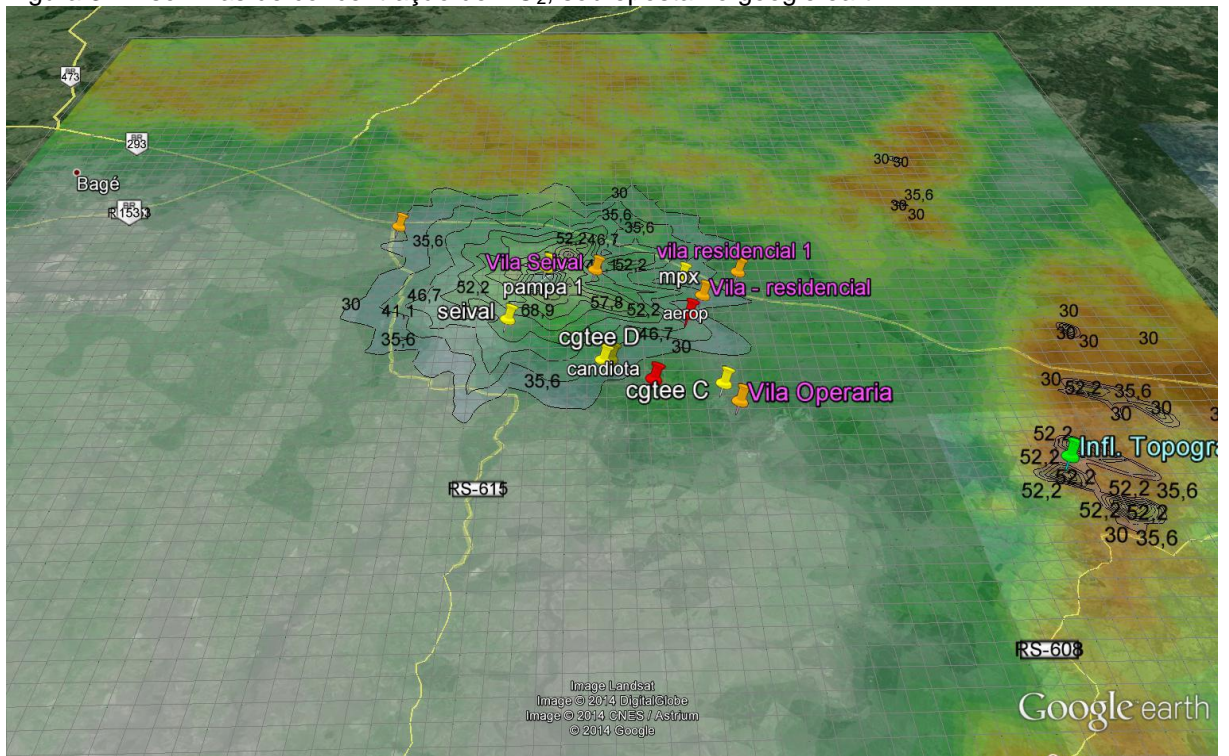
Através das Figuras 32 e 33, as médias de 24 horas de concentração do SO₂, influenciam a região da Vila Seival com concentrações da ordem de 8 µg/m³, sendo este valor muito inferior aos padrões nacionais de qualidade do ar da resolução CONAMA Nº 03/1990, conforme já discutido em itens anteriores.

Figura 33 - Idem a figura 32, neste caso considerando um zoom próximo dos pontos de grade com maior concentração de SO₂.



A seguir encontram-se as isolinhas de concentração para o poluente dióxido de nitrogênio, máximo valor horário para o ano de 2010, Figuras 34, 35 e 36.

Figura 34 - Isolinhas de concentração de NO₂, sobreposta no google earth.



- Os efeitos cumulativos na atmosfera local com a implementação dos novos empreendimentos.

Através dos resultados obtidos neste estudo é possível observar que a pluma de dispersão da UTE PAMPA SUL, não sobrepõem e nem interfere nos valores de concentrações já existentes na região, isto é verificado quando comparamos os diferentes cenários de fonte, para todo o período 2009-2013, modelados com o AERMOD, para os poluentes MP, NO₂ e SO₂. Os Quadros 48 a 56, apresentam os valores de concentração quando consideramos a fonte PAMPA SUL isolada, quando consideramos todas as fontes consideradas no estudo (CGTEE, MPX, SEIVAL, PAMPA), e quando consideramos todas as fontes sem a UTE PAMPA SUL. Através deste último cenário de fonte é possível identificar a influência da implementação da fonte UTE Pampa Sul na região de estudo. Os Quadros 51-53 correspondem ao poluente material particulado.

Quadro 51 - Média de 24 horas, concentração de MP.

Ano	Pampa_isolada $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Todas as fontes $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Todas s/ UTE Pampa $\mu\text{g}/\text{m}^3$
2009	1,74	16,62	13,61
2010	1,97	16,7	16,65
2011	1,7	12,37	12,35
2012	1,83	13,429	13,423
2013	1,82	14,69	14,63

Quadro 52 - Média mensal, concentração de MP.

Ano	UTE Pampa Sul, isolada ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Todas as fontes ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Todas sem UTE Pampa Sul ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
2009	0,4	3,57	3,53
2010	0,53	4,34	4,2
2011	0,35	3,29	3,2
2012	0,43	4,05	4,1
2013	0,36	3,4	3,36

Quadro 53 - Média anual, concentração de MP.

Ano	UTE Pampa Sul, isolada ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Todas as fontes ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Todas sem UTE Pampa Sul ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
2009	0,21	2,02	1,93
2010	0,24	2,1	2,01
2011	0,16	1,58	1,52
2012	0,15	1,51	1,42
2013	0,16	1,45	1,44

As Figuras a seguir ilustram a relação das concentrações apresentadas nos referidos quadros, com o padrão primário e secundário da resolução CONAMA 03/1990. Figuras 37 a 42 correspondem ao poluente material particulado.

Figura 37 - Média de 24 horas, MP, comparação com os padrões de qualidade do ar.

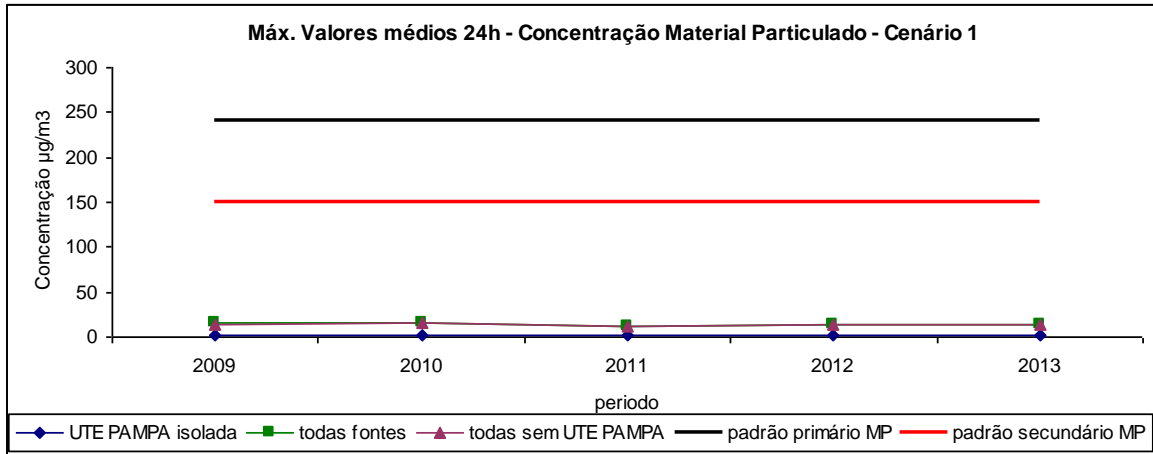


Figura 38 - Média de 24 horas, MP.

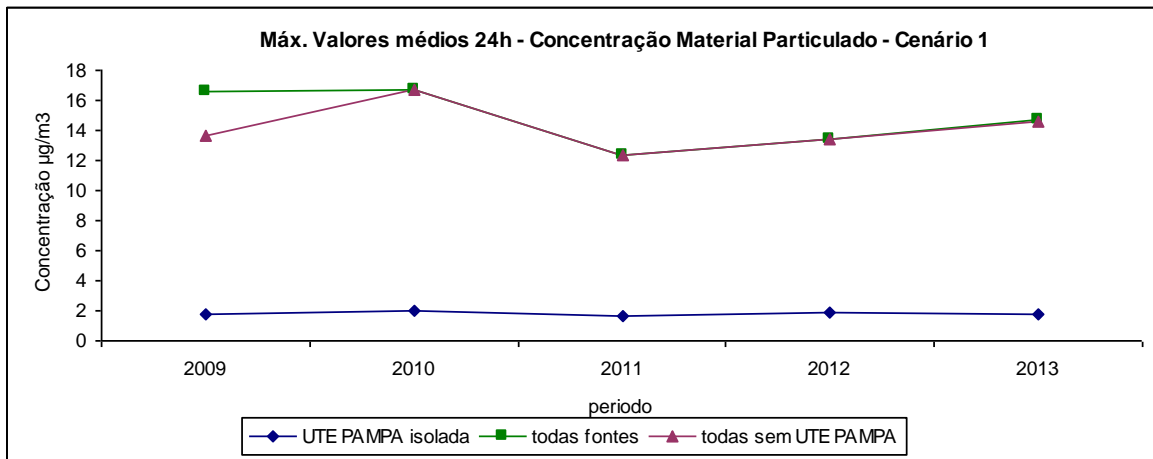


Figura 39 - Média mensal, MP, comparação com os padrões de qualidade do ar.

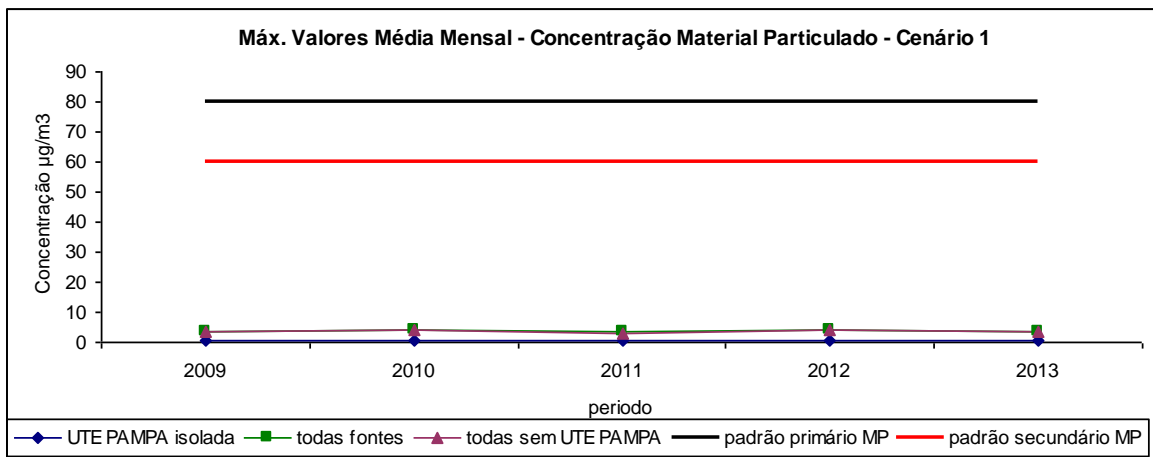


Figura 40 - Média mensal, MP.

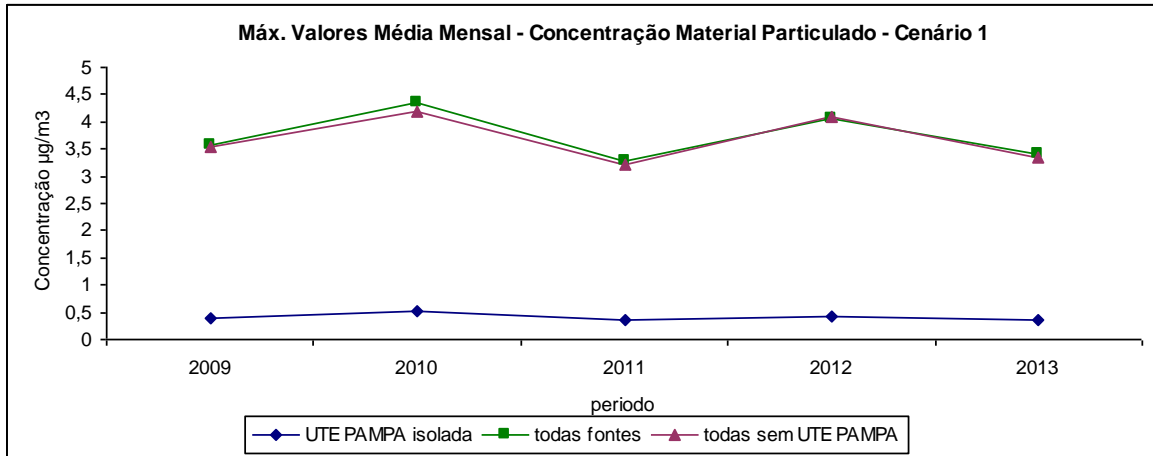


Figura 41 - Média anual, MP, comparação com os padrões de qualidade do ar.

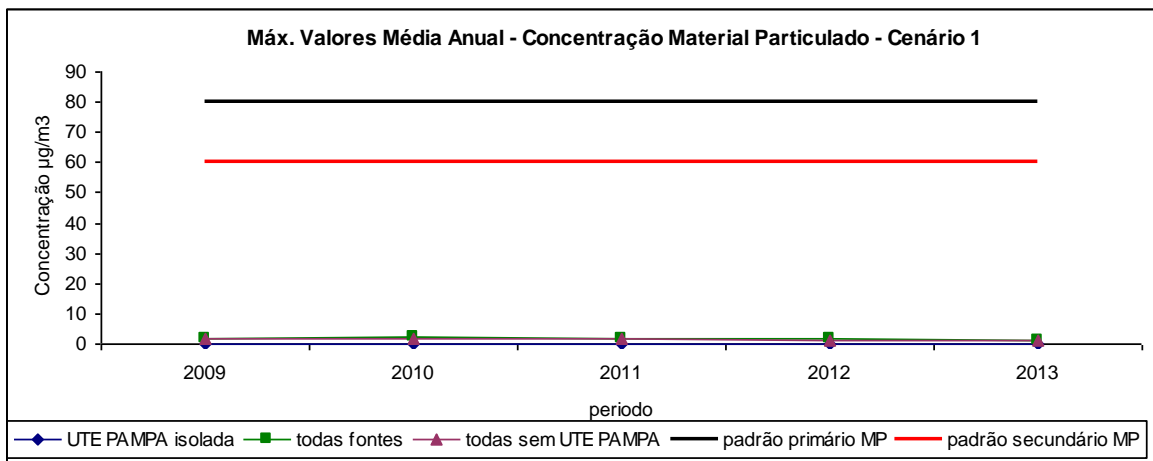
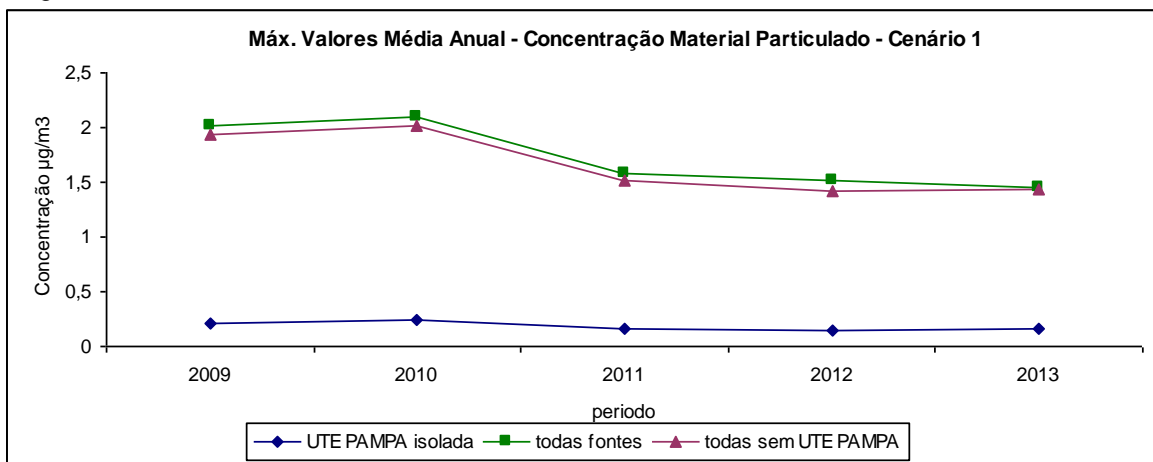


Figura 42 - Média anual, MP.



Através das ilustrações acima, fica evidente que as concentrações de material particulado em todas as condições ficam muito abaixo dos padrões de qualidade do ar. Quanto a influência das concentrações obtidas da UTE Pampa Sul, na área de estudo é evidente que a mesma contribui com concentrações muito insignificante, quando comparado aos padrões de qualidade do ar.

Os Quadros 54 a 56 correspondem ao poluente NO₂, para o período de estudo compreendido entre 2009-2013.

Quadro 54 - Máximo de 1 hora, concentração de NO₂.

Ano	UTE Pampa Sul isolada (µg/m ³)	Todas as fontes (µg/m ³)	Todas sem UTE Pampa Sul (µg/m ³)
2009	111,53	140,6	139,13
2010	81,59	141,59	134,19
2011	103,37	137,8	136,5
2012	102,99	139,43	138,62
2013	93,03	139,67	138,42

Quadro 55 - Média mensal, concentração de NO₂.

Ano	UTE Pampa Sul isolada (µg/m ³)	Todas as fontes (µg/m ³)	Todas sem UTE Pampa Sul (µg/m ³)
2009	0,195	0,38	0,38
2010	0,17	0,426	0,423
2011	0,15	0,33	0,33
2012	0,13	0,259	0,258
2013	0,126	0,28	0,28

Quadro 56 - Média anual, concentração de NO₂.

Ano	UTE Pampa Sul isolada (µg/m ³)	Todas as fontes (µg/m ³)	Todas sem UTE Pampa Sul (µg/m ³)
2009	0,017	0,034	0,034
2010	0,009	0,025	0,025
2011	0,014	0,031	0,031
2012	0,0031	0,0033	0,0024
2013	0,005	0,015	0,016

De acordo com o Quadro 54, quando comparamos os resultados para o cenário **todas as fontes** de emissão e cenário **todas as fontes de emissão sem a UTE Pampa Sul**, para o máximo valor de 1 hora, a diferença é muito baixa, aproximadamente 1 µg/m³, para os anos de 2009, 2011, 2012 e 2013 e 6 µg/m³ para o ano de 2010. Para os quadros 55 e 56 não temos diferença entre os valores obtidos nos cenários todas as fontes de emissão e todas as fontes de emissão sem a UTE Pampa Sul.

As Figuras 43 a 46, a seguir ilustram o exposto nos quadros, e a comparação aos padrões de qualidade do ar para o poluente NO₂.

Figura 43 - Máximo valor de 1 hora, NO₂, comparação com os padrões de qualidade do ar.

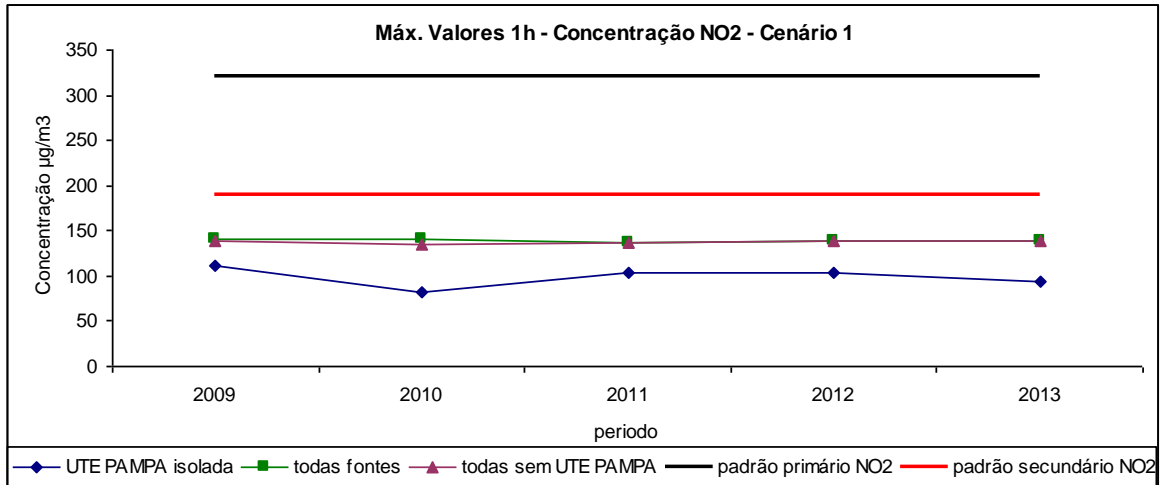


Figura 44 - Média mensal de NO₂, comparação com os padrões de qualidade do ar.

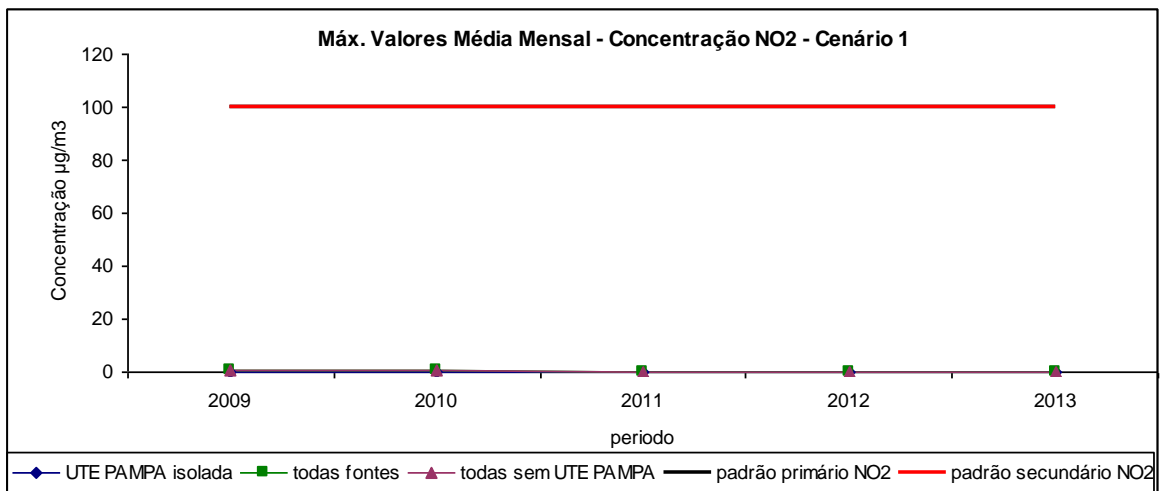


Figura 45 - Média mensal, NO₂.

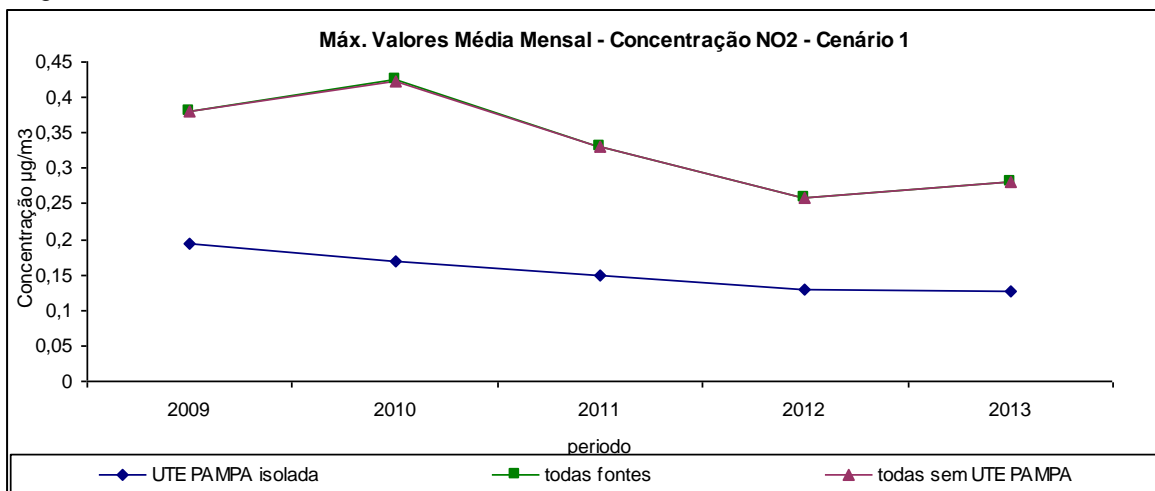
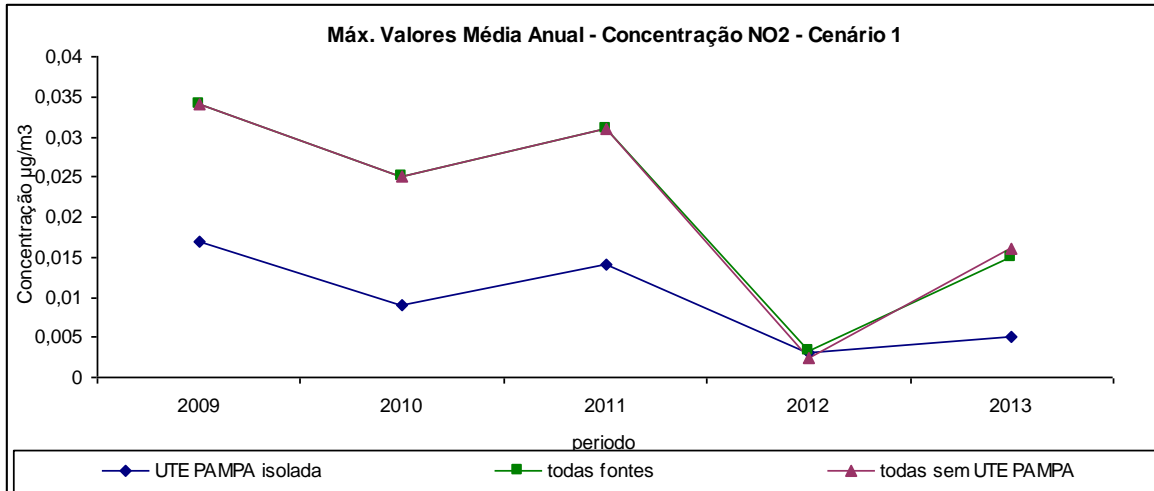


Figura 46 - Média anual de NO₂.



Os Quadros 57 a 56 indicam as médias de 24 horas, média mensal e média anual para o poluente SO₂.

Quadro 57 - Média 24 horas, concentração de SO₂.

Ano	UTE Pampa Sul isolada (µg/m ³)	Todas as fontes (µg/m ³)	Todas sem UTE Pampa Sul (µg/m ³)
2009	14,12	87,77	89,52
2010	15,83	107,82	107,29
2011	13,69	79,71	79,57
2012	14,24	84,85	84,84
2013	16,2	94,21	98,82

Quadro 58 - Média mensal, concentração de SO₂.

Ano	UTE Pampa Sul isolada (µg/m ³)	Todas as fontes (µg/m ³)	Todas sem UTE Pampa Sul (µg/m ³)
2009	3,23	23,18	25,2
2010	4,3	28,29	27,48
2011	2,86	21,49	20,75
2012	3,43	26,01	25,88
2013	3,2	21,97	21,94

Quadro 59 - Média anual, concentração de SO₂.

Ano	UTE Pampa Sul isolada (µg/m ³)	Todas as fontes (µg/m ³)	Todas sem UTE Pampa Sul (µg/m ³)
2009	1,74	13,34	14,17
2010	1,94	13,88	13,1
2011	1,35	10,38	9,9
2012	1,15	9,45	9,3
2013	1,36	9,46	9,82

De acordo com os Quadros apresentados, quando comparamos os resultados com a UTE PAMPA e sem a UTE PAMPA, para a média de 24 horas, a diferença é inexistente para os anos de 2010, 2011 e 2013, muito baixa para o ano de 2009, aproximadamente 1 µg/m³, e para o ano de 2013 é da ordem de 4 µg/m³.

As Figuras 47 a 49, a seguir ilustram o exposto nos quadros, e a comparação aos padrões de qualidade do ar para o poluente SO₂.

Figura 47 - Média de 24 horas, SO₂, comparação com os padrões de qualidade do ar.

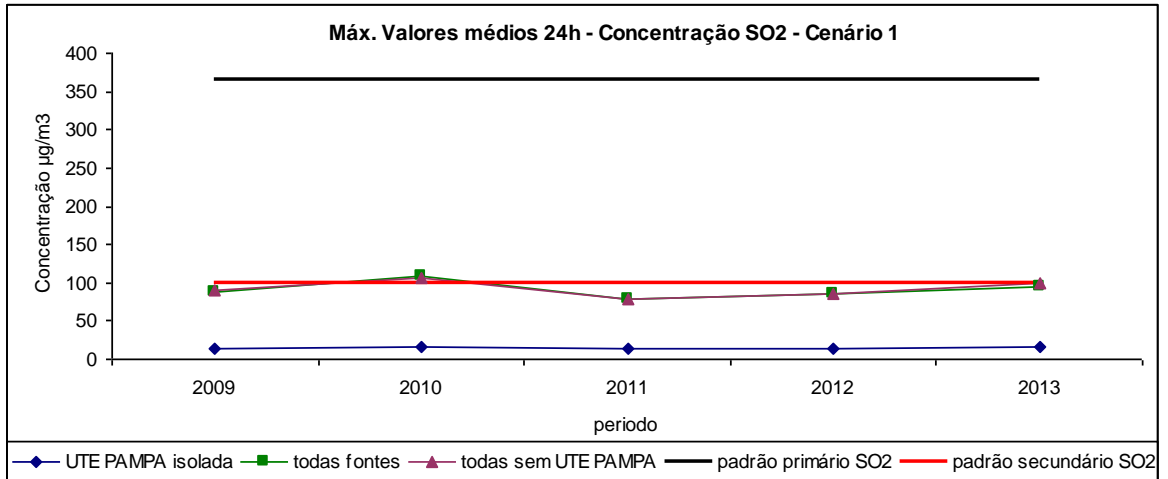


Figura 48 - Média mensal, SO₂, comparação com os padrões de qualidade do ar.

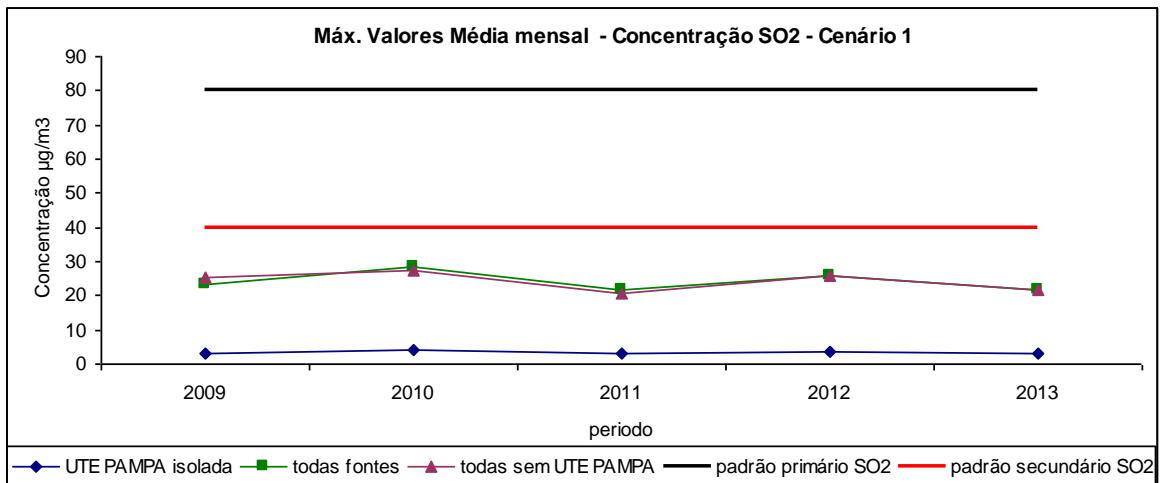
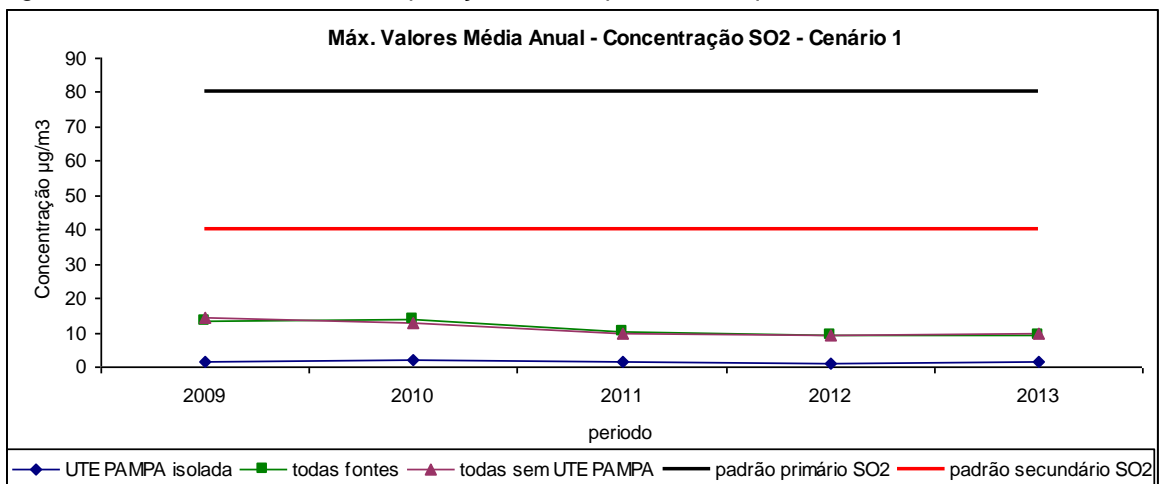


Figura 49 - Média anual, SO₂, comparação com os padrões de qualidade do ar.



As isolinhas de concentrações dos cenários acima encontram-se no Anexo 1 deste estudo.

Viabilidade do Empreendimento

Neste relatório foram apresentados os resultados da modelagem da dispersão dos poluentes atmosféricos material particulado (PM_{10}), dióxido de nitrogênio (NO_2) e dióxido de enxofre (SO_2).

Os resultados do estudo realizado, com base nas emissões dos poluentes emitidos por fontes já existentes na região e fontes licenciadas, mostram que as concentrações, para a área de estudo, no período dos últimos cinco anos, ultrapassa uma única vez o padrão secundário da resolução CONAMA, para o poluente SO_2 , este valor foi da ordem de $107 \mu g/m^3$, enquanto que o padrão secundário para o SO_2 é de $100 \mu g/m^3$. Para os poluentes MP e NO_2 , em nenhuma vez ultrapassaram o padrão secundário. Quando comparamos os resultados obtidos pelos cenários com ou sem a fonte da UTE Pampa Sul, os resultados mostram que a UTE Pampa Sul, não vai interferir nas concentrações já existentes na região, o impacto local com a implantação deste empreendimento é mínimo.

Quando as concentrações obtidas, através da modelagem numérica, para a fonte UTE Pampa Sul isolada, considerando o ano de 2013, são comparadas a estação de qualidade do ar instaladas na região, estações consideradas como (background), os valores de concentração modelados para os poluentes SO_2 e NO_2 não interferem com valores significativos as concentrações medidas nas estações de qualidade do ar localizadas na região de estudo. As Figuras a seguir ilustram as isolinhas de concentração para os poluentes SO_2 (figura 50) e NO_2 (figura 51), sobreposta no Google Earth, para uma melhor visualização dos locais onde estão instaladas as estações de qualidade do ar (ícones vermelhos). Através das mesmas é possível identificar os valores sobrepostos para o SO_2 , valores menores que $5 \mu g/m^3$, na estação de qualidade do ar instalada no aeroporto de Candiota, enquanto que para o NO_2 este é aproximadamente $30 \mu g/m^3$, nas estações do aeroporto de Candiota e na estação Candiota.

Figura 50 - Visão do Google Earth das isolinhas de concentração de SO₂, média de 24 horas para o ano de 2013.

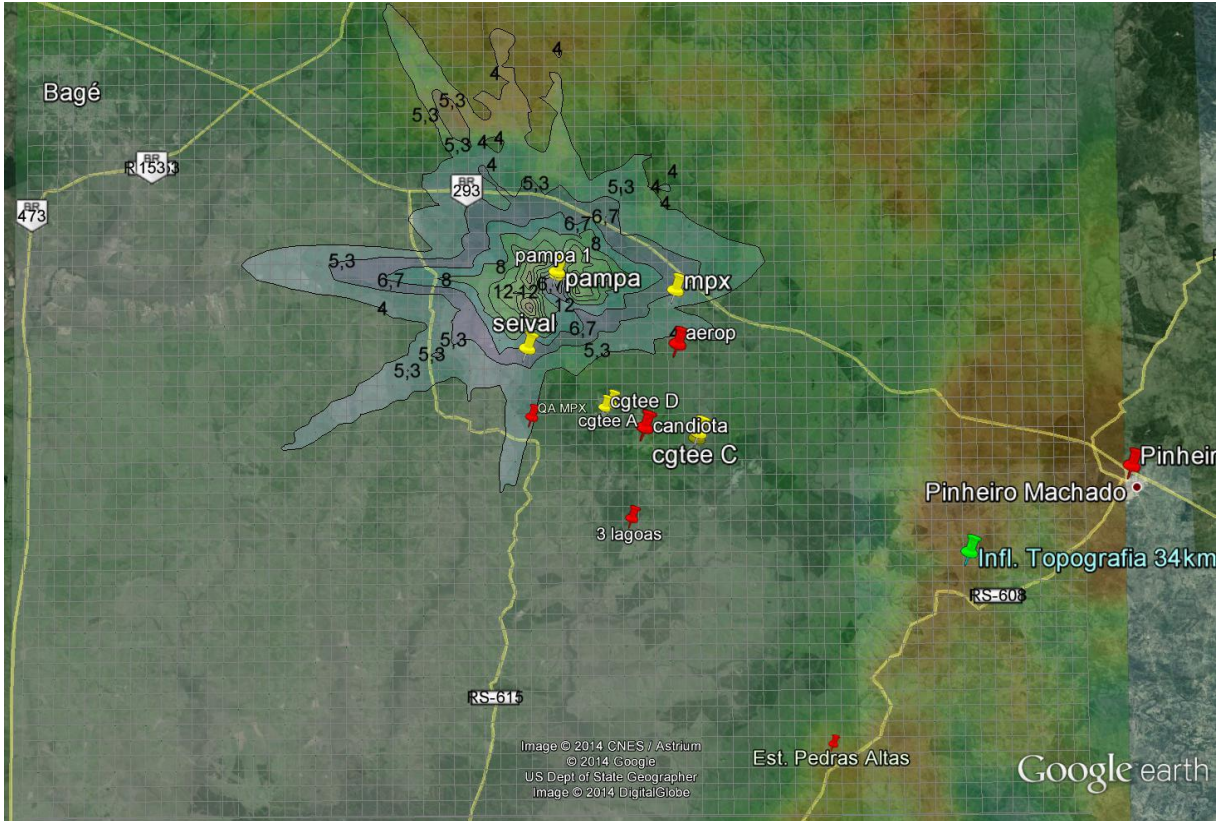
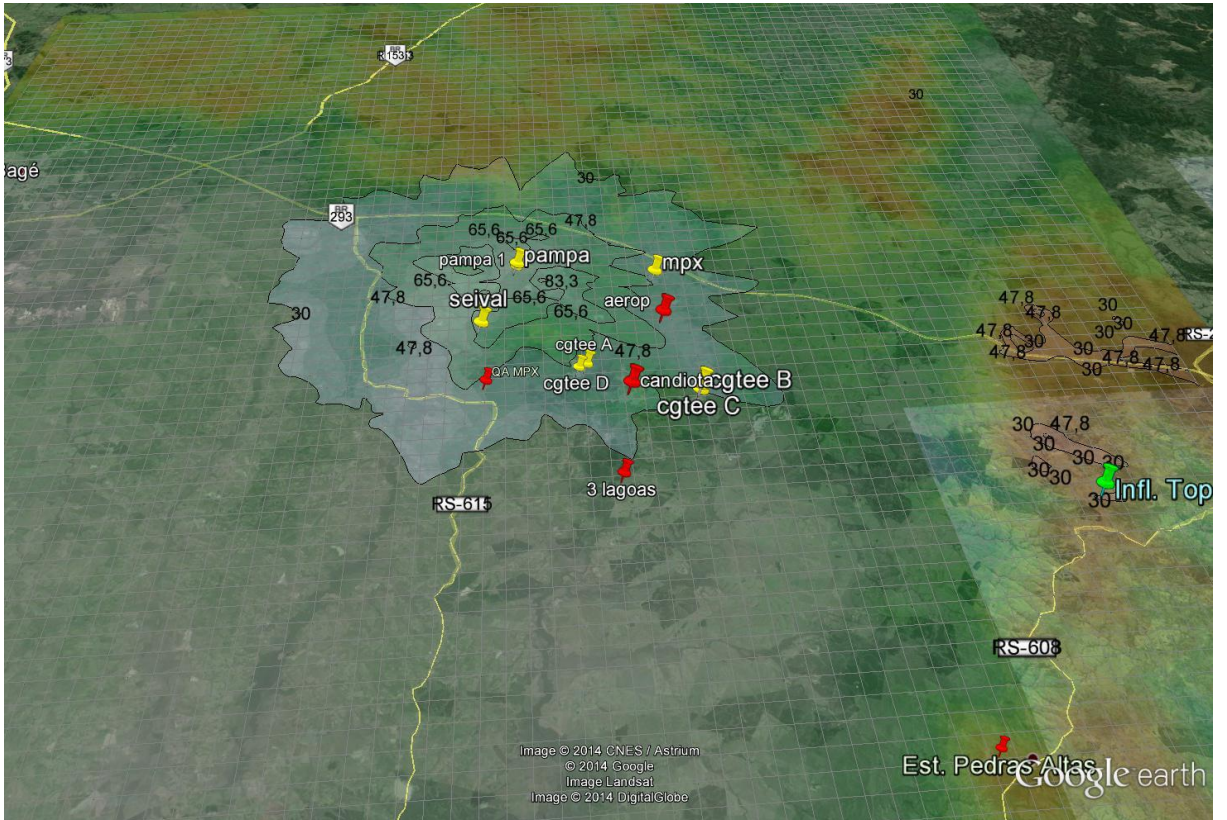


Figura 51 - Visão do Google Earth das isolinhas de concentração de SO₂, média de 24 horas para o ano de 2013. Ícones em vermelho indicam as estações de qualidade do ar consideradas no estudo.



Além do exposto acima, outros fatores contribuem para este fato:

- A localização prevista para a instalação da UTE Pampa Sul é favorável quando comparamos a distância e influência da pluma de dispersão com os outros empreendimentos instalados na região, suas emissões não vão sobrepor os valores de concentrações já existentes na região, o que foi verificado no decorrer do estudo quando consideramos a fonte UTE Pampa Sul isolada, todas as fontes (UTE CGTEE, Seival, MPX SUL e PAMPA SUL) e todas as fontes sem a UTE Pampa Sul, através da modelagem realizada foi possível verificar que a contribuição da UTE Pampa Sul torna-se insignificante nos resultados obtidos;
- Conforme demonstrado através da rosa dos ventos e das isolinhas de concentração, os efeitos locais favorecem a dispersão dos poluentes na área de estudo, tem predomínio de ventos mais intensos favorecendo a dispersão dos poluentes na região para longas distâncias;
- As simulações com a UTE Pampa Sul isolada em nenhum dos cenários estudados, ultrapassou os padrões de qualidade do ar, para os poluentes NO₂, PM₁₀ e SO₂, em todos cenários os valores de concentração estiveram a aproximadamente 50% abaixo dos padrões secundários de qualidade do ar sugerido pelo CONAMA;

Operação

- Áreas propostas para monitoramento da qualidade do ar e meteorológicas e avaliação crítica quanto à quantidade-qualidade de estações.

Considerando as estações meteorológicas e de qualidade do ar já existentes na região de Candiota-RS (Figura 52), é importante organizar uma rede de monitoramento integrada, onde todos os dados sejam organizados, tratados periodicamente e fiquem armazenados em estações de trabalho compartilhada entre os empreendedores.

Com o desenvolvimento deste estudo é possível verificarmos a necessidade da instalação de uma estação de qualidade do ar completa, acompanhada de uma estação meteorológica de superfície, onde além das informações convencionais, já existente nas demais, a mesma deve fornecer informações dos parâmetros micrometeorológicos, tais como medidas dos fluxos turbulentos, através destes é possível calibrar e desenvolver novos métodos e modelos diagnósticos de dispersão de poluentes.

A localização para instalação da estação de qualidade do ar e meteorológica, deve ser na área onde ocorreram valores mais elevados ($52 \mu\text{g}/\text{m}^3$) de concentração do dióxido de nitrogênio, no ano de 2010, quando ilustrada as isolinhas da UTE Pampa Sul isolada, para o poluente NO₂, conforme apresentado na Figura 53.

A Figura 52 ilustra a localização das fontes CGTEE, MPX SUL, SEIVAL e PAMPA SUL.

Figura 52 - Visão do Google Earth indicando a localização das fontes CGTEE, MPX SUL, SEIVAL e PAMPA SUL.

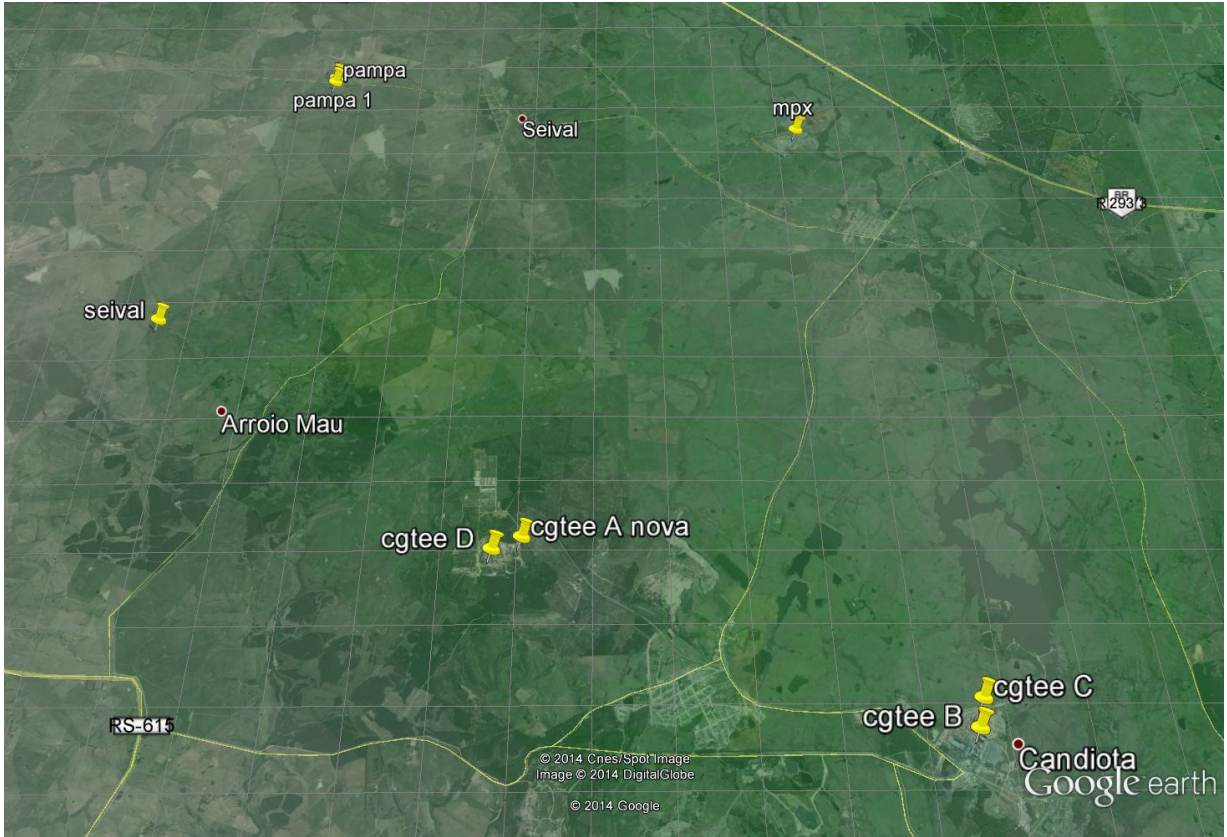
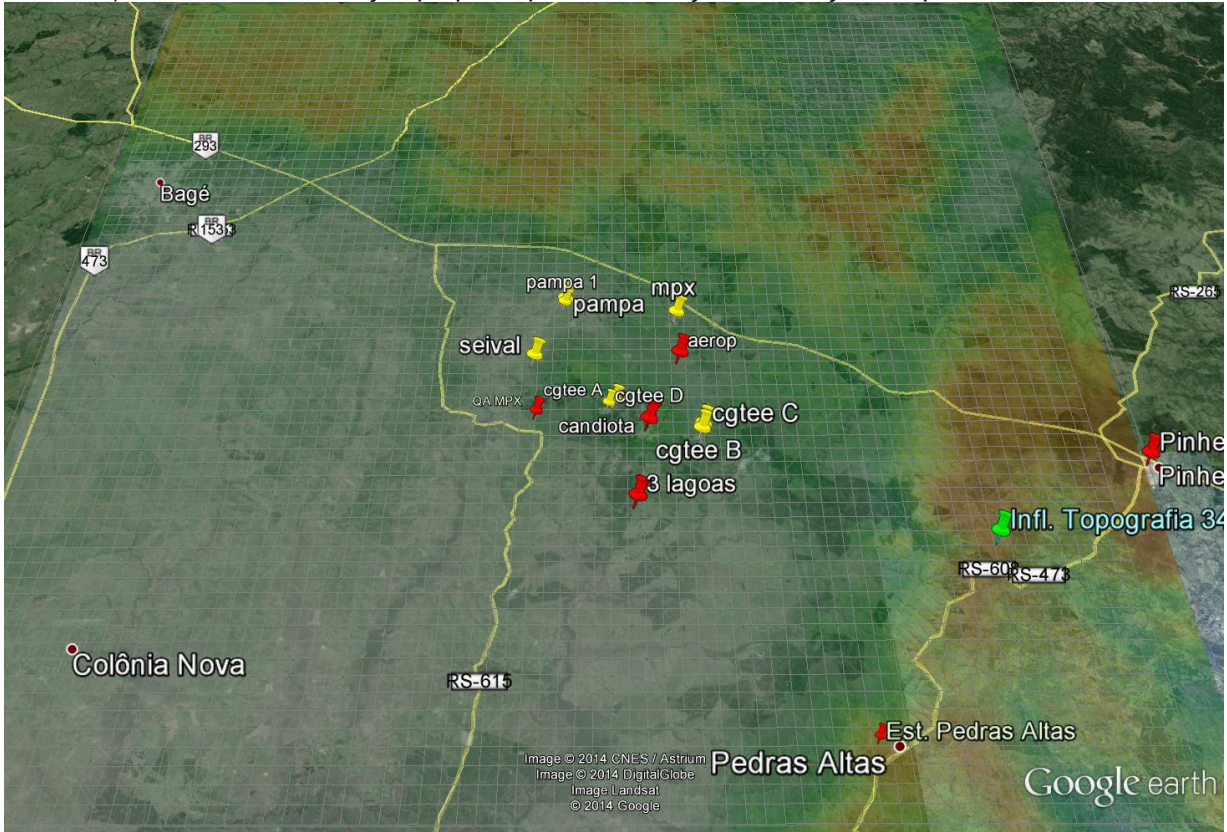


Figura 53 - Visão do Google Earth indicando a localização das fontes CGTEE, MPX SUL, SEIVAL e PAMPA SUL (ícones amarelos) e das estações de qualidade do ar existentes na região (ícones em vermelho), em verde a localização proposta para a instalação da estação de qualidade do ar.



- Aplicabilidade da revisão da modelagem para identificação dos níveis de saturação cumulativos na região.

No que diz respeito ao estudo de transporte, deposição e concentração de poluentes na atmosfera, a modelagem numérica é um dos métodos mais importantes para o estudo da poluição.

Considerando essa técnica, a utilização e operacionalização do modelo CCATT-BRAMS (*Coupled Chemistry Aerosol and Tracer Transport model to the Brazilian developments on the Regional Atmospheric Modeling System*) [FREITAS *et al.*, 2009] é uma ferramenta capaz de simular as emissões, transporte, processos de remoção de gases traços e aerossóis e a reatividade química na atmosfera. Trata-se de um modelo que reflete o estado da arte em previsão de tempo químico, com várias correções e ajustes para o estudo sobre a América do Sul. E servirá para avaliar o impacto das emissões dos precursores do ozônio troposférico no município de Candiota.

Tornando o modelo fotoquímico operacional, torna-se possível a verificação e previsão da influência de parâmetros meteorológicos na dispersão dos poluentes e o acompanhamento diário da variação diurna dos oxidantes fotoquímicos e de seus contaminantes primários e secundários. Propiciando tanto o diagnóstico quanto o prognóstico do ozônio e seus precursores em escalas local e regional. Dando subsídios a futuros estudos de qualidade do ar e clima.

Modelagem da Formação de Ozônio

A modelagem de processos químicos na atmosfera é uma ferramenta importante no diagnóstico e prognóstico da composição química atmosférica no âmbito global e regional. Atualmente, os esforços concentram-se na representação dos processos de emissão, transporte, remoção e transformação (reatividade química) dos diversos constituintes da atmosfera (gases e aerossóis), além de parametrizar seus impactos como, por exemplo, na transferência radiativa e na física de nuvens. Modelos numéricos, como o CCATT-BRAMS, que contemplam a solução da química e transporte de gases e aerossóis interligados com a solução do estado atmosférico, representam o estado da arte em modelagem acoplada da atmosfera.

Descrição do Modelo CCATT-BRAMS

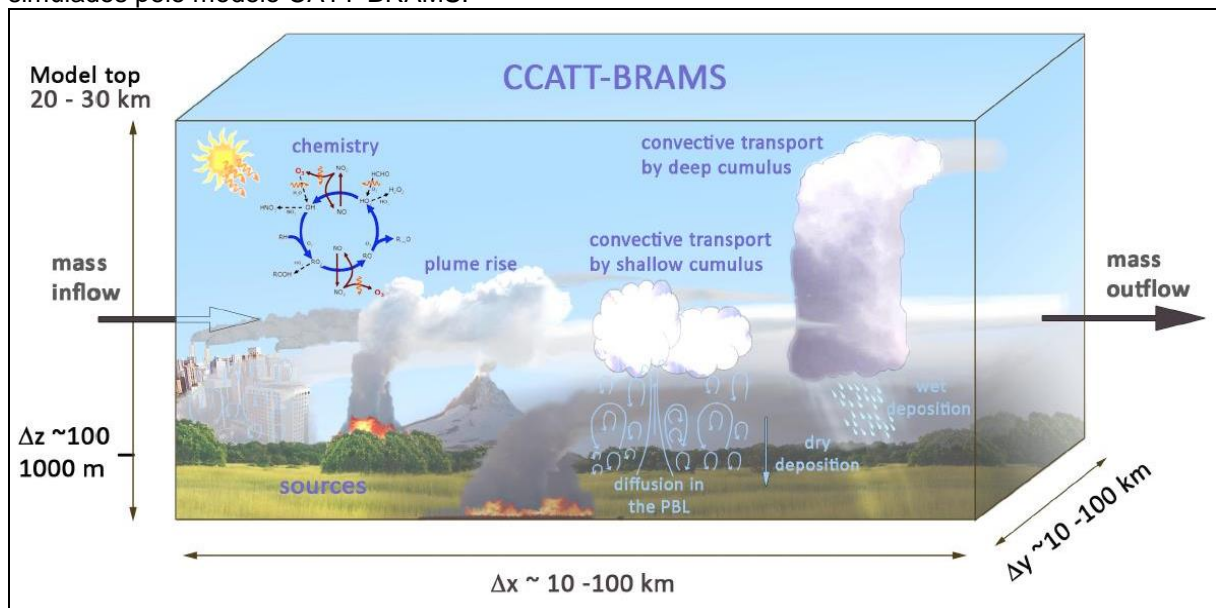
O CCATT-BRAMS é um modelo de química acoplado ao de transporte de aerossóis, desenvolvido juntamente com o modelo brasileiro do *Regional Atmospheric Modeling System* (BRAMS). É um modelo Euleriano, ou seja, modelo de transporte químico tridimensional (3D) acoplado em linha (*on-line*) com um modelo de área atmosférica limitada. Projetado para estudos locais e regionais de química atmosférica da superfície e para baixa estratosfera, tanto para fins operacionais e de pesquisa (LONGO *et al.*, 2013).

Considera deposição seca e úmida, ascensão da pluma associada com focos de queimadas e transporte vertical associado à convecção rasa (não precipitante) e profunda. O modelo é capaz de simular as emissões, o transporte, os processos de remoção de gases traços, a interação de aerossóis com a radiação solar e terrestre (onda curta e longa) e as reatividades químicas com total coerência com a dinâmica de simulações atmosféricas.

O modelo atmosférico BRAMS (*Brazilian developments on the Regional Atmospheric Modeling System*) é baseado no RAMS (*Regional Atmospheric Modeling System*), com diversas melhorias associadas com a representação de convecção cumulus, a inicialização da umidade do solo e regime de superfície, entre outros.

A Figura 54 mostra alguns processos simulados pelo CATT-BRAMS, bem como uma parametrização radiativa adicional, que considera a interação entre partículas de aerossol e radiação de onda curta e longa, além do espalhamento e absorção pelos aerossóis. Apresenta, também, um modelo dinâmico derivado de três anos de propriedades óticas de dados recuperados de algumas das medidas dos sites AERONET¹, usado para os aerossóis de fumaça.

Figura 54 - Alguns dos processos sub-grades envolvidos no transporte de gases e aerossóis e simulados pelo modelo CATT-BRAMS.



Fonte: LONGO *et al.*, 2013

BIBLIOGRAFIA

- AERMOD: Description of model formulation. EPA-454/R-03-004, September 2004.
- AIR & WASTE MANAGEMENT ASSOCIATION - AWMA,. Fundamentals of Dispersion Modeling. Pittsburgh, p.492. November, 2000.
- ÁLVARES JR., *et al.* Emissões Atmosféricas. Brasília: SENAI/DN, 2002.
- ALVES, R. C. M. Descrição das circulações locais na região de Candiota-RS e seus efeitos no transporte de poluentes. Tese de Doutorado, Departamento de Ciências Atmosféricas. IAG-USP, 2000.
- ALVES, R. C. M. Estudo da dispersão de SO₂ emitido pela Usina Termelétrica de Candiota-RS, Brasil. Dissertação de Mestrado, Departamento de Ciências Atmosféricas. IAG-USP, 1996.
- ARYA, S. P. Introduction to Micrometeorology. Academic Press, San Diego-USA, p.310, 2000.
- ARYA, S.P. Air Pollution Meteorology and Dispersion. Oxford University Press, 1999.
- AWA, AIR & WASTE MANAGEMENT ASSOCIATION. Fundamentals of dispersion modeling. Pittsburgh, p. 492. November, 2000.
- BARBON, A. e GOMES, J. Simulação das emissões atmosféricas sobre o município de Araucária com uso do modelo AERMOD. Eng. Sanit. Ambient.,v.15, n.2,p. 129-140, abr-jun, 2010.
- BEYCHOK, M. R., How accurate are dispersion estimates? Hydrocarbon Processing, October 1994b.
- BEYCHOK, M.R., Fundamentals of Stack Gas Dispersion, published by author, Irvine, California, USA, Third Edition, p.193, 1994a.
- BORGES, V. P. *et al.* Avaliação de modelos de estimativa da radiação solar incidente em Cruz das Almas, Bahia. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.14, n.1, p.74–80, 2010.
- BRAGA, C. F.; Estudo dos compostos inorgânicos em partículas atmosféricas da região de Candiota-RS utilizando a técnica PIXE. Dissertação de Mestrado, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, PUCRS, Porto Alegre, 2002.
- BRANCO, S.M. Poluição do ar. Editora Moderna, São Paulo, 2004.
- BROOKS, J. R.; Dann, T. F.; Burnett, R. T.; J. Air Waste Manage. V. 47, n.2,1997.
- CABRAL, O.M. R, Fluxos turbulentos de calor sensível, vapor d'água e CO₂ sobre plantação de cana-de-açúcar (*saccharum sp*) em Sertãozinho/SP. Revista Brasileira de Meteorologia, v.18, n.1, 61-70, 2003.
- CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA - CBMET 2004. Consulta ao site www.cbmet.com/cbm-files/22-07daa9c7aae410c0acedee15a724bee4.doc. Acesso em 23/04/2011
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB. <http://www.cetesb.sp.gov.br/Ar/anexo/inversao.htm>. Acesso em 25/04/2014.
- CIMORELLI, A.J. *et al.* AERMIOD: A Dispersion Model for Industrial Source Applications. Part I: General Model Formulation and Boundary Layer Characterization. Journal of Applied Meteorology, v. 44, 2005.
- DERÍSIO, J.C. Introdução ao controle de poluição ambiental. São Paulo: Signus, 2007.
- DERWENT, R.G.; JENKIN, M.E.; SAUNDERS, S.M.; PILLING, M.J.; SIMMONDS, P.G.; PASSANT, N.R.; DOLLARD, G.J.; DUMITREAN,P.; KENT, A.. Photochemical ozone formation in north west Europe and its control. **Atmospheric Environment**., n 37, p.1983. 2003.

- DILWORTH, J.B. Operations management: design, planning, and control for manufacturing and services. Singapura: McGraw-Hill, 1992.
- ECHALAR, F.A. M. Estudo da estrutura de fontes de aerossóis em Cubatão com o uso de PIXE e modelos receptores. Dissertação de Mestrado, Instituto de Física, Universidade de São Paulo, 1991.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - EPA/600/3-85/040. Rates, Constants, and Kinetics Formulations in Surface Water Quality Modeling, 2nd ed., June, 1985.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - EPA. AERMOD: description of model formulation. U.S. Environmental Protection Agency, North Carolina, 2004.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - EPA. Atmospheric dispersion parameters in Gaussian plume modeling. Research triangle park, NC. p. 44, March, 1976.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - EPA. Guideline on Air Quality Models (Revised) and Supplement A., September. 1987.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - EPA. Revised Draft User's Guide for the AERMOD Terrain Preprocessor (AERMAP). In: U.S. Environmental Protection Agency, NC, November, 1998b. Disponível online: <http://www.epa.gov/scram001/7thconf/aermod/aermapug.pdf>. Acesso em 15/04/2014.
- FERREIRA, M. S. Simulação do Transporte de Poluentes Atmosféricos na Bacia Aérea III da Região Metropolitana do Rio de Janeiro Via o Modelo AERMOD. Dissertação de Mestrado do Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós Graduação e Pesquisa de Engenharia, COPPE da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.
- FORD & STEIN. The Hydrometeorology of DeGray Lake. Misc Paper E 84-3, USArmyEWES, Viscksburg,MS, 1984.
- FREITAS, S. R.; LONGO, K. M.; SILVA DIAS, M. A. F.; CHATFIELD, R.; SILVA DIAS, P.; ARTAXO, P.; ANDREAE, M. O; GRELL, G.; RODRIGUES L. F.; FAZENDA, A.; PANETTA, J. The Coupled Aerosol and Tracer Transport model to the Brazilian developments of the Regional Atmospheric Modeling System (CATT-BRAMS). Part 1: Model description and evaluation, Atmos. Chem. Phys., n 9, p. 2843-2861, 2009.
- GIODA, A; GIODA, F.R.. A influência da qualidade do ar nas doenças respiratórias. Revista Saúde e Ambiente / Health and Environment Journal, v. 7, n. 1,p. 15 -23; 2006.
- HANNA, S.R. *et al.* Evaluation of the ADMS, AERMOD and ISC3 dispersion models with de Optex, Duke, Forest, Kinkaid, Indianapolis and Lovett Field data sets. International Journal of Environment and Pollution, v. 16, n. 1-6, p. 301-314, 2001.
- HANNA, S.R., *at. al.* Hazard Response Modeling Uncertainty (A Quantitative Method) Vol.I. User's Guide for Software for Evaluating Hazardous Gas Dispersion Models. American Petroleum Institute Final Report, 1991.
- HANNA, S.R.; CHANG, J.S., Modification of the Hybrid Plume Dispersion Model (HPDM) for urban conditions and its evaluation using the Indianapolis data set, Volume III: Analysis of urban boundary layer data. In: Report for EPRI, Palo Alto, CA, EPRI Project No. RP-02736-1, 1991.
- HANNA, S.R.. Air Quality Evaluation and Uncertainty, Journal of the Air Pollution Control Association, v.38, p.406-412, 1998.
- HEWITT, P. G. Fundamentos de física conceitual. Tradução Trieste Ricci - Porto Alegre: Bookman p. 440, 2009.

- HOLMES, N.S; Morawska, L. A review of dispersion modeling and its application to the dispersion of particles: An overview of different dispersion models available. *Atmospheric Environment*, v. 40, p. 5902–5928, março 2006.
- HOPKINS, W.G. Correlation coefficient. Disponível em: <<http://www.sportsci.org/resource/stats/correl.html>>. Acesso em: julho de 2012.
- IRWIN, J.S. Modeling Air Quality Pollutant Impacts. In: *Air Quality Management in Urban Areas in the light of EU Legislation*, Krakow.National Oceanic and atmospheric Administration. Research Triangle Park, NC27711, USA, 2000. <http://www.meteo.bg/EURASAP>.
- JÚNIOR, José Francisco de Oliveira, Pimentel Luiz Cláudio Gomes e Landau Luiz. Critérios de estabilidade atmosférica para a região da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto, Angra dos Reis – RJ. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.25, n.2, 270 - 285, 2010.
- KARAM, H.A., *et al.* Simulação numérica da CLP em Candiota através de um modelo de mesoescala. *Workshop on Air Pollution and Acid Rain: The Candiota Program*. Julho, 1996.
- KUMAR, A. *et al.* A. Evaluation of the AERMOD dispersion model as a function of atmospheric stability for an urban area. *Environmental Progress*, v.25, n.2, p.141-151, 2006.
- LIN, C. A.; Pereira, L. A. A.; Braga, A. L. F.; Conceição, G. M. S.; Kishi, H. S.; Milani, R. Association Between Air Pollution and Ischemic Cardiovascular Emergency Room Visits. *Env Res.*; 92:53-63, 2003.
- LIU, D.H.F.; LIPTAK, B.G. *Environmental engineers' handbook*. Boca Raton: CRC Press LLC. 1999.
- LONGO, K. M.; FREITAS, S. R.; SETZER, A.; PRINS, E.; ARTAXO, P.; and ANDREAE, M. O.. The Coupled Aerosol and Tracer Transport model to the Brazilian developments on the Regional Atmospheric Modeling System (CATTBRAMS) – Part 2: Model sensitivity to the biomass burning inventories, **Atmos. Chem. Phys.**, Discuss., p. 8571–8595, doi:10.5194/acpd-7-8571,2007.
- LONGO, K. M.; FREITAS, S. R.; PIRRE, M. O.; MARÉCAL, V.; RODRIGUES, L. F.; ALONSO, M. F.; FONSECA, R. M., SANCHEZ Gácita; M., STOCKLER R.. The Chemistry CATT-BRAMS model: a new tool for local and regional atmospheric chemistry modeling studies. Em fase de submissão para a *Geosci. Model Dev*, 2011.
- LONGO, K. M.; FREITAS, S. R.; PIRRE, M.; MARECAL, V.; RODRIGUES, L. F.; PANETTA, J.; ALONSO, M. F.; ROSARIO, N. E.; MOREIRA, D. S.; GACITA, M. S.; ARTETA, J.; FONSECA, R.; STOCKLER, R.; KATSURAYAMA, D. M.; FAZENDA, A.; BELA, M.. The chemistry CATT–BRAMS model (CCATT–BRAMS 4.5): a regional atmospheric model system for integrated air quality and weather forecasting and research. *Geosci. Model Dev. Discuss.*, 6, 1173–1222, 2013.
- LYRA, D.G.P. Modelo integrado de gestão da qualidade do ar da Região Metropolitana de Salvador. Tese de Doutorado, Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, 2008.
- MENEZES, P.S.F., Validação do modelo matemático ISCST3 de dispersão atmosférica a partir das emissões de dióxido de enxofre de uma refinaria. Dissertação de mestrado profissional em gerenciamento e tecnologia ambiental no processo produtivo. Universidade Federal da Bahia, 2006.
- MIGLIAVACCA, D. M. Estudo da Precipitação Atmosférica na Região de Candiota, RS. Dissertação de Mestrado em Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, PUCRS, Porto Alegre, 2001.

- MIGLIAVACCA, D. M. et al.; Study of chemical elements in atmospheric precipitation in South Brazil. *Atmospheric Environment* v. 38, p. 1641–1656. 2004.
- MINGOTI, S.A. Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2007.
- MORAES *et al.* Meteorologia e Poluição Atmosférica: Teoria, Experimentos e Simulação. Santa Maria: FACOS-UFSM, 2010.
- MORAES, M.R. Ferramenta para a previsão de vento e dispersão de poluentes na microescala atmosférica. Tese de Doutorado, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.
- MOREIRA *et al.* Meteorologia e poluição atmosférica. *Ambiente & Sociedade*. Campinas v. XI, n. 1. p. 1-13. Jan - jun. 2008.
- MOREIRA, D., TIRABASSI, T. Modelo matemático de dispersão de poluentes na atmosfera: Um instrumento técnico para a gestão ambiental. *Ambiente & Sociedade*, Vol. VII nº. 2, jul- dez, 2004.
- MOREIRA, G.A.A. A modelagem Numérica da Camada Limite Atmosférica com Validação Experimental. Dissertação de mestrado do Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Minas Gerais, 2007.
- NATIONAL INSTITUTE OF WATER AND ATMOSPHERIC RESEARCH - NIWA. Good Practice Guide for Atmospheric Dispersion Modelling. Aurora Pacific Limited and Earth Tech Incorporated for the Ministry for the Environment. Published in June 2004 by the Ministry for the Environment Manatū Mō Te Taiao .This document is available on the Ministry for the Environment's website: www.mfe.govt.nz.
- OLIVEIRA, M.B.L; *et al.* Avaliação Sazonal dos Componentes do Balanço de Energia no Pantanal Sul Mato-grossense. XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia. Anais. Fortaleza.
- PAINE, R.F. *et al.* Model Evaluation results for AERMOD. Draft Document. December 17, 1998.
- PAIVA, S.C.; CAVALCANTI, E.P. Balanço de energia à superfície: estudo observacional e de simulação com o BRAMS em um campo irrigado na caatinga – parte 1: fluxos de calor latente e calor sensível. XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia. Anais. Belém. CBMET 2010. Consulta ao site www.cbmet2010.com/anais/artigos/464_59461.pdf. Acesso em 20 de abril de 2011.
- PASQUILL, F. Atmospheric dispersion of pollution. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, Oxford, v.97, n.414, p.369-395, 1971.
- PASQUILL, F. Atmospheric Dispersion Parameters in Gaussian Plume Modeling. Part II. Possible Requirements for Change in the Turner Workbook Values. USEPA-EPA-600/4-76-030b, RTP.NC 27711, p.159, 1976.
- PASQUILL, F. The Estimation of the Dispersion of Windborne Material. *Meteorological Magazine*, v. 90, p. 33-49, 1961.
- PASQUILL.; SMITH, F.B. *Atmospheric Diffusion*. 3. ed. New York: Halsted Press, 1983.
- PAZ, S.R. *et al.* Utilização de modelagem numérica para o estudo da dispersão de poluentes emitidos pela usina termoeletrica Presidente Médice. *Química Nova*, vol. 30, n.7, 2007.
- PERRY, S.G, *et al.* AERMOD: A Dispersion Model for Industrial Source Applications. Part II: Model Performance against 17 Field Study databases. *Journal of Applied Meteorology*, v. 44, 2005.

- PIRES, M, *et al.* Emissões oriundas da combustão do carvão. Meio ambiente e carvão. Fundação Estadual de proteção ambiental (FEPAM). Cadernos de Planejamento e Gestão Ambiental, nº 2. Porto Alegre. 253-274p, 2002.
- QUEROL, X, *et al.*; Atmos. Environ. v. 35, p. 845, 2001.
- RICHTER, L.A. *et al.* Thermal power plants and environmental control. Moscow: Mir Publishers, 1984.
- RODRIGUES, P. E., *et al.* Testes com Esquema de Parametrização de Radiação do Modelo BRAMS. XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia. Anais: Pará. CBMET 2010. Consulta ao site www.cbmet2010.com/anais/artigos/534_50370.pdf. Acesso em 23 /04/2011.
- ROISENBERG *et al.* Caracterização e evolução geoquímica das águas subterrâneas da mina de Candiota (RS), Brasil. Revista Brasileira de Geociências. 38(4), 12/2008.
- SALDIVA, P. H. N; LICHTENFELS, A. J. F. C; PAIVA, P. S. O; BARONE, I. A; MARTINS, M.A; MASSAD, E; PEREIRA, J. C. R; XAVIER, V.P; SINGER, J. M, BOHM, G. M.. Association between air pollution and mortality due to respiratory diseases in children in São Paulo, Brazil: a preliminary report. **Environ. Research**, n 65, p. 218- 225, 1994.
- SALDIVA, P. H. N; POPE, C. A; SCHWARTZ, J.; DOCKERY, D. W.; LICHTENFELS, A. J; SALGE, J. M.; BARONE, I.; BOHM, G. M.. Air pollution and mortality in elderly People: a time-series study in São Paulo, Brazil. Arch. **Environ. Health**, n 50(2), p. 159-163, 1995.
- SANTOS R.S. *et al.* Avaliação da relação seca/produktividade agrícola em cenário de mudanças climáticas. Revista Brasileira de Meteorologia, v.26 , n.2, 313 - 321, 2011.
- SEINFELD, J.H. Atmospheric chemistry and physics of air pollution. New York: John Willey & Sons, 1986.
- SEINFELD, J. H., PANDIS, S. N. Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2006.
- SELLERS, W.D. Physical climatology. The University of Chicago Press. Chicago, published 1965, 272p. impression 1972.
- SILVA, C.R. *et al.* Radiação solar estimada com base na temperatura do ar para três regiões de Minas Gerais. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.16, n.3, p.281–288, 2012.
- SINDICATO DA INDÚSTRIA DE EXTRAÇÃO DE CARVÃO DO ESTADO DE SANTA CATARINA - SIECESC. <http://www.satc.edu.br/siecesc/historico.asp>. Acesso em 10/2011.
- SOARES, M. S, *et al.* Avaliação do Desempenho dos Modelos Regulatórios de Qualidade do Ar AERMOD e CALPUFF para a Bacia Aérea III – RJ. VI Brazilian Micrometeorology Workshop, Santa Maria, RS, Brasil, 18-20 novembro 2009.
- STULL, R. B. Static Stability – An Update. Bulletin American Meteorological Society, v. 72, p.1521-1529, 1991.
- SUTTON, O.G., Micrometeorology. McGraw-Hill, New York, 333pp, 1953.
- TAO, Z.; LARSON, S. M.; WILLIAMS, A.; CAUGHEY, M.; WUEBBLES, D. J.. Area, mobile, and point source contributions to ground level ozone : a summer simulation across the continental USA. **Atmospheric Environment**, n 39, p. 1869-1877, 2005.

- TEIXEIRA, E. C.; et al. Estudos ambientais em Candiota: carvão e seus impactos. Porto Alegre: FINEP/PDACT/CIAMB/FAPERGS/FEPAM, 2004. Cadernos de planejamento e gestão ambiental, nº4.
- TEIXEIRA, E.C, *et al.* Impacto ambiental do uso e processamento do carvão mineral na região do Baixo Jacuí, RS. Relatório Projeto PADCT/CIAMB, 1998.
- TURNER, D.B., Workbook of Atmospheric Dispersion Estimates: An Introduction to Dispersion Modeling. 2nd edition - Consultant, Chapel Hill, North Carolina, USA, 1994.
- VAREJÃO, S., M. A. Meteorologia e Climatologia. Recife: versão digital 1, 2005.
- VAREJÃO, S., M. A. Meteorologia e Climatologia. Recife: versão digital 2, 2006. http://www.agritempo.gov.br/publish/publicacoes/livros/METEOROLOGIA_E_CLIMATOLOGIA_VD2_Mar_2006.pdf. Acesso em 02/2012.
- VELLOSO, M. F. A., et al. Avaliação dos Modelos de Qualidade do Ar AERMOD e ISC para a Região de Nova Iguaçu, RJ. V Brazilian Micrometeorology Workshop, Santa Maria, RS, Brasil, 12-14 de dezembro 2007. ISSN 0100-8307.
- VELLOSO, M.F.A. Avaliação de modelos gaussianos para fins regulatórios – um estudo para a bacia aérea III da região metropolitana do Rio de Janeiro. Dissertação de mestrado, Engenharia Mecânica Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE/UFRJ, 2007.
- VENKATRAM, A., et al. Modeling dispersion at distances of meters from urban sources. Atmospheric Environment v.38, n 28,p. 4633–4641, 2004.
- ZANNETTI, P. **Air Pollution Modeling**. Van Nostrand, Reinhold. 1990.
- WILLMOTT, C.J., *et al.* Statistics for the evaluation and comparison of models. Journal of Geophysical Research, Washington, D.C., v.90, n.C5, p.8995-9005, 1985.

ANEXO 01
POLUENTES MP, NO_x E SO₂ – CENÁRIOS PARA 5 ANOS
(2009-2010-2011-2012 e 2013) CARGA 100%

ANEXO 02
POLUENTES MP,NO_x E SO₂ – PIOR CENÁRIO DE MODELAGEM ANO 2010
CARGA 60%

ANEXO 03
POLUENTES MP,NO_x E SO₂ – CENÁRIOS CRÍTICOS - MENOR MAIOR
TEMPERATURA - CARGA 100%

ANEXO 04
POLUENTES MP,NO_x E SO₂ – CENÁRIOS VARIANDO CONFIGURAÇÃO DO
TERRENO ANO DE 2010 - CARGA 100%

ANEXO 05
POLUENTES MP, NO_x E SO₂ – CENÁRIOS DE MODELAGEM ANO 2010
CARGA 60%

ANEXO 06
MAPAS