

**ESTUDO DE DISPERSÃO ATMOSFÉRICA DO COMPLEXO
TERMELETRICO**

CELSE – Centrais Elétricas de Sergipe S.A.

**UTE Porto Sergipe I
UTE Governador Marcelo Deda
UTE Laranjeiras I**

Setembro 2.017

Índice

1.	Considerações	3
2.	Legislação Ambiental	6
3.	Emissão de Poluentes Atmosféricos	9
4.	Empreendimento, Região e Meteorologia.	15
5.	Modelo de Dispersão Atmosférica	24
6.	Resultados de Modelagem	40
7.	Avaliação de Impactos	42

Anexos:

- Resumo de Resultados da Campanha de Monitoramento da Qualidade do Ar.
- Lakes Environmental – Upper Air Estimator and Reference.
- Referencia: *Fletcher, T. M. and Brown, R.E. "Interaction of na Eulerian Flue Gas Plume with Wind Turbines" University of Glasgow, 2010.*
- "Print Screen" BPIP Aerogeradores

ESTUDO DE DISPERSÃO ATMOSFÉRICA DO COMPLEXO TERMELETRICO

1 Considerações

A empresa CELSE – Centrais Elétricas de Sergipe S.A está em fase de análise ambiental para implantação de Complexo Termelétrico para geração de 2.951 MW de energia elétrica no município Barra dos Coqueiros - SE. Para tanto este estudo de dispersão de poluentes atmosféricos foi elaborada para atender a complementação técnica solicitada pela IFC – *International Finance Corporation*.

O Complexo Termelétrico será constituído por 3 (três) Usinas Termelétricas (UTE) que irão operar 6 (seis) conjuntos de turbina a gás e caldeira de recuperação em ciclo combinado, utilizando gás natural como combustível, distribuídos nas seguintes características:

- UTE Porto Sergipe I: 3 (três) conjuntos de turbina a gás e caldeira de recuperação de potencia unitária de 517 MW.
- UTE Governador Marcelo Deda: 2 (dois) conjuntos de turbina a gás e caldeira de recuperação de potencia unitária de 475 MW.
- UTE Laranjeiras I: 1 (um) conjunto de turbina a gás e caldeira de recuperação de 450 MW.

Turbina a Gás e Caldeira de Recuperação

A turbina a gás será acionada através da combustão de gás natural, que acionará o gerador elétrico. Os gases quentes da turbina serão encaminhados para caldeira de recuperação para geração de vapor, que alimentará o gerador elétrico. Os gases da caldeira de recuperação serão encaminhados para chaminé.

O projeto da turbina a gás é baseado na concepção de “melhor tecnologia” visando alto desempenho na geração de energia elétrica e baixa emissão residual de poluentes atmosféricos na chaminé.

As estimativas de emissões residuais de material particulado (MP), óxidos de nitrogênio (NOx), óxidos de enxofre (SOx) e monóxido de carbono (CO) do conjunto turbina a gás e caldeira de recuperação foram realizadas nas seguintes condições e considerações técnicas:

- (i) As emissões residuais de MP (1,7 mg/Nm³ a 15%O₂), NOx (50 mg/Nm³ a 15%O₂), CO (65 mg/Nm³ a 15%O₂) na chaminé foram fornecidas pelo empreendedor.
- (ii) As emissões de óxidos de enxofre (SOx) foram estimadas com base no teor máximo de enxofre total no gás natural de 70 mg/m³ (20°C e 760 mmHg).

Torres de Resfriamento

As UTEs serão providos de Torre de Resfriamento que utilizará água do mar como líquido de resfriamento. As gotículas formadas na torre de resfriamento serão controladas pelo “*Drift Eliminators*” (eliminador de gotas) para minimizar as emissões de material particulado para atmosfera.

As estimativas de material particulado foram determinadas utilizando os critérios constantes na referência “*Environment and Climate Change Canada - Pollution and Waste - Wet Cooling Tower Guidance 2014*” que utiliza os parâmetros “drift”, teor de sólidos dissolvidos, tipo de água de resfriamento e circulação de água.

Unidade Regaseificação

O gás natural será fornecido pela unidade de regaseificação a ser localizada aproximadamente 6,5 km da costa marítima, que consiste em navio provido de sistema de armazenamento de gás natural liquefeito (GNL) e sistema de regaseificação de GNL, conhecido como *FSRU – Floating Storage and Regaseification Unit*.

As emissões de poluentes atmosféricos serão decorrentes da combustão de gás natural na *FSRU* e da unidade de combustão de gás (*GCU – Gas Combustion Unit*) e foram determinadas pela empresa TETRA TECH.

Localização

O Complexo Termelétrico será implantado no lado oeste do parque de aerogeradores (energia eólica) em operação. A Figura 1.1 mostra a localização das UTEs e unidade de regaseificação.

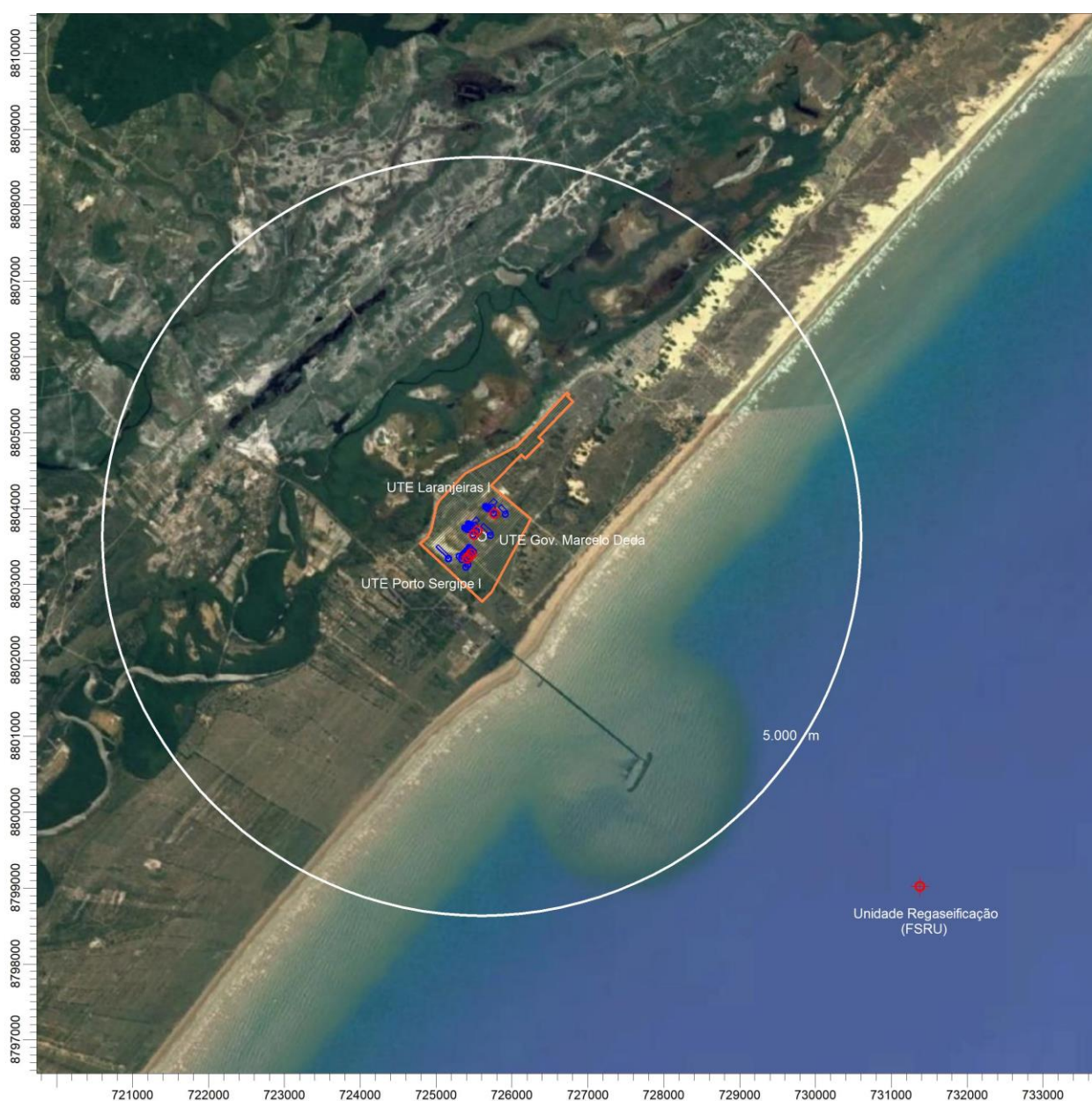


Figura 1.1: Localização das UTEs e Unidade de Regaseificação

Qualidade do Ar

Este estudo de dispersão atmosférica das UTEs a gás natural foi elaborada para verificar as contribuições das emissões atmosféricas na qualidade do ar tendo como referência os padrões de qualidade do ar da *Resolução CONAMA 03/90* e recomendação da *IFC – International Finance Corporation (World Bank Group)*.

A *IFC – International Finance Corporation* solicita as seguintes condições técnicas relacionadas ao tópico qualidade do ar para UTE a gás natural:

- (i) Emissões que não resultem em concentrações de poluentes próximas ou exceda os padrões de qualidade do ar da legislação vigente ou na ausência “*guideline*” da *Organização Mundial de Saúde (WHO)*.
- (ii) Atender “*General EHS Guidelines*”: a emissão não deve contribuir mais que 25% dos padrões de qualidade do ar para permitir o futuro desenvolvimento sustentável na mesma bacia aérea.

EHS Guidelines, IFC, 2007, pg 4, Ambient Air Quality, General Approach: “Emissions do not contribute a significant portion to the attainment of relevant ambient air quality guidelines or standards. As a general rule, this Guideline suggests 25 percent of the applicable air quality standards to allow additional, future sustainable development in the same airshed.”

O padrão de qualidade do ar vigente no Estado de Sergipe é o primário da *Resolução CONAMA 03/90*.

A qualidade do ar da região foi monitorada durante 30 dias (23/06 a 22/07/2017) para determinação das concentrações de partículas inaláveis (MP10), partículas finas (MP2,5), dióxido de enxofre (SO₂), dióxido de nitrogênio (NO₂), monóxido de carbono (CO) e ozônio (O₃). Os resultados do período de campanha apresentam valores menores que os padrões primários de qualidade do ar da *Resolução CONAMA 03/90*.

Os dados da estação meteorológica convencional da INMET Aracaju totalizaram 208,9 mm de chuvas no período de 21/06 a 22/07/2017 indicando período chuvoso na região.

Os impactos das contribuições das emissões atmosféricas da UTE na qualidade do ar da região foram analisados baseados nos limites do “*EHS Guidelines*” e *Resolução CONAMA 03/90*.

O estudo de dispersão visa determinação das contribuições de concentrações de poluentes na qualidade do ar, aplicando o modelo de dispersão *AERMOD - AMS/EPA Regulatory Model* da *USEPA – United States Environmental Protection Agency* e utilizando cinco anos de dados meteorológicos do aeroporto Santa Maria (Aracaju).

2 Legislação Ambiental

Limites de Emissão

A *Resolução CONAMA 382/06* no anexo V estabelece “*Limites de Emissão para Poluentes Atmosféricos provenientes de Turbinas a Gás para Geração de Energia Elétrica*”:

- NOx: 50 mg/Nm³ a 15%O₂
- CO: 65 mg/Nm³ a 15%O₂

A *IFC, “Environmental, Health, and Safety Guidelines – THERMAL POWER PLANTS” Dec, 2008* estabelece para turbina a gás natural com potencia maior que 50 MW o limite de emissão de NOx de 51 mg/Nm³ a 15%O₂.

Padrão de Qualidade do Ar

As emissões atmosféricas lançadas para atmosfera devem atender os padrões de qualidade do ar estabelecida na legislação federal. A *Resolução CONAMA 03 de 28/06/1990* estabelece os padrões de qualidade do ar para todo território Nacional.

Quadro 2.1: Padrões de Qualidade do Ar – Resolução CONAMA 03/90

Poluentes	Padrão Primário (µg/m ³)	Padrão Secundário (µg/m ³)	Tempo de Amostragem
Partículas Totais em Suspensão (MP)	240 80	150 60	24h anual
Partículas Inaláveis (MP10)	150 50	150 50	24h anual
Fumaça	150 60	100 40	24h anual
Dióxido de Enxofre (SO ₂)	365 80	100 40	24h anual
Dióxido de Nitrogênio (NO ₂)	320 100	190 100	1h anual
Monóxido de Carbono (CO)	40.000 10.000	40.000 10.000	1h 8h
Ozônio (O ₃)	160	160	1h

O artigo 8 da *Resolução CONAMA 03/90* estabelece “*enquanto cada Estado não definir as áreas de Classe I, II e III mencionadas no item 2, subitem 2.3, da Resolução CONAMA 05/89, serão adotados os padrões primários de qualidade do ar estabelecidos nesta Resolução*”.

O padrão de qualidade do ar vigente no Estado de Sergipe é o padrão primário de qualidade do ar da *Resolução CONAMA 03/90*.

O Quadro 2.2 apresenta os limites (“guidelines”) para qualidade do ar da “EHS Guidelines – IFC”.

Quadro 2.2: Limites de Qualidade do Ar – “EHS Guidelines – IFC”

Poluentes	Limite IFC (guidelines) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Tempo de Amostragem
Partículas Inaláveis (MP10)	50 20	24h anual
Partículas Finas (MP2.5)	25 10	24h anual
Dióxido de Enxofre (SO ₂)	500 20	10 minutos 24h
Dióxido de Nitrogênio (NO ₂)	200 40	1h anual
Ozônio (O ₃)	100	8h

Fonte: IFC, 2007.

As contribuições máximas de poluentes atmosféricos determinados pelo estudo de dispersão deverão atender os valores de 25% dos padrões primários da *Resolução CONAMA 03/90*, conforme recomendação da *IFC – International Finance Corporation* (Quadro 2.3).

Quadro 2.3: Padrões de Qualidade do Ar para Estudo de Dispersão

Poluentes		Conama 03/90 Primário ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	25% CONAMA 03/90 Primário ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Partículas Inaláveis (MP10)	24h	150	37,5
	anual	50	12,5
Dióxido de Enxofre (SO _x)	24h	365	91,3
	anual	80	20
Dióxido de Nitrogênio (NO ₂)	1h	320	80
	anual	100	25
Monóxido de Carbono (CO)	1h	40.000	10.000
	8h	10.000	2.500

Qualidade do Ar da Região

A qualidade do ar da região onde será implantado o empreendimento foi monitorada nas seguintes condições:

- Local de Monitoramento: próximo do futuro empreendimento (Figura 1.1).
- Coordenada UTM: 724.674 e 8.803.328 metros
- Período: 23/06 a 22/07/2017
- Parâmetros: MP2.5, MP10, SO₂, NO₂, CO e O₃
- Chuvas: 208,9 mm no período 21/06 a 22/07/2017, conforme Figura 2.1 (Fonte: INMET Aracajú).

O Quadro 2.4 apresenta resumo dos resultados da campanha de monitoramento da qualidade do ar fornecidos pelo empreendimento.

Quadro 2.4: Resumo de Campanha de Monitoramento Qualidade do Ar (23/06 a 22/07/2017)

Poluentes		Concentração ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Limite ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Notas
		Faixa	Média	CONAMA 03/90	IFC (guidelines)	
MP10	24h	13 a 41	25	150	50	-
MP2,5	24h	2,3 a 5,6	4,2	-	25	-
SO ₂	24h	4,0	4,0	365	20	Abaixo limite quantificação
NO ₂	1h	9,0	9,0	320	200	Abaixo limite quantificação
CO	1h	1.145 (1 ppm)	1.145	40.000	-	Abaixo limite quantificação
O ₃	1h	55 a 159	86	160	-	Máxima do dia

Fonte: Lentz Meio Ambiente, 2017

O estabelecimento da concentração “background” de poluentes da região foi baseado nos dados apresentados no Quadro 2.4 e nas seguintes considerações:

- MP10: 41 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 24h. Utilizado o maior valor em função do período chuvoso.
- MP2.5: 5,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 24h. Utilizado o maior valor em função do período chuvoso.
- SO₂: 4,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 24h
- NO₂: 9,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 1h
- CO: 1145 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 1h

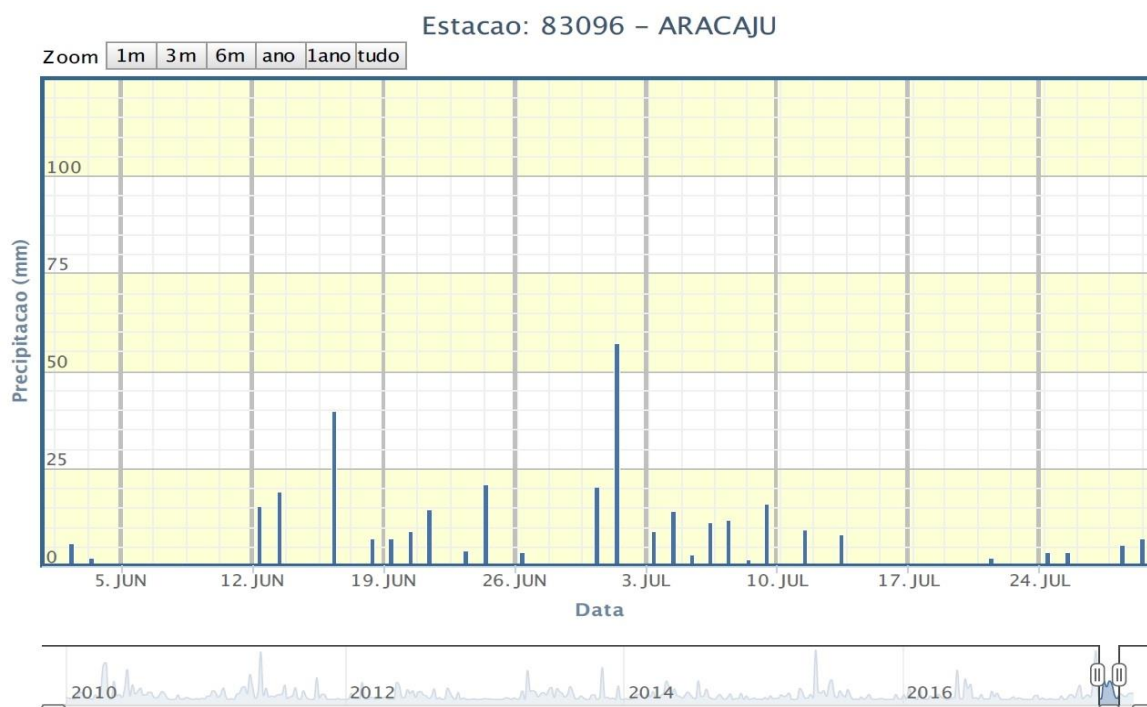


Figura 2.1: Precipitação (mm) Estação INMET Aracajú – SE

3 Emissão de Poluentes

As emissões de poluentes da UTE consistem nas seguintes fontes: Turbinas/Caldeiras Recuperação, Torre Resfriamento e Unidade Regaseificação.

Conjunto de Turbina a Gás e Caldeira de Recuperação

O Quadro 3.1 apresenta as características operacionais e emissão de poluentes dos 3 (três) conjuntos de turbina a gás e caldeira de recuperação com base nas informações fornecidas pelo empreendimento.

As emissões de NO_x e CO atendem os limites estabelecidos na *Resolução CONAMA 382/06* e as emissões de NO_x atendem as recomendações da *IFC*.

Quadro 3.1: Emissão do Conjunto de Turbina e Caldeira – Porto Sergipe I

Parâmetros		Chaminés			Limites	
		PS01	PS02	PS03	CONAMA 382/06	IFC
Potencia Nominal	Mw	517	517	517	-	-
Consumo Gás Natural	Nm³/h	86050	86050	86050	-	-
Vazão do Efluente Gasoso	m³/s	730,8	730,8	730,8	-	-
	Nm³/h (bs)	1819382	1819382	1819382	-	-
Teor de Oxigênio de Efluente Gasoso na Chaminé	%vol (bs)	11	11	11	-	-
Temperatura de Efl. Gasoso	°C	82	82	82	-	-
Chaminé H-Altura D-Diâmetro	m	H – 60 D – 7	H – 60 D – 7	H – 60 D – 7	-	-
Emissão Residual de MP10 na Chaminé	mg/Nm³ (bs) 15% O ₂	1,7	1,7	1,7	-	-
	mg/Nm³ (bs)	2,73	2,73	2,73	-	-
	Kg/h	4,97	4,97	4,97	-	-
Emissão Residual de NO _x na Chaminé	mg/Nm³ (bs) 15% O ₂	50,0	50,0	50,0	50	51
	mg/Nm³ (bs)	80,42	80,42	80,42	-	-
	Kg/h	146,31	146,31	146,31	-	-
Emissão Residual de SO _x (como NO ₂) na Chaminé	mg/Nm³ (bs) 15% O ₂	4,6	4,6	4,6	-	-
	mg/Nm³ (bs)	6,2	6,2	6,2	-	-
	Kg/h	11,22	11,22	11,22	-	-
Emissão Residual de CO na Chaminé	mg/Nm³ (bs) 15% O ₂	65,0	65,0	65,0	65	-
	mg/Nm³ (bs)	104,54	104,54	104,54	-	-
	Kg/h	190,20	190,20	190,20	-	-

Nota: Emissão SO_x determinado pelo teor de enxofre (70 mg/m³) no gás natural.

Quadro 3.2: Emissão do Conjunto de Turbina e Caldeira – Gov. Marcelo Deda

Parâmetros		Chaminés		Limites	
		MD01	MD02	CONAMA 382/06	IFC
Potencia Nominal	Mw	475	475	-	-
Consumo Gás Natural	Nm³/h	77668	77668	-	-
Vazão do Efluente Gasoso	m³/s	705,0	705,0	-	-
	Nm³/h (bs)	1723660	1723660	-	-
Teor de Oxigênio de Efluente Gasoso na Chaminé	%vol (bs)	13	13	-	-
Temperatura de Efl. Gasoso	°C	88	88	-	-
Chaminé H-Altura D-Diâmetro	m	H – 60 D – 7,0	H – 60 D – 7,0	-	-
Emissão Residual de MP10 na Chaminé	mg/Nm³ (bs) 15% O ₂	1,7	1,7	-	-
	mg/Nm³ (bs)	2,32	2,32	-	-
	Kg/h	4,00	4,00	-	-
Emissão Residual de NOx na Chaminé	mg/Nm³ (bs) 15% O ₂	50,0	50,0	50	51
	mg/Nm³ (bs)	68,33	68,33	-	-
	Kg/h	117,78	117,78	-	-
Emissão Residual de SOx (como NO ₂) na Chaminé	mg/Nm³ (bs) 15% O ₂	4,4	4,4	-	-
	mg/Nm³ (bs)	5,9	5,9	-	-
	Kg/h	10,13	10,13	-	-
Emissão Residual de CO na Chaminé	mg/Nm³ (bs) 15% O ₂	65,0	65,0	65	-
	mg/Nm³ (bs)	88,83	88,83	-	-
	Kg/h	153,12	153,12	-	-

Nota: Emissão SOx determinado pelo teor de enxofre (70 mg/m³) no gás natural.

Quadro 3.3: Emissão do Conjunto de Turbina e Caldeira – Laranjeiras I

Parâmetros		Chaminé	Limites	
		LA01	CONAMA 382/06	IFC
Potencia Nominal	Mw	450	-	-
Consumo Gás Natural	Nm³/h	75256	-	-
Vazão do Efluente Gasoso	m³/s	708,1	-	-
	Nm³/h (bs)	1685432	-	-
Teor de Oxigênio de Efluente Gasoso na Chaminé	%vol (bs)	13	-	-
Temperatura de Efl. Gasoso	°C	91	-	-
Chaminé H-Altura D-Diâmetro	m	H – 60 D – 7,0	-	-
Emissão Residual de MP10 na Chaminé	mg/Nm³ (bs) 15% O ₂	1,7	-	-
	mg/Nm³ (bs)	2,27	-	-
	Kg/h	3,82	-	-
Emissão Residual de NOx na Chaminé	mg/Nm³ (bs) 15% O ₂	50,0	50	51
	mg/Nm³ (bs)	66,67	-	-
	Kg/h	112,36	-	-
Emissão Residual de SOx (como NO ₂) na Chaminé	mg/Nm³ (bs) 15% O ₂	4,4	-	-
	mg/Nm³ (bs)	5,8	-	-
	Kg/h	9,82	-	-
Emissão Residual de CO na Chaminé	mg/Nm³ (bs) 15% O ₂	65,0	65	-
	mg/Nm³ (bs)	86,67	-	-
	Kg/h	146,07	-	-

Nota: Emissão SOx determinado pelo teor de enxofre (70 mg/m³) no gás natural.

Torre de Resfriamento

As estimativas de MP10 foram determinadas utilizando os critérios constantes na referência *“Environment and Climate Change Canada - Pollution and Waste - Wet Cooling Tower Guidance 2014”* que utiliza os parâmetros “drift”, teor de sólidos dissolvidos, tipo de água de resfriamento e circulação de água.

Não foi utilizada a referência AP42 da USEPA para estimativa de MP10 em função das seguintes considerações:

- (i) Referência antiga (1995) e não atualizada em função do avanço tecnológico das torres de resfriamento. A EPA utiliza para o cálculo de fator de emissão o valor de 0,02% como parâmetro arraste de gotas (drift).

Atualmente o valor médio do parâmetro “drift” é de 0,001% que é obtido com melhoria no desempenho do eliminador de gotas, conforme a referência *“Environment and Climate Change Canada - Pollution and Waste - Wet Cooling Tower Guidance 2014”*.

- (ii) *Emission Factor Rating* “E”, significando baixo nível de aceitabilidade do fator de emissão;
- (iii) Fator de emissão conservativo onde considera toda emissão como MP10, isto é, MP10 = 100% MP Total. Estudos posteriores mostram que percentagem de MP10 no MP Total varia de 0,0 (zero) a 100%.

Características Técnicas das Torres de Resfriamento:

- (i) Quantidade de Células da Torre de Resfriamento

UTE Porto Sergipe I: 28 células

UTE Governador Marcelo Deda: 17 células

UTE Laranjeiras I: 8 células

- (ii) Vazão de Água em cada Célula: 2.460 m³/h

- (iii) Tipo de Água: água do mar

- (iv) Vazão de Ar na Célula: 670,56 m/s

- (v) Temperatura do Ar na Saída da Torre: 32,15 °C

Apresenta-se o roteiro de estimativas de emissão de MP10 da torre de resfriamento conforme a referência *Wet Cooling Tower Guidance For Particulate Matter (Second Edition – April 2014)*.

- (i) Drift: 0,001%
- (ii) Teor de Sólidos Dissolvidos: 33.000 ppm (água do mar)
- (iii) Vazão de Água: 2.460 m³/h
- (iv) Peso Específico de Sólidos: 2,2
- (v) Planilha Excel *“Induced Draft Cooling Tower PM Emissions”* para determinação de emissão de MP10.
- (vi) Resultado: MP Total: 811,80 g/h (0,8118 kg/h),
MP10 = 1,7% MP Total
MP10 = 13,8 g/h (0,0138 kg/h) por Célula.

O Quadro 3.4 apresenta as características operacionais e emissão de MP10 das torres de resfriamento das 3 UTEs.

Quadro 3.4: Emissão das Torres de Resfriamento

Parâmetros		Célula Unitária	Porto Sergipe	Marcelo Deda	Laranjeiras
Quantidade Células	-	1	28	17	8
Vazão de Água do Mar	m³/h	2.460	68.880	41.820	19.680
Vazão de Ar	m³/s	670,56	18.775,68	11.399,52	5.364,48
Temperatura de Efl. Gasoso	°C	32,15	32,15	32,15	32,15
Chaminé: H-Altura D-Diâmetro	m	H – 17,6 D – 10,4	-	-	-
Emissão de MP10	Kg/h	0,0138	0,3864	0,2346	0,1104

Unidade Regaseificação

A unidade regaseificação marítima denominada *FSRU – Floating Sotorage and Regaseificationn Unit* é composta por 4 (quatro) motores a gás natural modelo Warstila 8L50DF, potencia de 7800 kW e uma unidade de combustão de gases (GCU – Gas Combustion Unit), modelo SHI H2189 da Alfa Laval, para regaseificação do gás natural liquefeito e alimentação das turbinas a gás.

As emissões de poluentes foram determinadas pela empresa TETRA TECH com base nas informações do fornecedor de equipamentos. Os motores Warstila são identificados como W1, W2, W3 e W4 e a unidade de combustão de gases como GCU. O Quadro 3.5 apresenta o resumo de emissão da Unidade Regaseificação.

O Quadro 3.5 apresenta os fatores de emissão dos motores Warstila conforme a carga de operação.

Quadro 3.5: Fatores de Emissão dos Motores Warstila 8L50DF

Poluentes	Emissão (g/kwh)		
	Carga 100%	Carga 75%	Carga 50%
NOx	1,56	1,56	1,69
CO	1,17	1,43	3,64
MP	0,083	0,087	0,143

Fonte: TETRA TECH, 2017

A unidade de regaseificação srá localizada aproximadamente 6,5 km da costa marítima conforme os pontos de emissão representada pelas coordenadas apresentadas no Quadro 3.6.

Quadro 3.6: Coordenadas Geográficas das Fontes de Emissão

Fonte Emissão	Latitude	Longitude
W1	10° 51' 25,2563"	36° 53' 0,5285"
W2	10° 51' 25,2978"	36° 53' 0,5698"
W3	10° 51' 25,3534"	36° 53' 0,6253"
W4	10° 51' 25,3834"	36° 53' 0,6648"
GCU	10° 51' 25,3989"	36° 53' 0,5053"

Fonte: TETRA TECH, 2017

Quadro 3.7: Emissão da Unidade Regaseificação

Parâmetros		Chaminés				
		W1	W2	W3	W4	GCU
Potencia Nominal	kw	7800	7800	7800	7800	-
Vazão do Efluente Gasoso	m³/s	23,47	23,47	23,47	23,47	126,67
Temperatura de Efl. Gasoso	°C	378	378	378	378	535
Chaminé H-Altura D-Diâmetro	m	H – 24,1 D – 1,0	H – 24,1 D – 1,0	H – 24,1 D – 1,0	H – 24,1 D – 1,0	H – 24,1 D – 3,6
Emissão Residual de MP10	Kg/h	0,28	0,28	0,28	0,28	-
Emissão Residual de NOx	Kg/h	3,30	3,30	3,30	3,30	1,06
Emissão Residual de CO	Kg/h	7,10	7,10	7,10	7,10	0,19

Fonte: TETRA TECH, 2017

4 Empreendimento, Região e Meteorologia.

O empreendimento está localizado no município Barra dos Coqueiros na coordenada UTM 725.400 e 8.803.400 metros (Datum WGS84). As figuras a seguir mostram as principais rodovias, áreas urbanas e topografia da região do empreendimento.



Figura 4.1: Principais Rodovias e Áreas Urbanas da Região do Empreendimento

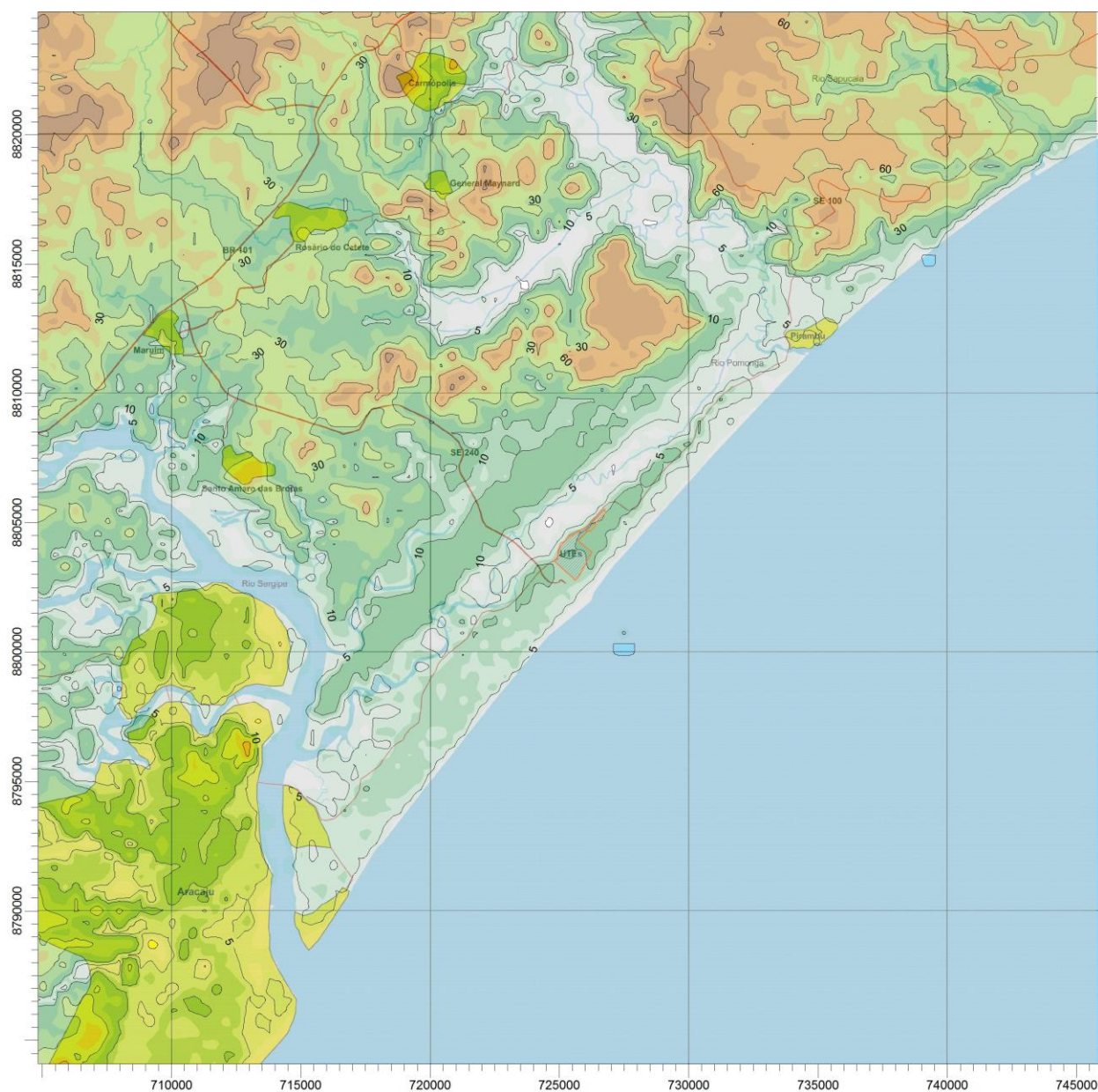


Figura 4.2: Curvas de Níveis do Relevo da Região de Estudo de Dispersão
(metros em relação ao nível do mar)

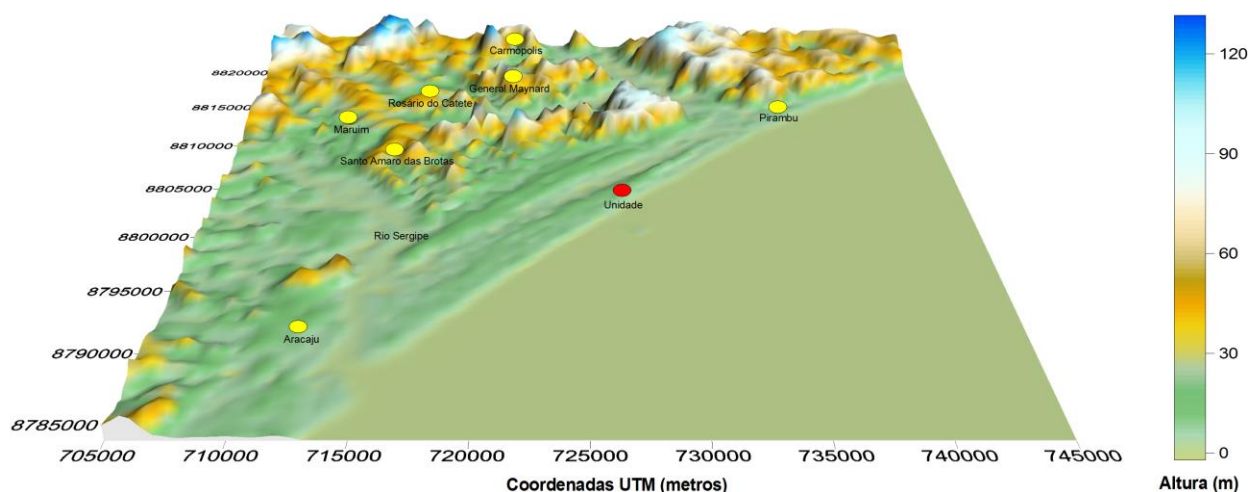


Figura 4.3: Característica de Relevo da Região Considerada no Estudo de Dispersão

Meteorologia

Os dados meteorológicos de direção e velocidade dos ventos, temperatura ambiente, altura e cobertura de nuvens utilizados no estudo de dispersão foram baseados nos dados horários da estação meteorológica do Aeroporto Santa Maria (Aracaju). A estação meteorológica automática do aeroporto está localizada na latitude de $10,984^\circ$ e longitude de $37,070^\circ$, e altitude de 7 metros em relação ao nível do mar, localizada aproximadamente 24 km da unidade na direção sudoeste. A estação foi escolhida em função da disponibilidade de dados horários para modelo *AERMOD*.

Os dados de superfície do período de 2012 a 2016 foram obtidos acessando o site da NOAA – *National Oceanic and Atmospheric Administration* no setor de *NNDC Climate Data Online*.

A região não dispõe de estação que mede os dados de altitude (upper air) adequados para utilizar no *AERMOD*. A estação que dispõe dados adequados está localizada aproximadamente 590 km na direção nordeste da UTE, no município de Fortaleza – CE. Nesta condição os dados de altitude (upper air) foram estimados pelo software “*Upper Air Estimator*” que utiliza dados de superfície, disponível no software *AERMET View 9.3.0* da *Lakes Environmental*, conforme o “print screen” e referencia bibliográfica em anexo.

Os dados meteorológicos horários foram processados pelo software *Aermet View 9.3.0* da *Lakes Environmental Consultants, Inc. Ontário-Canadá*, que integra o software *AERMET version 16216* da USEPA, constantes na referência da USEPA EPA 454/B-03-002 “*User’s Guide for the AERMOD Meteorological Preprocessor (AERMET)*” november, 2004, que processa e prepara os arquivos meteorológicos nos formatos (*.sfc e *.pfl):

- Dados de Superfície
Estação Meteorológica do Aeroporto Santa Maria.
Código: WMO 930950 (SBAR)
Período: 2012 a 2016.
Parâmetros Horários: direção e velocidade do vento, temperatura ambiente e cobertura de nuvens.
Formato: SAMSON

- Dados de Atmosfera/Altitude (Upper Air Data)
Estimados pelo software “*upper air estimator*” do *AERMET View da Lakes Environmental* em função da não disponibilidade de dados na região.
- Arquivo Meteorológico para AERMOD (*.sfc)
Período: 2012 a 2016.
Parâmetros Horários: direção (graus) e velocidade do vento (m/s), temperatura ambiente (K), cobertura de nuvens (décimo), Monin-Obukov, altura PBL (m), altura SBL (m), calor sensível (w/m²), velocidade superficial de arraste (m/s), velocidade de convecção (m/s)
- Arquivo Meteorológico para AERMOD (*.pfl)
Período: 2012 a 2016.
Parâmetros Horários: direção (graus) e velocidade do vento (m/s), temperatura ambiente (°C)

Os quadros 4.1 a 4.3 apresentam uma amostra de dados brutos do dia 01/01/2016 que foram processados pelo software AermetView para o período de 24 horas.

Quadro 4.1: Dados Brutos do Aeroporto Santa Maria
Período: 01/01/2016 - 24 horas

Ano	Mês	Dia	Hora	Dir (°)	WS (m/s)	T (°C)	CN (décimos)
16	1	1	1	100	4,1	26	5
16	1	1	2	100	4,1	26	5
16	1	1	3	100	3,6	26	3
16	1	1	4	110	4,1	25	3
16	1	1	5	90	3,6	25	3
16	1	1	6	90	3,6	26	3
16	1	1	7	90	4,6	28	3
16	1	1	8	60	4,6	28	5
16	1	1	9	110	5,7	28	5
16	1	1	10	100	6,2	29	5
16	1	1	11	110	7,2	30	5
16	1	1	12	120	7,7	29	3
16	1	1	13	120	8,2	30	3
16	1	1	14	120	7,2	29	3
16	1	1	15	120	7,7	29	3
16	1	1	16	120	8,2	29	3
16	1	1	17	110	6,7	28	3
16	1	1	18	100	5,7	27	3
16	1	1	19	90	4,6	27	0
16	1	1	20	100	5,7	27	3
16	1	1	21	90	5,1	27	3
16	1	1	22	90	4,6	26	3
16	1	1	23	80	4,6	26	5
16	1	1	24	90	4,6	26	5

Dir – Direção de vento (°)

WS – Velocidade do vento (m/s)

T – Temperatura ambiente (°C)

CN – Cobertura de nuvens (décimos)

Quadro 4.2: Dados Superficiais (Surface Met. Data File – *.sfc) Processados
Período: 01/01/2016 - 24 horas

Ano	Mês	Dia	Hora	CS (w/m²)	VA (m/s)	VC (m/s)	PBL (m)	SBL (m)	M-O (m)	WS (m/s)	Dir (°)	T (k)	CN (dec.)
16	1	1	1	-54,3	0,582	-9	-999	1077	328,1	4,1	101	299,1	5
16	1	1	2	-54,3	0,582	-9	-999	1066	328,1	4,1	98	299,1	5
16	1	1	3	-50,7	0,498	-9	-999	851	219,9	3,6	104	299,1	3
16	1	1	4	-59,1	0,579	-9	-999	1055	296,2	4,1	113	298,1	3
16	1	1	5	-50,8	0,498	-9	-999	850	219,1	3,6	93	298,1	3
16	1	1	6	-37,5	0,510	-9	-999	875	319,8	3,6	92	299,1	3
16	1	1	7	33,7	0,700	0,36	50	1405	-921,3	4,6	95	301,1	3
16	1	1	8	76,1	0,861	1,178	776	1913	-758,6	4,6	63	301,1	5
16	1	1	9	111,5	0,876	1,503	1101	1966	-544,3	5,7	107	301,1	5
16	1	1	10	138,4	0,952	1,763	1431	2222	-563,0	6,2	101	302,1	5
16	1	1	11	155,1	1,099	1,987	1830	2751	-773,2	7,2	114	303,1	5
16	1	1	12	167,6	1,173	2,176	2224	3037	-870,2	7,7	116	302,1	3
16	1	1	13	163,2	1,075	2,249	2522	2703	-686,7	8,2	123	303,1	3
16	1	1	14	146,2	1,098	2,257	2846	2759	-818,1	7,2	119	302,1	3
16	1	1	15	118,6	1,007	2,173	3131	2451	-778,5	7,7	122	302,1	3
16	1	1	16	81,4	1,066	1,995	3531	2634	-1344,7	8,2	124	302,1	3
16	1	1	17	36,3	1,011	1,589	4000	2452	-2572,1	6,7	111	301,1	3
16	1	1	18	-50,6	0,841	-9,000	-999	1901	1061,0	5,7	97	300,1	3
16	1	1	19	-64,0	0,660	-9,000	-999	1337	405,3	4,6	94	300,1	0
16	1	1	20	-64,0	0,837	-9	-999	1831	825,7	5,7	97	300,1	3
16	1	1	21	-64,0	0,741	-9	-999	1548	574,6	5,1	90	300,1	3
16	1	1	22	-64,0	0,660	-9	-999	1299	405,3	4,6	92	299,1	3
16	1	1	23	-64,0	0,820	-9	-999	1777	777,9	4,6	80	299,1	5
16	1	1	24	-61,6	0,661	-9	-999	1324	423,3	4,6	90	299,1	5

CS – Calor Sensível (w/m²)

VA – Velocidade superficial de arraste (m/s)

VC – Velocidade de convecção (m/s)

PBL – Altura de “Planetary Boundary Layer” (m)

SBL – Altura de “Stable Boundary Layer” (m)

M-O – Parâmetro Monin-Obukov (m)

WS – Velocidade do vento (m/s)

Dir – Direção de vento (°)

T – Temperatura ambiente (k)

CN – Cobertura de nuvens (décimos)

Quadro 4.3: Perfil Meteorológico (Profile Met. Data File - *.pfl) Processado
Período: 01/01/2016 - 24 horas

Ano	Mês	Dia	Hora	H (m)	Dir (°)	WS (m/s)	T (°C)
16	1	1	1	10	101	4,1	26,0
16	1	1	2	10	98	4,1	26,0
16	1	1	3	10	104	3,6	26,0
16	1	1	4	10	113	4,1	25,0
16	1	1	5	10	93	3,6	25,0
16	1	1	6	10	92	3,6	26,0
16	1	1	7	10	95	4,6	28,0
16	1	1	8	10	63	4,6	28,0
16	1	1	9	10	107	5,7	28,0
16	1	1	10	10	101	6,2	29,0
16	1	1	11	10	114	7,2	30,0
16	1	1	12	10	116	7,7	29,0
16	1	1	13	10	123	8,2	30,0
16	1	1	14	10	119	7,2	29,0
16	1	1	15	10	122	7,7	29,0
16	1	1	16	10	124	8,2	29,0
16	1	1	17	10	111	6,7	28,0
16	1	1	18	10	97	5,7	27,0
16	1	1	19	10	94	4,6	27,0
16	1	1	20	10	97	5,7	27,0
16	1	1	21	10	90	5,1	27,0
16	1	1	22	10	92	4,6	26,0
16	1	1	23	10	80	4,6	26,0
16	1	1	24	10	90	4,6	26,0

H – Altura da torre meteorológica (m)

Dir – Direção de vento (°)

WS – Velocidade do vento (m/s)

T – Temperatura ambiente (°C)

As figuras 4.4 e 4.5 apresentam a rosa dos ventos para a média anual da região para período de 2.012 a 2.016.

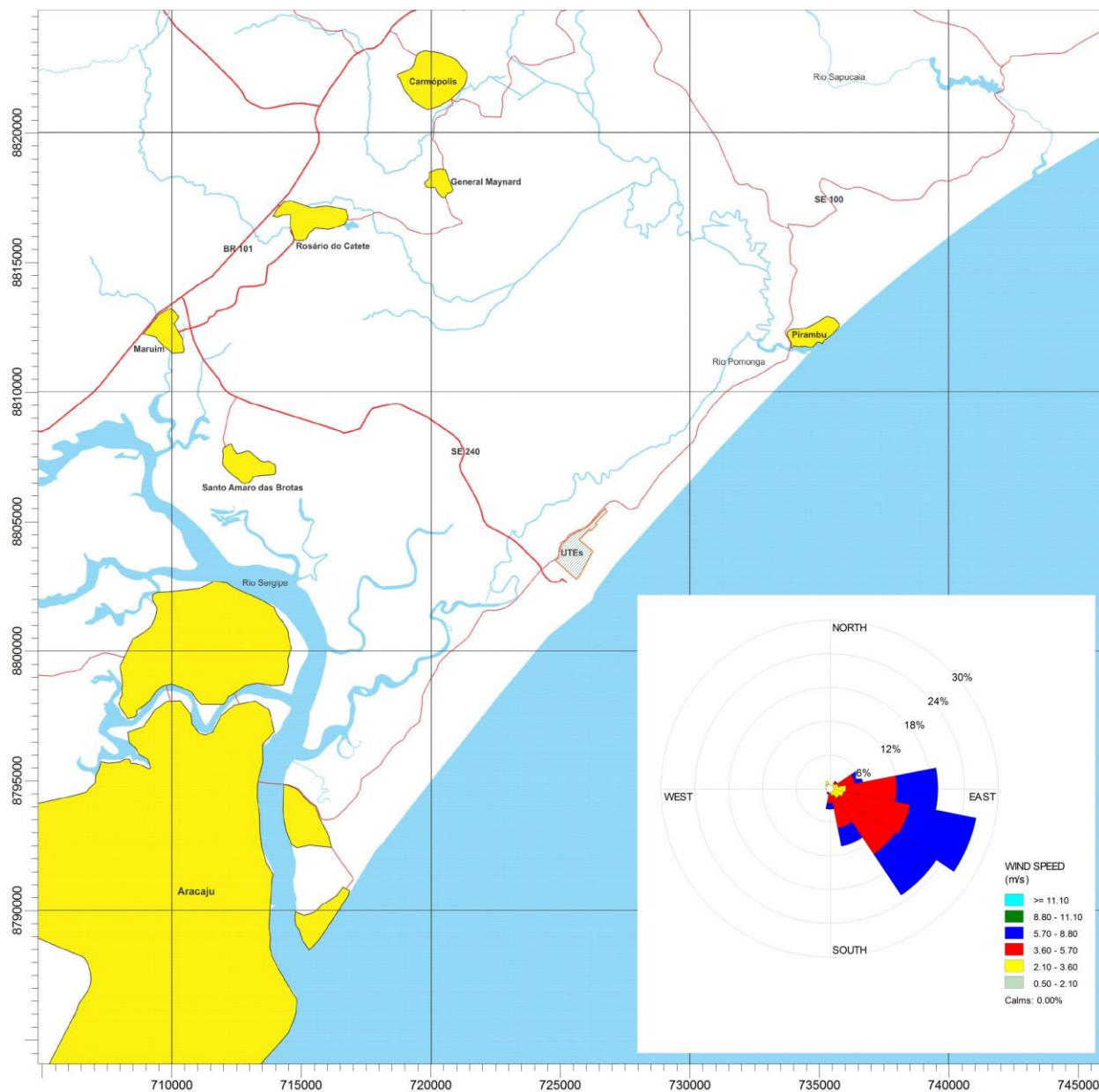


Figura 4.4: Rosa dos Ventos Período – 2.012 a 2.016

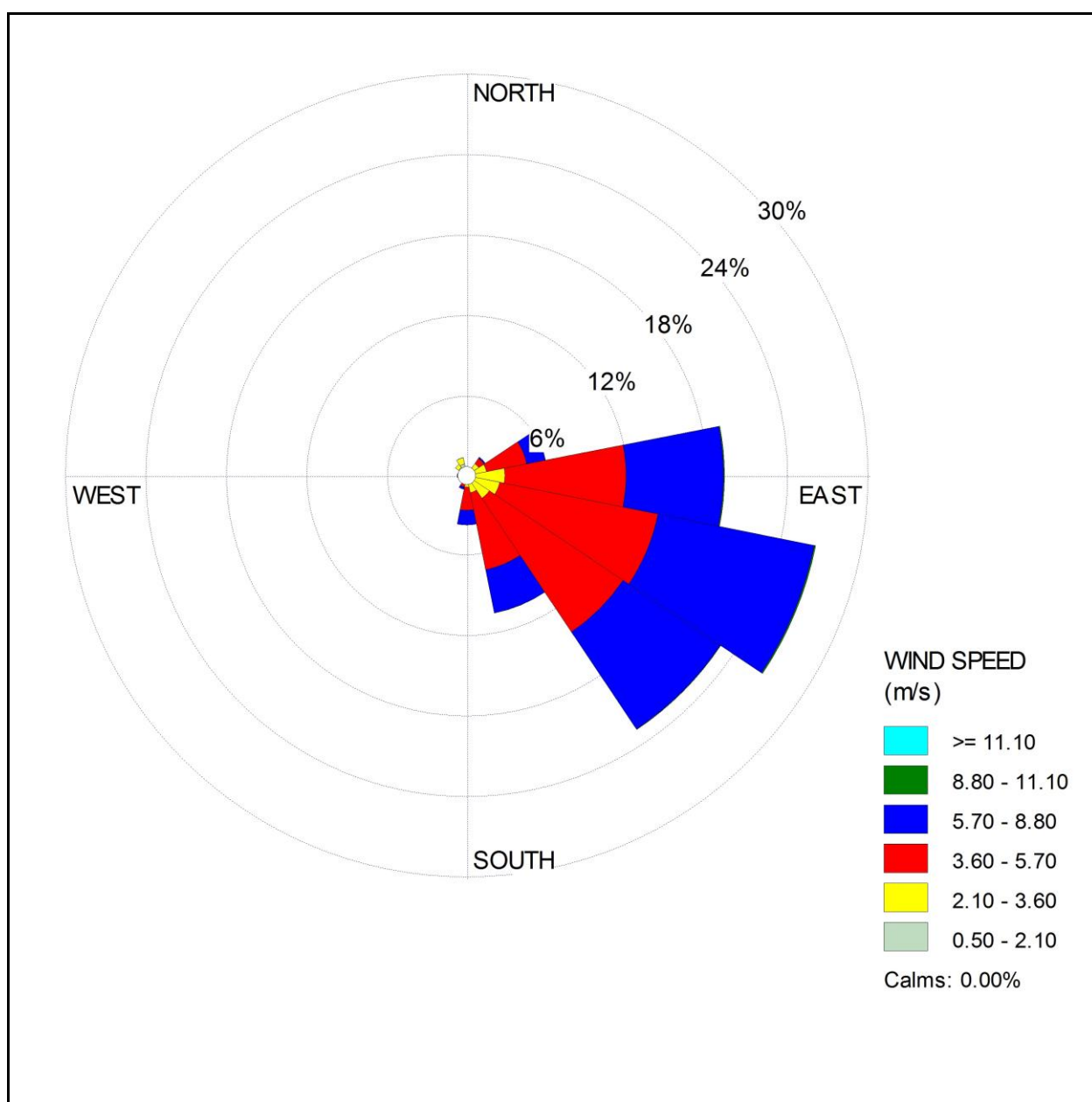


Figura 4.5: Rosa dos Ventos Período - 2.012 a 2.016

5 Modelo de Dispersão Atmosférica

Os estudos de dispersão foram realizados utilizando o modelo **AERMOD da USEPA** recomendado para fontes industriais para determinação de impactos ou contribuições na qualidade do ar.

Características das Emissões Atmosféricas

As características das emissões nas chaminés da UTE estão apresentadas nos quadros a seguir.

Quadro 5.1: Características da UTE Porto Sergipe I

Identificação Chaminé	Coordenada UTM da Chaminé (m)	Emissão (kg/h)				Q (m³/s)	T (°C)	D (m)	H (m)
		MP10	NOx	SOx	CO				
PS01	X – 725.406 Y – 8.803.344 X - 9	4,97	146,31	11,22	190,20	730,8	82	7,0	60
PS02	X – 725.435 Y – 8.803.375 X - 9	4,97	146,31	11,22	190,20	730,8	82	7,0	60
PS03	X – 725.463 Y – 8.803.406 X - 9	4,97	146,31	11,22	190,20	730,8	82	7,0	60
PTR01 a 28	Quadro 5.2	0,0138	-	-	-	670,56	32,15	10,4	17,6

MP10 – partículas inaláveis

NOx – óxidos de nitrogênio

SOx – óxidos de enxofre

CO – monóxido de carbono

Q – vazão dos gases, T – temperatura, D – diâmetro da chaminé, H – altura da chaminé.

Quadro 5.2: Coordenada UTM das Saídas da Torre de Resfriamento

ID	UTM (m)		Altitude (m)	ID	UTM (m)		Altitude (m)
PTR01	725164	8803356	9	PTR15	725082	8803432	9
PTR02	725175	8803368	9	PTR16	725093	8803444	9
PTR03	725152	8803367	9	PTR17	725070	8803443	9
PTR04	725163	8803379	9	PTR18	725081	8803455	9
PTR05	725140	8803378	9	PTR19	725059	8803454	9
PTR06	725151	8803389	9	PTR20	725069	8803466	9
PTR07	725129	8803389	9	PTR21	725047	8803465	9
PTR08	725140	8803400	9	PTR22	725058	8803477	9
PTR09	725117	8803400	9	PTR23	725035	8803476	9
PTR10	725128	8803411	9	PTR24	725046	8803488	9
PTR11	725105	8803410	9	PTR25	725023	8803487	9
PTR12	725116	8803422	9	PTR26	725034	8803499	9
PTR13	725094	8803421	9	PTR27	725012	8803498	9
PTR14	725105	8803433	9	PTR28	725023	8803510	9

Quadro 5.3: Características da UTE Governador Marcelo Deda

Identificação Chaminé	Coordenada UTM da Chaminé (m)	Emissão (kg/h)				Q (m³/s)	T (°C)	D (m)	H (m)
		MP10	NOx	SOx	CO				
MD01	X – 725.498 Y – 8.803.659 X - 9	4,00	117,78	10,13	153,12	705,0	88	7,0	60
MD02	X – 725.544 Y – 8.803.709 X - 9	4,00	117,78	10,13	153,12	705,0	88	7,0	60
MTR01 a 17	Quadro 5.4	0,0138	-	-	-	670,56	32,15	10,4	17,6

MP10 – partículas inaláveis

NOx – óxidos de nitrogênio

SOx – óxidos de enxofre

CO – monóxido de carbono

Q – vazão dos gases, T – temperatura, D – diâmetro da chaminé, H – altura da chaminé.

Quadro 5.4: Coordenada UTM das Saídas da Torre de Resfriamento

ID	UTM (m)		Altitude (m)	ID	UTM (m)		Altitude (m)
MTR01	725729	8803670	9	MTR10	725663	8803731	9
MTR02	725722	8803677	9	MTR11	725656	8803738	9
MTR03	725714	8803684	9	MTR12	725649	8803745	9
MTR04	725707	8803690	9	MTR13	725642	8803752	9
MTR05	725699	8803697	9	MTR14	725634	8803759	9
MTR06	725692	8803704	9	MTR15	725627	8803765	9
MTR07	725685	8803711	9	MTR16	725620	8803772	9
MTR08	725678	8803718	9	MTR17	725612	8803779	9
MTR09	725670	8803724	9	-	-	-	-

Quadro 5.5: Características da UTE Laranjeiras I

Identificação Chaminé	Coordenada UTM da Chaminé (m)	Emissão (kg/h)				Q (m³/s)	T (°C)	D (m)	H (m)
		MP10	NOx	SOx	CO				
LA01	X – 725.769 Y – 8.803.938 X - 9	3,82	112,36	9,82	146,07	708,1	91	7,0	60
LTR01 a 08	Quadro 5.6	0,0138	-	-	-	670,56	32,15	10,4	17,6

MP10 – partículas inaláveis

NOx – óxidos de nitrogênio

SOx – óxidos de enxofre

CO – monóxido de carbono

Q – vazão dos gases, T – temperatura, D – diâmetro da chaminé, H – altura da chaminé.

Quadro 5.6: Coordenada UTM das Saídas da Torre de Resfriamento

ID	UTM (m)		Altitude (m)	ID	UTM (m)		Altitude (m)
LTR01	725921	8803952	9	LTR05	725874	8803996	9
LTR02	725909	8803963	9	LTR06	725863	8804008	9
LTR03	725898	8803974	9	LTR07	725851	8804019	9
LTR04	725887	8803985	9	LTR08	725840	8804029	9

Quadro 5.7: Características da Unidade Regaseificação (FSRU)

Identificação Chaminé	Coordenada UTM da Chaminé (m)	Emissão (kg/h)				Q (m³/s)	T (°C)	D (m)	H (m)
		MP10	NOx	SOx	CO				
W1	X – 731.377 Y – 8.799.025 X – 0	0,279	3,30	-	7,10	23,47	378	1,0	24,1
W2	X – 731.375 Y – 8.799.024 X – 0	0,279	3,30	-	7,10	23,47	378	1,0	24,1
W3	X – 731.374 Y – 8.799.022 X – 0	0,279	3,30	-	7,10	23,47	378	1,0	24,1
W4	X – 731.373 Y – 8.799.021 X – 0	0,279	3,30	-	7,10	23,47	378	1,0	24,1
GCU	X – 731.377 Y – 8.799.021 X – 0	-	1,06	-	0,187	126,67	535	3,6	24,1

MP10 – partículas inaláveis

NOx – óxidos de nitrogênio

SOx – óxidos de enxofre

CO – monóxido de carbono

Q – vazão dos gases, T – temperatura, D – diâmetro da chaminé, H – altura da chaminé.

Características dos Prédios próximos das Chaminés – Efeito Down-Wash, as chaminés recebem os efeitos de down-wash dos edifícios e equipamentos decorrentes das turbulências dos ventos na passagem, efeito este que reduzem a altura efetiva da pluma. No estudo foram considerados os aspectos dimensionais dos prédios/equipamentos, conforme os quadros a seguir.

Quadro 5.8: Coordenadas UTM dos Prédios e Equipamentos – UTE Porto Sergipe I

Predios	Tier	Corner	X (metros)	Y (metros)
PS01 – Caldeira Recuperação 01	Tier 1 H-31 Z-9	1	725.374	8.803.368
		2	725.371	8.803.372
		3	725.376	8.803.377
		4	725.380	8.803.374
	Tier 2 H-10 Z-9	1	725.381	8.803.358
		2	725.374	8.803.368
		3	725.380	8.803.374
		4	725.390	8.803.368
	Tier 3 H-8 Z-9	1	725.398	8.803.343
		2	725.381	8.803.358
		3	725.390	8.803.368
		4	725.407	8.803.353
PS02 – Caldeira Recuperação 02	Tier 1 H-31 Z-9	1	725.403	8.803.399
		2	725.400	8.803.402
		3	725.405	8.803.408
		4	725.409	8.803.405
	Tier 2 H-10 Z-9	1	725.410	8.803.389
		2	725.403	8.803.399
		3	725.409	8.803.405
		4	725.419	8.803.399
	Tier 3 H-8 Z-9	1	725.426	8.803.374
		2	725.409	8.803.389
		3	725.419	8.803.399
		4	725.436	8.803.384
PS03 – Caldeira Recuperação 03	Tier 1 H-31 Z-9	1	725.432	8.803.430
		2	725.428	8.803.433
		3	725.434	8.803.439
		4	725.437	8.803.435
	Tier 2 H-10 Z-9	1	725.438	8.803.420
		2	725.432	8.803.430
		3	725.437	8.803.435
		4	725.448	8.803.430
	Tier 3 H-8 Z-9	1	725.455	8.803.404
		2	725.438	8.803.420
		3	725.448	8.803.430
		4	725.465	8.803.414

Notas: x e y – coordenada (UTM); z – altitude; H – Altura do Prédio; Corner – Canto da Parede (Prédio).

Predios	Tier	Corner	X (metros)	Y (metros)
PS04 – Turbina a Gás 01	Tier 1 H-8 Z-9	1	725.369	8.803.370
		2	725.357	8.803.382
		3	725.365	8.803.391
		4	725.377	8.803.379
PS05 – Turbina a Gás 02	Tier 1 H-8 Z-9	1	725.398	8.803.401
		2	725.386	8.803.413
		3	725.394	8.803.422
		4	725.406	8.803.410
PS06 – Turbina a Gás 03	Tier 1 H-8 Z-9	1	725.427	8.803.432
		2	725.414	8.803.443
		3	725.422	8.803.452
		4	725.435	8.803.441
PS07 – Filtro Ar 01	Tier 1 H-25,9 Z-9	1	725.357	8.803.382
		2	725.352	8.803.386
		3	725.361	8.803.395
		4	725.365	8.803.391
	Tier 2 H-21 Z-9	1	725.352	8.803.386
		2	725.347	8.803.387
		3	725.360	8.803.401
		4	725.361	8.803.395
	Tier 3 H-17 Z-9	1	725.347	8.803.387
		2	725.343	8.803.390
		3	725.356	8.803.404
		4	725.360	8.803.401
PS08 – Filtro Ar 02	Tier 1 H-25,9 Z-9	1	725.386	8.803.413
		2	725.381	8.803.417
		3	725.389	8.803.426
		4	725.394	8.803.422
	Tier 2 H-21 Z-9	1	725.381	8.803.417
		2	725.375	8.803.418
		3	725.388	8.803.431
		4	725.389	8.803.426
	Tier 3 H-17 Z-9	1	725.375	8.803.418
		2	725.372	8.803.421
		3	725.385	8.803.435
		4	725.388	8.803.432
PS09 – Filtro Ar 03	Tier 1 H-25,9 Z-9	1	725.414	8.803.443
		2	725.410	8.803.447
		3	725.418	8.803.456
		4	725.422	8.803.452
	Tier 2 H-21 Z-9	1	725.410	8.803.447
		2	725.404	8.803.448
		3	725.417	8.803.462
		4	725.418	8.803.456
	Tier 3 H-17 Z-9	1	725.404	8.803.448
		2	725.400	8.803.452
		3	725.413	8.803.466
		4	725.417	8.803.462

Predios	Tier	Corner	X (metros)	Y (metros)
PS10 – Prédio Gerador	Tier 1 H-23 Z-9	1	725.303	8.803.373
		2	725.296	8.803.380
		3	725.300	8.803.384
		4	725.307	8.803.377
	Tier 2 H-15,5 Z-9	1	725.336	8.803.329
		2	725.297	8.803.366
		3	725.318	8.803.389
		4	725.358	8.803.352
PS11 – Tratamento Água	Tier 1 H-10,8 Z-9	1	725.392	8.803.230
		2	725.366	8.803.254
		3	725.379	8.803.267
		4	725.404	8.803.243
	Tier 2 H-10,8 Z-9	1	725.422	8.803.262
		2	725.396	8.803.286
		3	725.430	8.803.322
		4	725.455	8.803.298
PS12 – Torre Resfriamento	Tier 1 H-8,7 Z-9	1	725.162	8.803.342
		2	724.998	8.803.495
		3	725.024	8.803.523
		4	725.188	8.803.370
	Tier 2 H-15,2 Z-9	1	725.165	8.803.345
		2	725.001	8.803.497
		3	725.023	8.803.521
		4	725.186	8.803.368
PS13 - Administração	Tier 1 H-3,6 Z-9	1	725.432	8.803.487
		2	725.410	8.803.508
		3	725.423	8.803.521
		4	725.445	8.803.501
	Tier 2 H-7,2 Z-9	1	725.447	8.803.474
		2	725.432	8.803.487
		3	725.445	8.803.501
		4	725.460	8.803.487
PS14 – Oficina, Armazém	Tier 1 H-8,6 Z-9	1	725.493	8.803.431
		2	725.484	8.803.439
		3	725.497	8.803.453
		4	725.506	8.803.445
	Tier 2 H-3,5 Z-9	1	725.484	8.803.439
		2	725.461	8.803.460
		3	725.474	8.803.474
		4	725.497	8.803.453

Notas: x e y – coordenada (UTM); z – altitude; H – Altura do Prédio; Corner – Canto da Parede (Prédio).

Quadro 5.9: Coordenadas UTM dos Prédios e Equipamentos – UTE Marcelo Deda

Predios	Tier	Corner	X (metros)	Y (metros)
MD01 – Caldeira Recuperação 01	Tier 1 H-31 Z-9	1	725.435	8.803.711
		2	725.419	8.803.728
		3	725.424	8.803.733
		4	725.442	8.803.719
	Tier 2 H-10 Z-9	1	725.441	8.803.699
		2	725.435	8.803.711
		3	725.442	8.803.719
		4	725.454	8.803.713
	Tier 3 H-8 Z-9	1	725.485	8.803.657
		2	725.441	8.803.699
		3	725.454	8.803.713
		4	725.499	8.803.672
MD02 – Caldeira Recuperação 02	Tier 1 H-31 Z-9	1	725.481	8.803.760
		2	725.465	8.803.777
		3	725.470	8.803.782
		4	725.488	8.803.768
	Tier 2 H-10 Z-9	1	725.487	8.803.748
		2	725.481	8.803.760
		3	725.488	8.803.768
		4	725.500	8.803.763
	Tier 3 H-8 Z-9	1	725.532	8.803.706
		2	725.487	8.803.748
		3	725.501	8.803.763
		4	725.545	8.803.721
MD03 – Turbina a Gás 01	Tier 1 H-8 Z-9	1	725.417	8.803.725
		2	725.398	8.803.742
		3	725.408	8.803.753
		4	725.427	8.803.736
MD04 – Turbina a Gás 02	Tier 1 H-8 Z-9	1	725.463	8.803.774
		2	725.444	8.803.792
		3	725.455	8.803.802
		4	725.473	8.803.785
MD05 – Filtro Ar 01	Tier 1 H-25,9 Z-9	1	725.398	8.803.742
		2	725.388	8.803.752
		3	725.398	8.803.763
		4	725.408	8.803.753
	Tier 2 H-21 Z-9	1	725.388	8.803.752
		2	725.379	8.803.752
		3	725.398	8.803.772
		4	725.398	8.803.763
	Tier 3 H-17 Z-9	1	725.379	8.803.752
		2	725.371	8.803.758
		3	725.390	8.803.779
		4	725.398	8.803.772

Notas: x e y – coordenada (UTM); z – altitude; H – Altura do Prédio; Corner – Canto da Parede (Prédio).

Predios	Tier	Corner	X (metros)	Y (metros)
MD06 – Filtro Ar 02	Tier 1 H-25,9 Z-9	1	725.444	8.803.791
		2	725.434	8.803.801
		3	725.444	8.803.812
		4	725.454	8.803.802
	Tier 2 H-21 Z-9	1	725.434	8.803.801
		2	725.425	8.803.801
		3	725.444	8.803.821
		4	725.444	8.803.812
	Tier 3 H-17 Z-9	1	725.425	8.803.801
		2	725.418	8.803.808
		3	725.437	8.803.828
		4	725.444	8.803.821
MD07 – Prédio Gerador	Tier 1 H-23 Z-9	1	725.514	8.803.784
		2	725.466	8.803.828
		3	725.524	8.803.890
		4	725.572	8.803.846
MD08 – Torre Resfriamento	Tier 1 H-15,2 Z-9	1	725.716	8.803.648
		2	725.587	8.803.768
		3	725.622	8.803.805
		4	725.751	8.803.685

Notas: x e y – coordenada (UTM); z – altitude; H – Altura do Prédio; Corner – Canto da Parede (Prédio).

Quadro 5.10: Coordenadas UTM dos Prédios e Equipamentos – UTE Laranjeiras

Predios	Tier	Corner	X (metros)	Y (metros)
LA01 – Caldeira Recuperação	Tier 1 H-31 Z-9	1	725.706	8.803.989
		2	725.690	8.804.007
		3	725.695	8.804.011
		4	725.714	8.803.997
	Tier 2 H-10 Z-9	1	725.714	8.803.977
		2	725.706	8.803.989
		3	725.714	8.803.997
		4	725.726	8.803.990
	Tier 3 H-8 Z-9	1	725.757	8.803.937
		2	725.714	8.803.977
		3	725.726	8.803.990
		4	725.769	8.803.951
LA02 – Turbina a Gás	Tier 1 H-8 Z-9	1	725.686	8.804.003
		2	725.669	8.804.018
		3	725.681	8.804.031
		4	725.698	8.804.016
LA03 – Filtro Ar	Tier 1 H-25,9 Z-9	1	725.669	8.804.019
		2	725.659	8.804.028
		3	725.671	8.804.042
		4	725.681	8.804.032
	Tier 2 H-21 Z-9	1	725.659	8.804.028
		2	725.651	8.804.028
		3	725.670	8.804.049
		4	725.671	8.804.042
	Tier 3 H-17 Z-9	1	725.651	8.804.028
		2	725.644	8.804.035
		3	725.663	8.804.056
		4	725.670	8.804.049
LA04 – Prédio Gerador	Tier 1 H-23 Z-9	1	725.738	8.804.019
		2	725.690	8.804.064
		3	725.757	8.804.136
		4	725.805	8.804.091
LA05 – Torre Resfriamento	Tier 1 H-15,2 Z-9	1	725.910	8.803.930
		2	725.820	8.804.014
		3	725.854	8.804.051
		4	725.944	8.803.967

Notas: x e y – coordenada (UTM); z – altitude; H – Altura do Prédio; Corner – Canto da Parede (Prédio).

As coordenadas dos prédios e chaminés foram processadas no computador utilizando o software *BPIP* – “*Building Input Profile Program*” da USEPA visando gerar alturas e larguras equivalentes dos prédios para posterior utilização no modelo AERMOD.

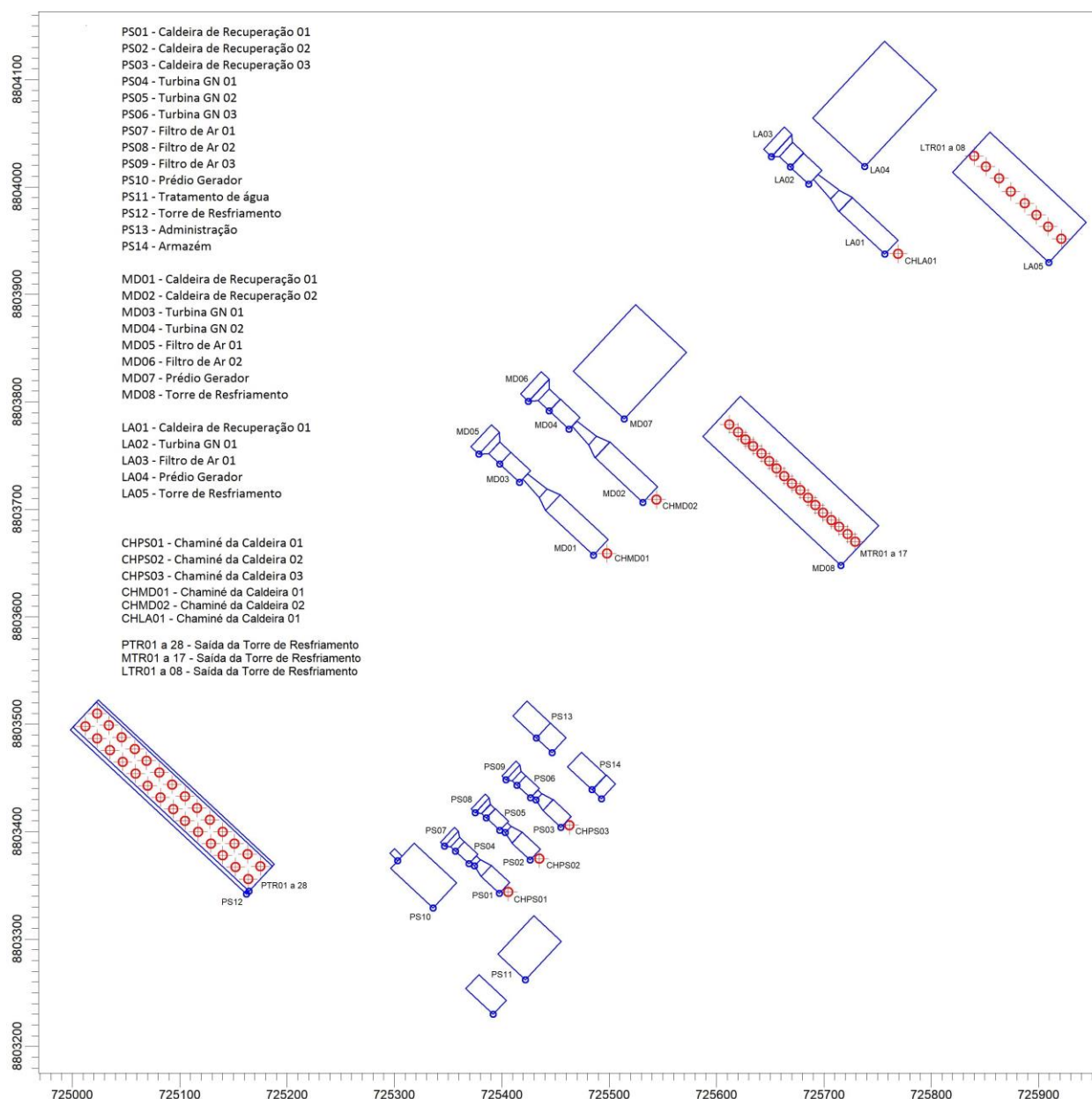


Figura 5.1: Lay-Out Geral das UTEs Porto Sergipe I, Gov Marcelo Deda e Laranjeiras I

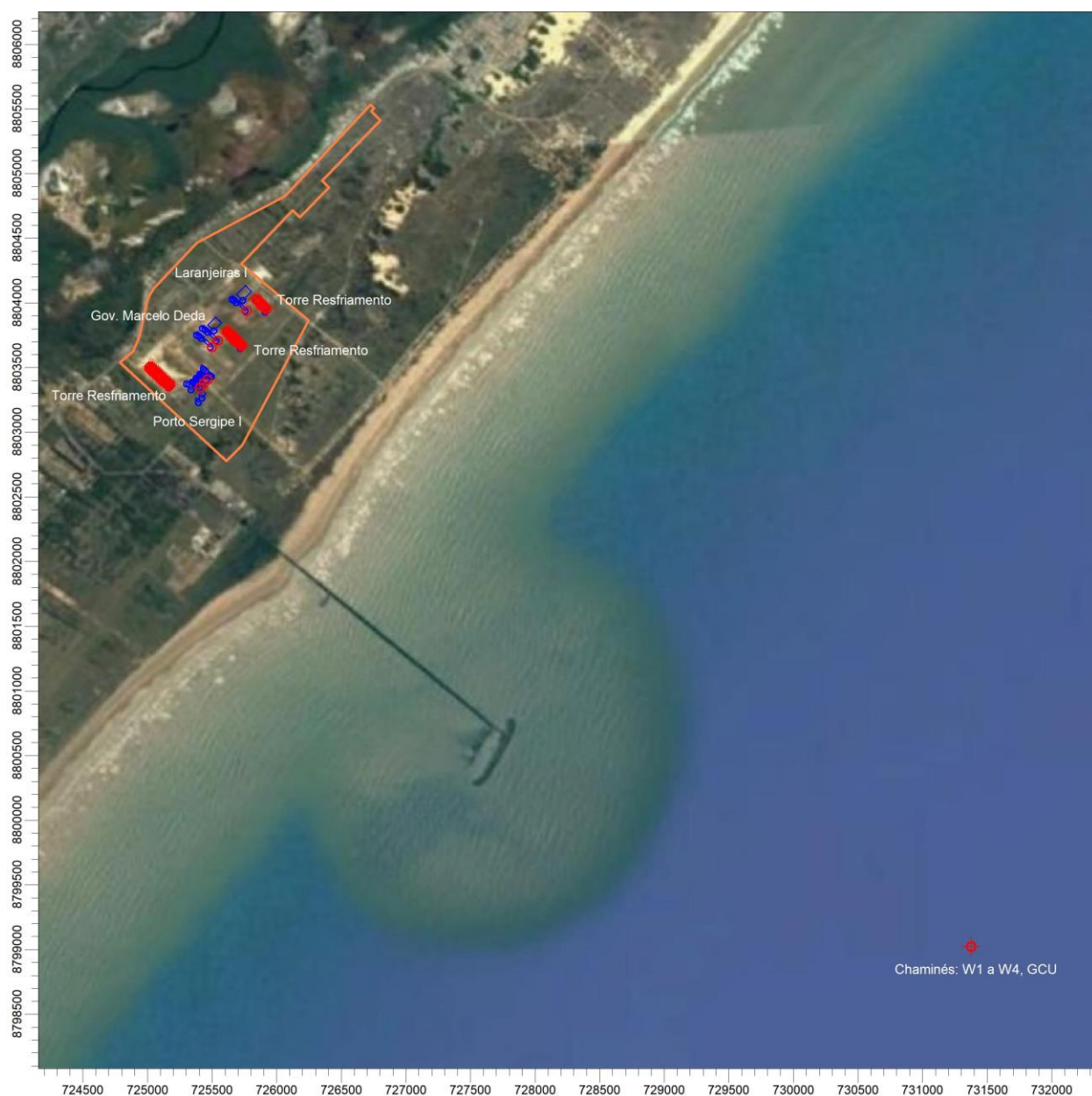


Figura 5.2: Localização das Chaminés das Fontes de Emissão

A região do empreendimento está implantada e em operação o “parque de aerogeradores” para geração de energia elétrica através de aerogerador (Wind turbines) com pás de 41 metros e altura do Hub de 100 metros.

O modelo AERMOD da USEPA é amplamente aceito pelas principais agências ambientais e entidades técnicas para estudo de dispersão atmosférica, porém o modelo não dispõe de “rotinas internas” para considerar os efeitos de aerogeradores nas plumas de dispersão. A referência *Fletcher, T. M. and Brown, R.E. “Interaction of an Eulerian Flue Gas Plume with Wind Turbines” University of Glasgow, 2010* mostra que há necessidade de estudos para avaliar o nível de interferência nos resultados das simulações com modelos de dispersão.

O Aermod permite avaliar as influências de prédios e equipamentos físicos nas plumas das chaminés através de software BPIP (embutido no AermodView da Lakes) e visando verificar a interferência física dos aerogeradores nas plumas de dispersão foram realizadas as simulações.

As influências dos aerogeradores podem ser observados na tela (gráfico) através das áreas de influências (pontilhadas). No caso de aerogeradores foram considerados como prédio de comprimento de 60 m e altura de 141 metros. Em anexo o “printscreen” da tela do BPIP onde os prédios e equipamentos da UTE foram “desligados” para melhor visualização das áreas das influências dos aerogeradores (como equipamento estático) nas chaminés da UTE.

A Figura 5.3 mostra as áreas de influências de efeito “Down Wash” dos aerogeradores nas plumas das chaminés da UTE.

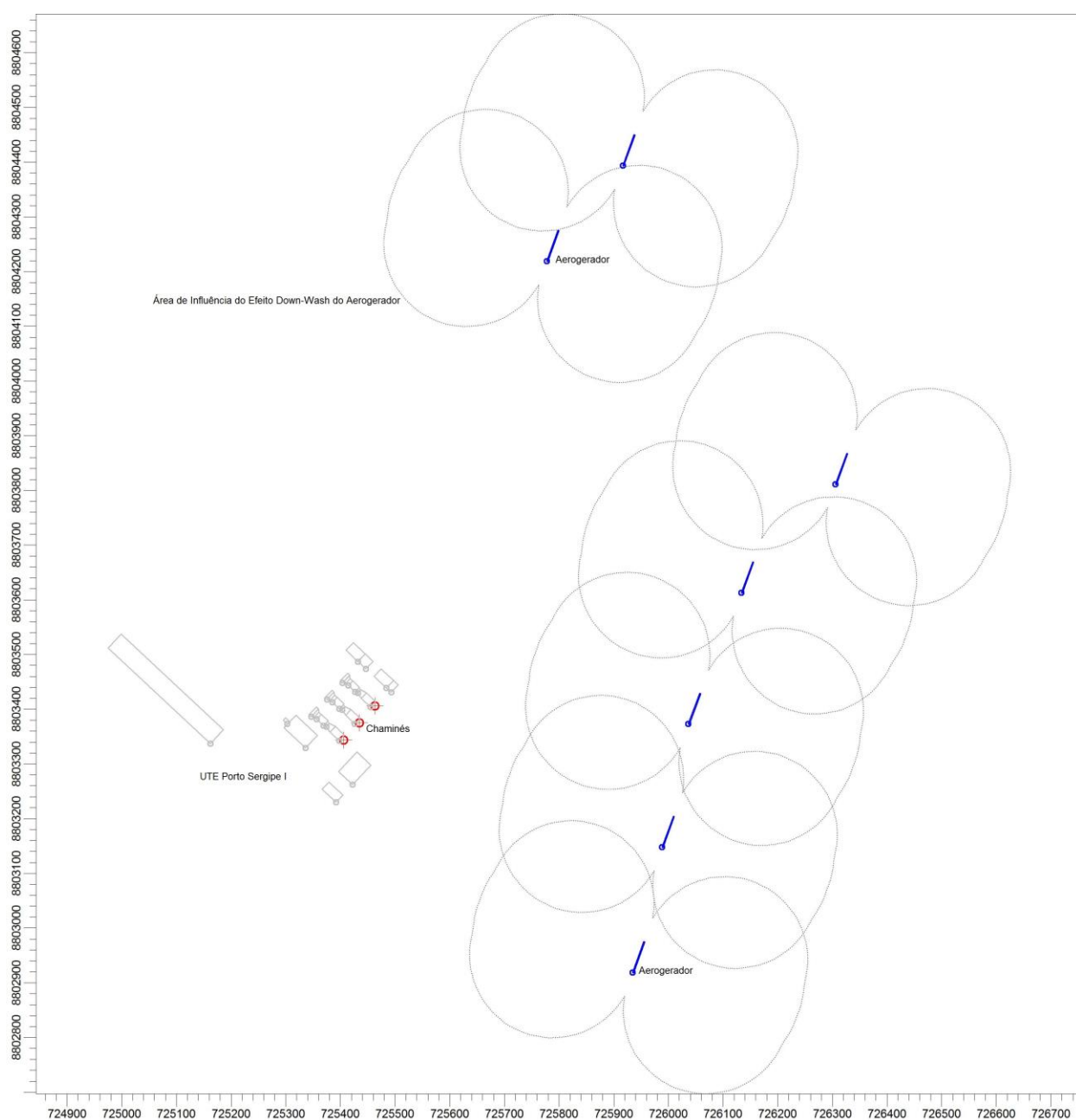


Figura 5.3: Áreas de Influência de “Down Wash” dos Aerogeradores nas Chaminés da UTE

Área de Influência

A área de influência foi estabelecida em região compreendida por retângulo de 40 km por 40 km, divididos em grelhas para determinação dos receptores: 250 por 250 metros e 500 por 500 metros conforme a figura a seguir. Os receptores na área de influência são representados por coordenadas x, y e altitude z.

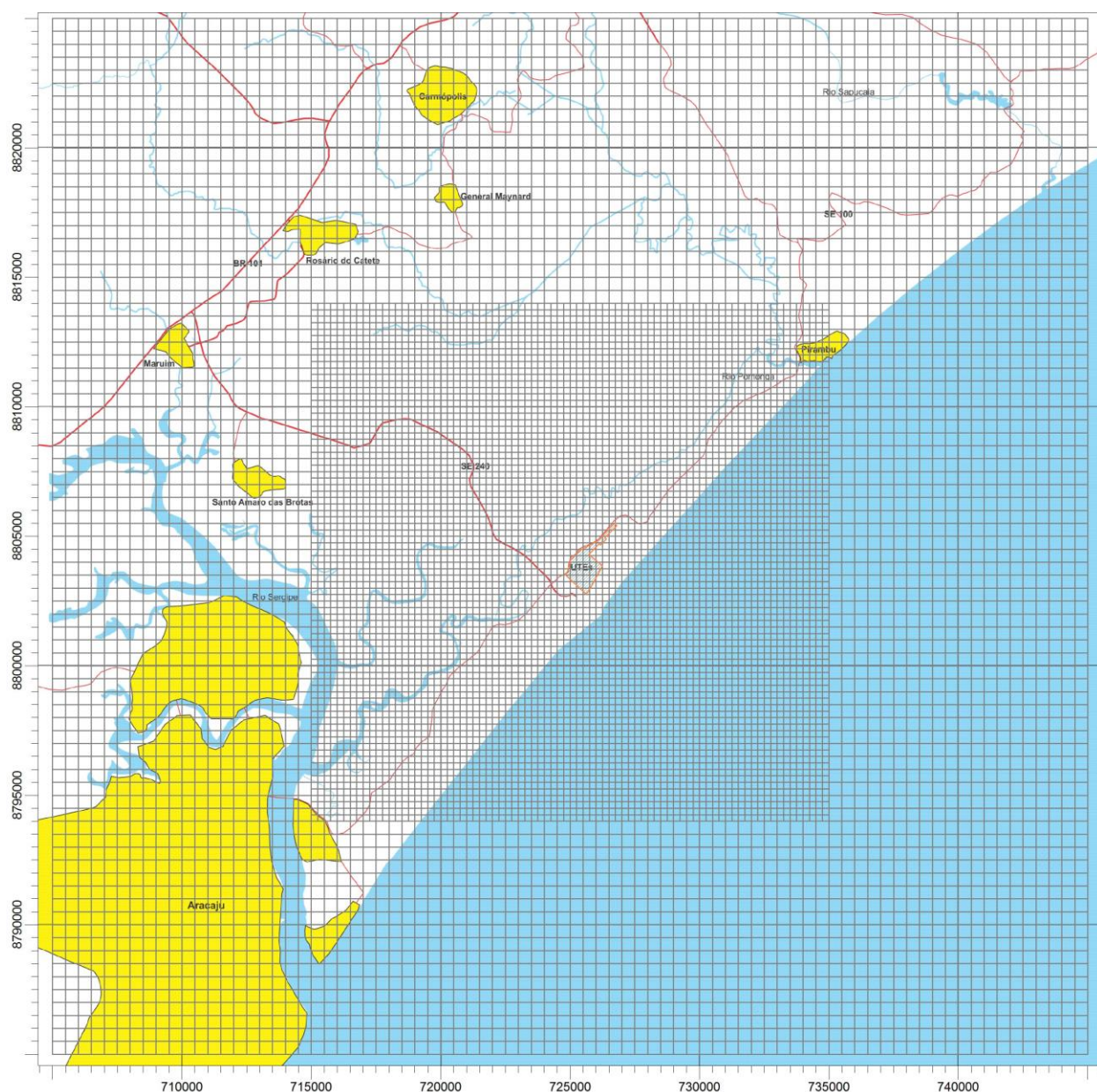


Figura 5.4: Receptores (grelhas de 250 x 250 m e 500 x 500 m)

Dados Meteorológicos

Neste estudo foram utilizados os dados meteorológicos no formato do AERMOD da USEPA, para dados meteorológicos do aeroporto de Santa Maria (Aracaju).

Meteorologia Superficial (*.sfc)

- Altura da Torre: 10 metros.
- Período: 2.012 a 2.016.
- Dados horários: direção (graus) e velocidade do vento (m/s), temperatura ambiente (K), cobertura de nuvens (décimo), Monin-Obukov, altura PBL (m), altura SBL (m), calor sensível (w/m²), velocidade superficial de arraste (m/s), velocidade de convecção (m/s).

Perfil Meteorológico (*.pfl)

- Altura da Torre: 10 metros.
- Período: 2.012 a 2.016.
- Dados horários: direção (graus) e velocidade do vento (m/s), temperatura ambiente (°C).

Modelo AERMOD

O modelo de dispersão utilizado neste estudo é o *AERMOD da USEPA version 16216r*, que atende as recomendações constantes na referência *Code of Federal Regulations CFR 40, "Part 51, appendix W – Guideline on Air Quality Models", 2007, modelo este que é operacionalizado através do software AERMOD View versão 9.4.0 da Lakes Environmental Consultants, Inc. Ontário-Canadá*. O modelo AERMOD da USEPA possui as seguintes características técnicas:

- Modelo da USEPA para fontes industriais;
- Pode ser utilizado para modelagem de poluentes primários (convencionais) e poluentes tóxicos;
- Pode manusear várias fontes como chaminés, áreas e volumes;
- Receptores da área de influência podem ser representados por sistema de coordenadas Cartesianas (x, y, z) ou coordenadas Polares, com opção de considerar a elevação de cada ponto do receptor da coordenada em relação ao nível do mar;
- Dados meteorológicos reais ou simulados;
- Resultados das Concentrações de Poluentes para períodos de 1, 8 e 24 horas, mensais ou anuais;

Opções Utilizadas na Modelagem

- Opção: “Default”
- Área: Rural;
- Efeito Down-Wash dos Prédios;
- Topografia: dados digitais fornecidos pela Lakes Environmental no formato *SRTM3 – Shuttle Radar Topography Mission* da NASA com resolução de 90 metros.
- Dados meteorológicos de superfície do aeroporto Santa Maria (Aracaju)
- As contribuições de NO₂ (dióxido de nitrogênio) foram determinadas utilizando a opção do método *PVMRM (Plume Volume Molar Ratio Method)*, que consiste na aplicação de algoritmos para conversão de NO_x para NO₂.

Para simulação foi utilizado “default” do AERMOD para “*Ambient Equilibrium NO₂/NO_x – 0.90*” e “*In-Stack NO₂/NO_x Ratio – 0.50*”. Utilizada concentração média de ozônio de 40 ppb

- Concentração “Background”

MP10 – 41 µg/m³ 24h; SO₂ – 4,0 µg/m³ 24h; NO₂ – 9,0 µg/m³ 1h e CO – 1145 µg/m³ 1h.

Simulações:

- MP10: primeira máxima para 24h e anual
- NO₂:
 - (i) Simulação 01: Concentração NO₂ - Primeira Máxima para 1h, conforme Resolução CONAMA 03/90.
 - (ii) Simulação 02: Concentração NO₂ - Oitava Máxima Diária para 1h e Percentil 98, conforme “*1 hour NO₂ NAAQS - USEPA*”.

Esta simulação permite adequar/comparar com os limites de qualidade do ar de NO₂ da IFC – 200 µg/m³ 1 hora e USEPA – 188 µg/m³ 1 hora (100 ppb), assim como “eliminar as anomalias” dos dados meteorológicos.

- SO₂: primeira máxima para 24h e anual.
- CO: primeiras máximas para 1 e 8 horas.

6 Resultados da Modelagem

Os resultados das simulações em termos de concentrações máximas na área de influência (fora do empreendimento), para as condições meteorológicas e de emissões descritas nos itens anteriores estão apresentados nos quadros a seguir:

- Quadro 6.1: Concentração Máxima e comparação com *Resolução CONAMA 03/90*.
- Quadro 6.2: Concentração Máxima e comparação com *IFC Guidelines*.

Quadro 6.1: Concentração Máxima – Resolução CONAMA 03/90

Poluentes		PQAR ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	25% PQAR ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Simulação ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Background ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Cmax ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Local de Máxima
MP10	24 h	150	37,5	2,8	41	43,8	0,3 km Oeste
	anual	50	12,5	0,72	-	-	Limite Oeste
NO ₂	1 h (a)	320	-	140,2	9,0	149,2	0,4 km Oeste
	1h (b)	-	80	99,1	9,0	108,1	0,5 km Oeste
	anual	100	25	12,1	-	-	0,4 km Oeste
SO ₂	24 h	365	91,3	5,7	4,0	9,7	0,5 km Oeste
	anual	80	20	1,1	-	-	Limite Oeste
CO	1h	40.000	10.000	202,5	1145	1347,5	0,4 km Oeste
	8h	10.000	2.500	132,4	-	-	0,4 km Oeste

PQAR-Padrão Primário de Qualidade do Ar da *Resolução CONAMA 03/90*.

25% PQAR – 25% do padrão primário da *Resolução CONAMA 03/90* (Recomendação IFC).

MP10 – partículas inaláveis.

NO₂ – dióxido de nitrogênio

SO₂ – dióxido de enxofre

CO – monóxido de carbono

(a) Primeira Máxima

(b) Oitava Máxima (8th Highest Daily Maximum)

Cmax = Background + Simulação

Quadro 6.2: Concentração Máxima – IFC Guidelines

Poluentes		PQAR ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	25% PQAR ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Simulação ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Background ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Cmax ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Local de Máxima
MP10	24 h	50	37,5	2,8	41	43,8	0,3 km Oeste
	anual	20	12,5	0,72	-	-	Limite Oeste
NO ₂	1 h (a)	-	-	140,2	9,0	149,2	0,4 km Oeste
	1h (b)	200	80	99,1	9,0	108,1	0,5 km Oeste
	anual	40	25	12,1	-	-	0,4 km Oeste
SO ₂	24 h	20	91,3	5,7	4,0	9,7	0,5 km Oeste
	anual	-	20	1,1	-	-	Limite Oeste
CO	1h	-	10.000	202,5	1145	1347,5	0,4 km Oeste
	8h	-	2.500	132,4	-	-	0,4 km Oeste

PQAR-Padrão de Qualidade do Ar do *IFC Guidelines*.

25% PQAR – 25% do padrão primário da *Resolução CONAMA 03/90* (Recomendação IFC).

MP10 – partículas inaláveis.

NO₂ – dióxido de nitrogênio

SO₂ – dióxido de enxofre

CO – monóxido de carbono

(a) Primeira Máxima

(b) Oitava Máxima (8th Highest Daily Maximum)

Cmax = Background + Simulação

7 Avaliação dos Impactos

Apresentam-se a seguir os comentários dos resultados de modelagem de dispersão de poluentes atmosféricos realizada pelo modelo AERMOD da USEPA.

As emissões de material particulado, óxidos de nitrogênio, óxidos de enxofre e monóxido de carbono nas chaminés das UTE Porto Sergipe I, Marcelo Deda e Laranjeiras I atendem aos limites estabelecidos na *Resolução CONAMA 382/06* e *limite recomendado pela IFC - International Finance Corporation*.

As contribuições máximas de material particulado (MP10), dióxido de enxofre (SO₂) e monóxido de carbono (CO) determinado pelo estudo de dispersão atendem valores menores que 25% dos padrões primários da *Resolução CONAMA 03/90*, conforme recomendação da *IFC - International Finance Corporation*.

A contribuição máxima de dióxido de nitrogênio (NO₂) determinado pelo estudo de dispersão atendem valores menores que 25% dos padrões primários da *Resolução CONAMA 03/90*, conforme recomendação da *IFC - International Finance Corporation*.

As contribuições máximas resultantes das simulações de partículas inaláveis (MP10), dióxido de nitrogênio (NO₂), dióxido de enxofre (SO₂) e monóxido de carbono (CO) na área de influência e fora da área do empreendimento apresentaram as seguintes condições ambientais:

- Concentrações máximas de partículas inaláveis: diária e anual de 2,8 e 0,72 µg/m³, ocorreram respectivamente 0,3 km oeste e limite oeste da unidade.
 - (i) *Resolução CONAMA 03/90* - As contribuições máximas representam 1,9% e 1,6% dos padrões primários de qualidade do ar diário (150 µg/m³) e anual (50 µg/m³).
 - (ii) *IFC - Guidelines* – As contribuições máximas representam 5,6% e 3,6% dos padrões de qualidade do ar diário (50 µg/m³) e anual (20 µg/m³).
- Concentrações máximas de dióxido de nitrogênio: horária e anual de 140,2 e 12,1 µg/m³, ocorreram respectivamente 0,4 e 0,5 km oeste da unidade. As contribuições máximas representam 43,8% e 12,1% dos padrões primários de qualidade do ar horário (320 µg/m³) e anual (100 µg/m³) da *Resolução CONAMA 03/90*.
- Concentração oitava (8th) máxima de dióxido de nitrogênio: horária e anual: 99,1 e 12,1 µg/m³, ocorreram respectivamente 0,5 e 0,5 km oeste da unidade. As contribuições máximas representam 49,6% e 30,3% dos limites de qualidade do ar horário (200 µg/m³) e anual (40 µg/m³) da *IFC Guidelines*.
- Concentrações máximas de dióxido de enxofre: diária e anual de 5,7 e 1,1 µg/m³, ocorreram respectivamente 0,5 km oeste e limite oeste da unidade.
 - (i) *Resolução CONAMA 03/90* - As contribuições máximas representam 1,6% e 1,4% dos padrões primários de qualidade do ar diário (365 µg/m³) e anual (80 µg/m³).
 - (ii) *IFC - Guidelines* – A contribuição diária máxima representa 28,5% do padrão de qualidade do ar diário (20 µg/m³).
- Concentrações máximas de monóxido de carbono: horária e 8 horas de 202,5 e 132,4 µg/m³, ocorreram respectivamente 0,4 e 0,4 km oeste da unidade. As contribuições máximas representam 0,51% e 1,3% dos padrões primários de qualidade do ar horário (40.000 µg/m³) e 8 horas (10.000 µg/m³) da *Resolução CONAMA 03/90*.

Considerando os valores de “background” determinados para partículas inaláveis (MP10), dióxido de nitrogênio (NO₂), dióxido de enxofre (SO₂) e monóxido de carbono (CO) as concentrações finais máximas apresentaram valores menores que os padrões de qualidade do ar da *Resolução CONAMA 382/06* e *limites recomendados pela IFC - International Finance Corporation*.

- Partículas Inaláveis: Diária – 43,8 µg/m³, valor máximo menor que *Resolução CONAMA 03/90* (150 µg/m³) e *IFC Guidelines* (50 µg/m³).
- Dióxido Nitrogênio: Horário – 149,2 µg/m³, valor máximo menor que *Resolução CONAMA 03/90* (320 µg/m³).
- Dióxido Nitrogênio: Horário (oitava) – 108,1 µg/m³, valor máximo menor que *IFC Guidelines* (200 µg/m³).
- Dióxido Enxofre: Diária – 9,7 µg/m³, valor máximo menor que *Resolução CONAMA 03/90* (365 µg/m³) e *IFC Guidelines* (20 µg/m³).
- Monóxido Carbono: Horário – 1347,5 µg/m³, valor máximo menor que *Resolução CONAMA 03/90* (40.000 µg/m³).

O quadro a seguir apresenta as contribuições máximas de partículas totais em suspensão (MP), partículas inaláveis (MP10), dióxido de nitrogênio (NO₂), dióxido de enxofre (SO₂) e monóxido de carbono (CO) para períodos curtos nas áreas urbanas (receptores discretos) da área de influência do empreendimento, para operação das três UTEs Porto Sergipe I, Gov. Marcelo Deda e Laranjeiras I.

Quadro 7.1: Contribuições Máximas nas Áreas Urbanas
Porto Sergipe I, Gov. Marcelo Deda e Laranjeiras I

Áreas Urbanas (Receptores Discretos)	MP10 24h (µg/m ³)	NO ₂ 1h (µg/m ³)	NO ₂ 1h Oitava (µg/m ³)	SO ₂ 24h (µg/m ³)	CO (µg/m ³)	
					1h	8h
Aracaju	0,10	19,1	11,3	0,22	27,6	10,7
Carmópolis	0,16	17,2	12,8	0,35	25,2	9,9
General Maynard	0,22	27,9	13,4	0,48	40,5	13,1
Maruim	0,18	24,1	13,8	0,40	35,8	11,0
Pirambu	0,11	34,4	12,1	0,25	49,7	9,4
Rosário do Catete	0,20	26,8	13,9	0,44	39,9	13,5
Santo Amaro das Brotas	0,23	26,7	14,4	0,53	40,0	13,4
PQAR – CONAMA 03/90	150	320	-	365	40.000	10.000
PQAR – IFC Guideline	50	-	200	20	-	-

PQAR – Padrão Qualidade do Ar.

O quadro a seguir apresenta as concentrações finais máximas de partículas totais em suspensão (MP), partículas inaláveis (MP10), dióxido de nitrogênio (NO₂), dióxido de enxofre (SO₂) e monóxido de carbono (CO) para períodos curtos nas áreas urbanas (receptores discretos) da área de influência do empreendimento, para operação das três UTEs Porto Sergipe I, Gov. Marcelo Deda e Laranjeiras I.

**Quadro 7.2: Concentrações Finais Máximas nas Áreas Urbanas
Porto Sergipe I, Gov. Marcelo Deda e Laranjeiras I**

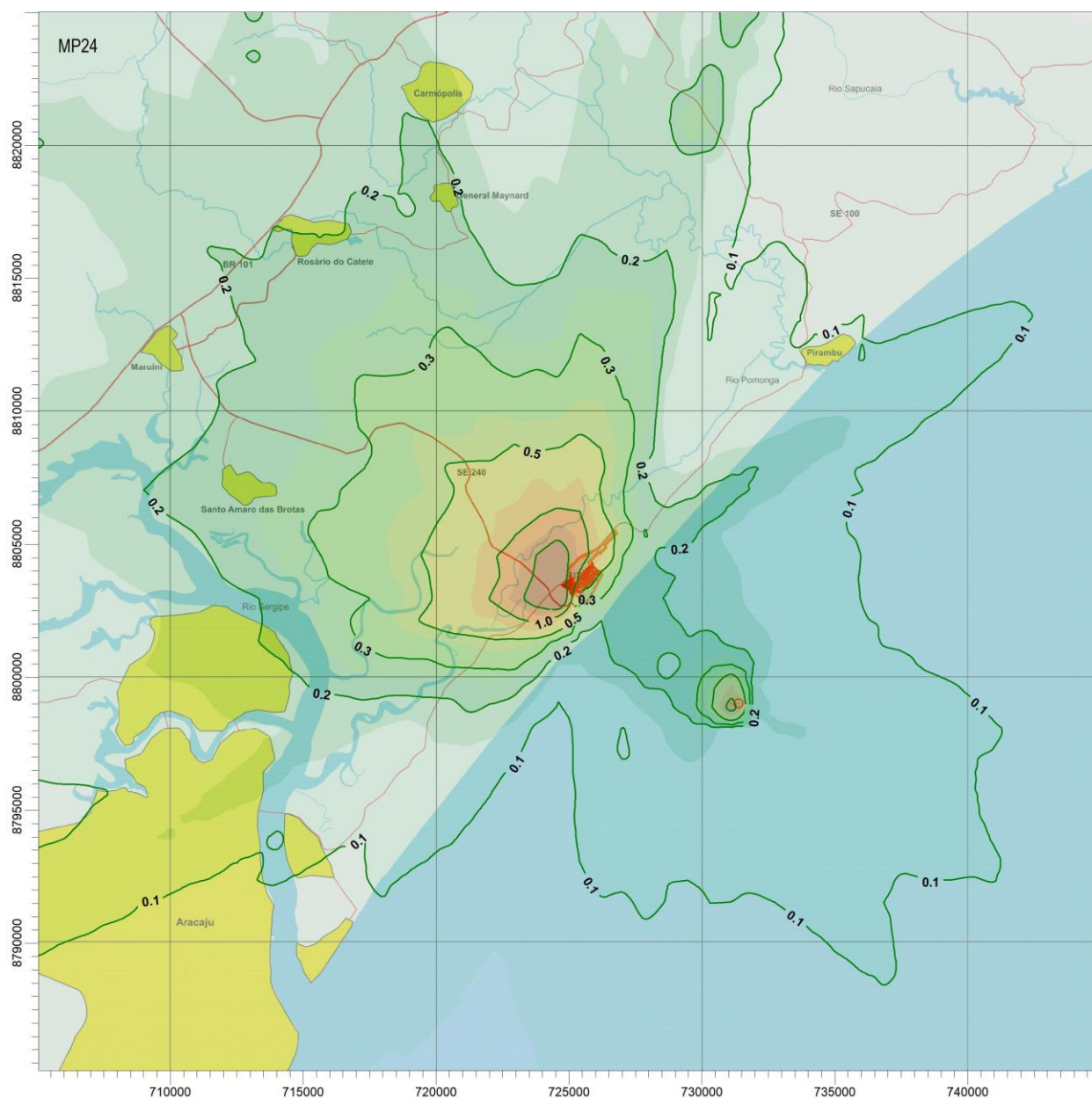
Áreas Urbanas (Receptores Discretos)	MP10 24h (µg/m³)	NO ₂ 1h (µg/m³)	NO ₂ 1h Oitava (µg/m³)	SO ₂ 24h (µg/m³)	CO 1h (µg/m³)
Aracaju	41,1	28,1	20,3	4,2	1173
Carmópolis	41,2	26,2	21,8	4,4	1170
General Maynard	41,2	36,9	22,4	4,5	1186
Maruim	41,2	33,1	22,8	4,4	1181
Pirambu	41,1	43,4	21,1	4,3	1195
Rosário do Catete	41,2	35,8	22,9	4,4	1185
Santo Amaro das Brotas	41,2	35,7	23,4	4,5	1185
PQAR – CONAMA 03/90	150	320	-	365	40.000
PQAR – IFC Guideline	50	-	200	20	-
"Background"	41	9,0	9,0	4,0	1145

PQAR – Padrão Qualidade do Ar.

As figuras a seguir apresentam as contribuições e concentrações finais determinadas nas simulações realizadas.



Eng. Shigeru Yamagata
CREA 600964250



Material Particulado – Simulação Concentração Diária Máxima ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
(curvas: 0.1, 0.2, 0.3, 0.5, 1 e 1.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
(Somente Simulação)

Poluente: MP10

Período: 24 horas

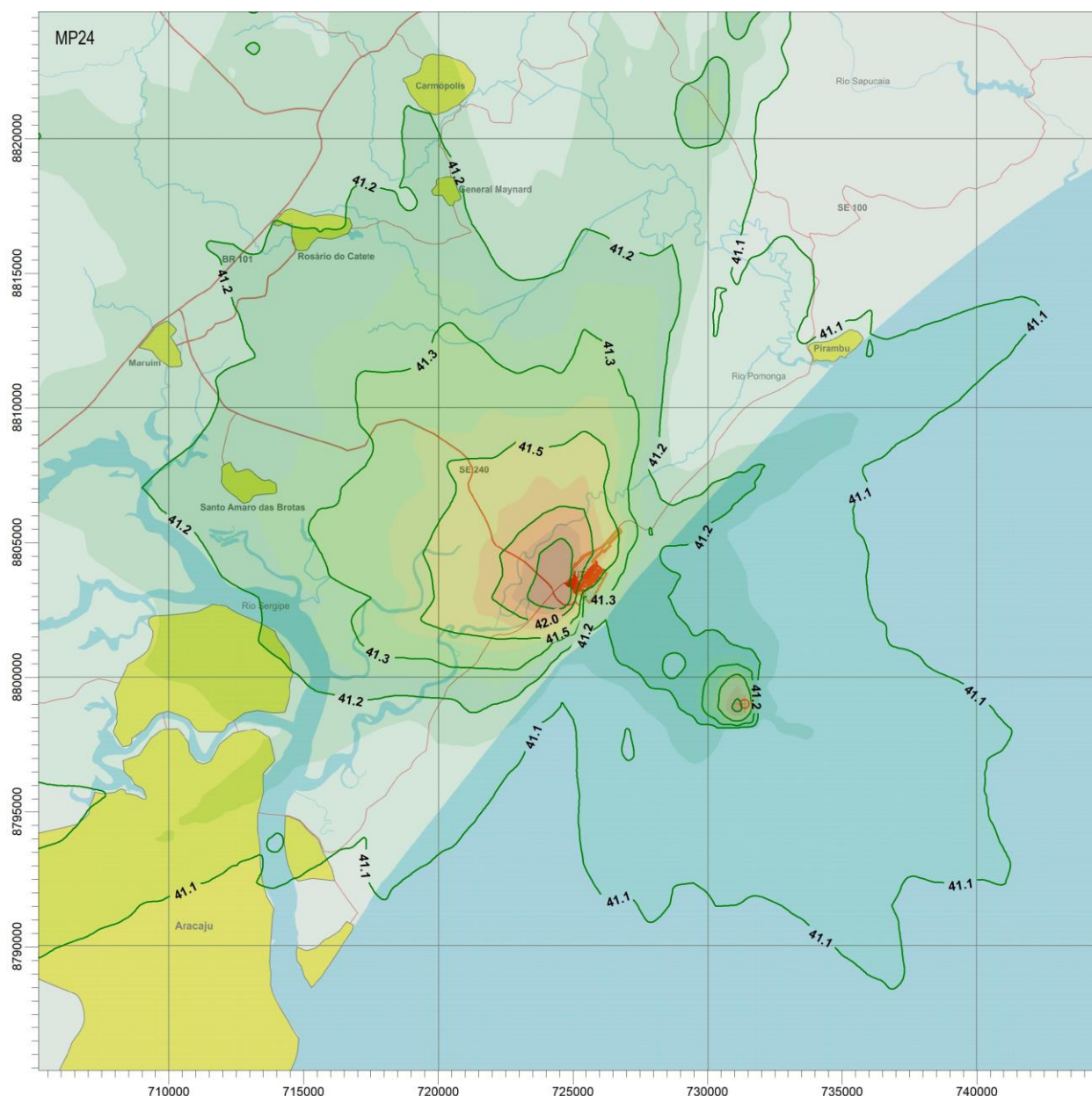
Padrão Qualidade do Ar:

Resolução CONAMA 03/90: 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

IFC Guidelines: 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Concentração Máxima (Cmax): 2,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (fora da unidade)

Coordenada UTM para Cmax: 724.750 e 8.803.250 metros



Material Particulado – Concentração Final Diária Máxima ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

(curvas: 41.1, 41.2, 41.3, 41.5, 42 e 42.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

(Simulação + Background)

Poluente: MP10

Período: 24 horas

Padrão Qualidade do Ar:

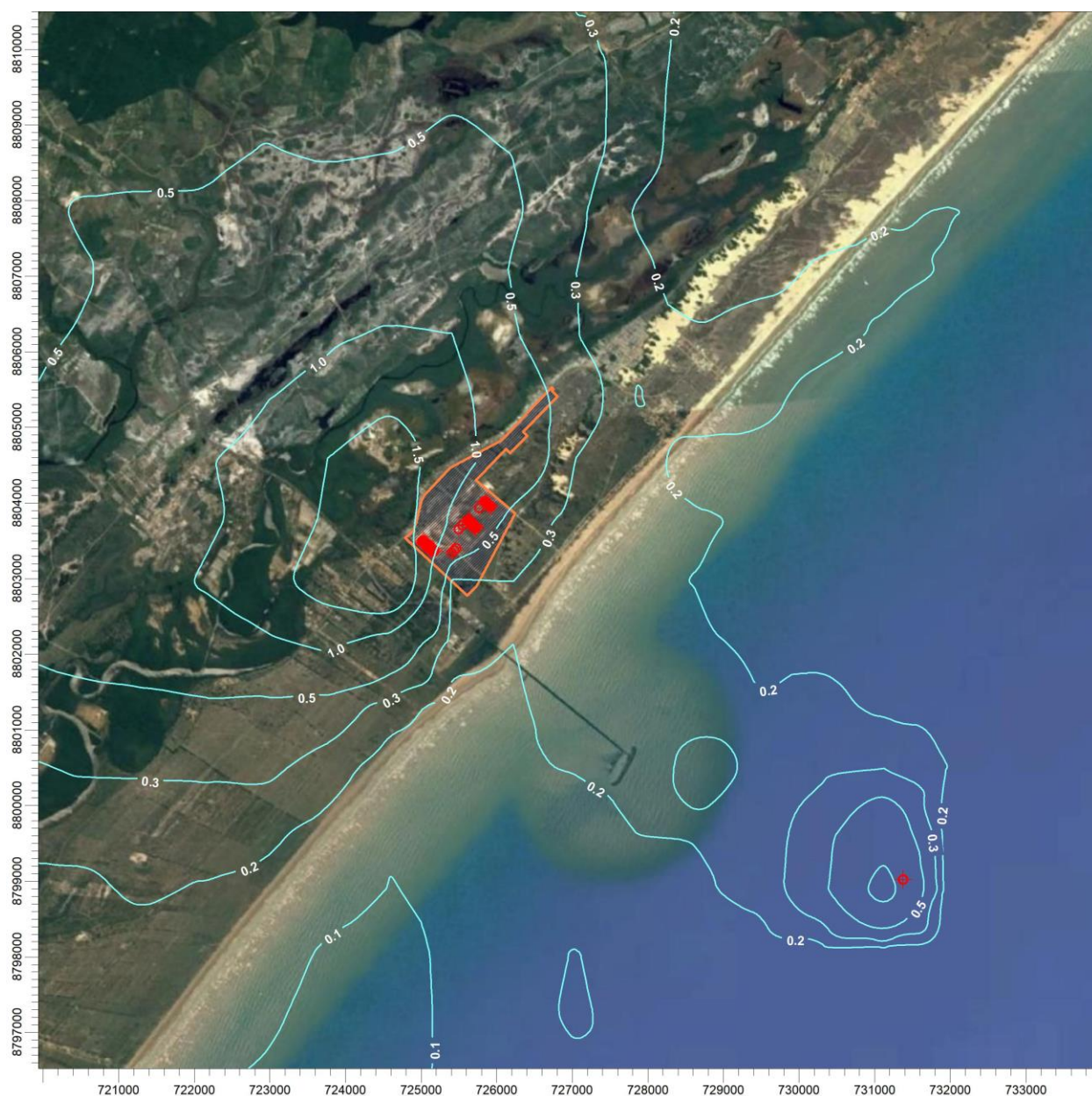
Resolução CONAMA 03/90: 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

IFC Guidelines: 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Background: 41 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Concentração Máxima (Cmax): 43,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (fora da unidade)

Coordenada UTM para Cmax: 724.750 e 8.803.250 metros

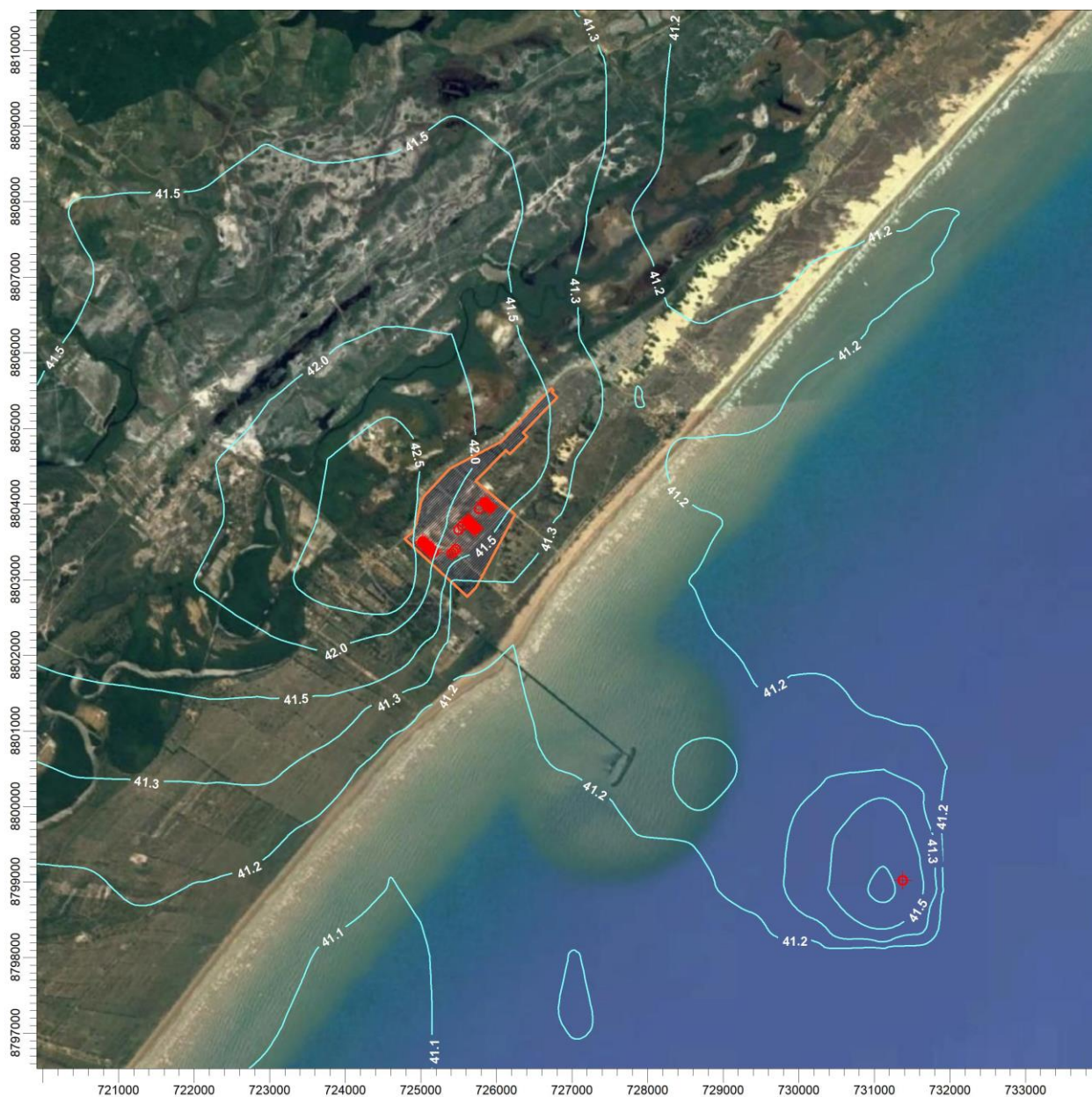


Material Particulado – Simulação Concentração Diária Máxima ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
(Somente Simulação)

PQAR Resolução CONAMA 03/90: $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$

PQAR IFC Guidelines: $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Concentração Máxima: $2,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$



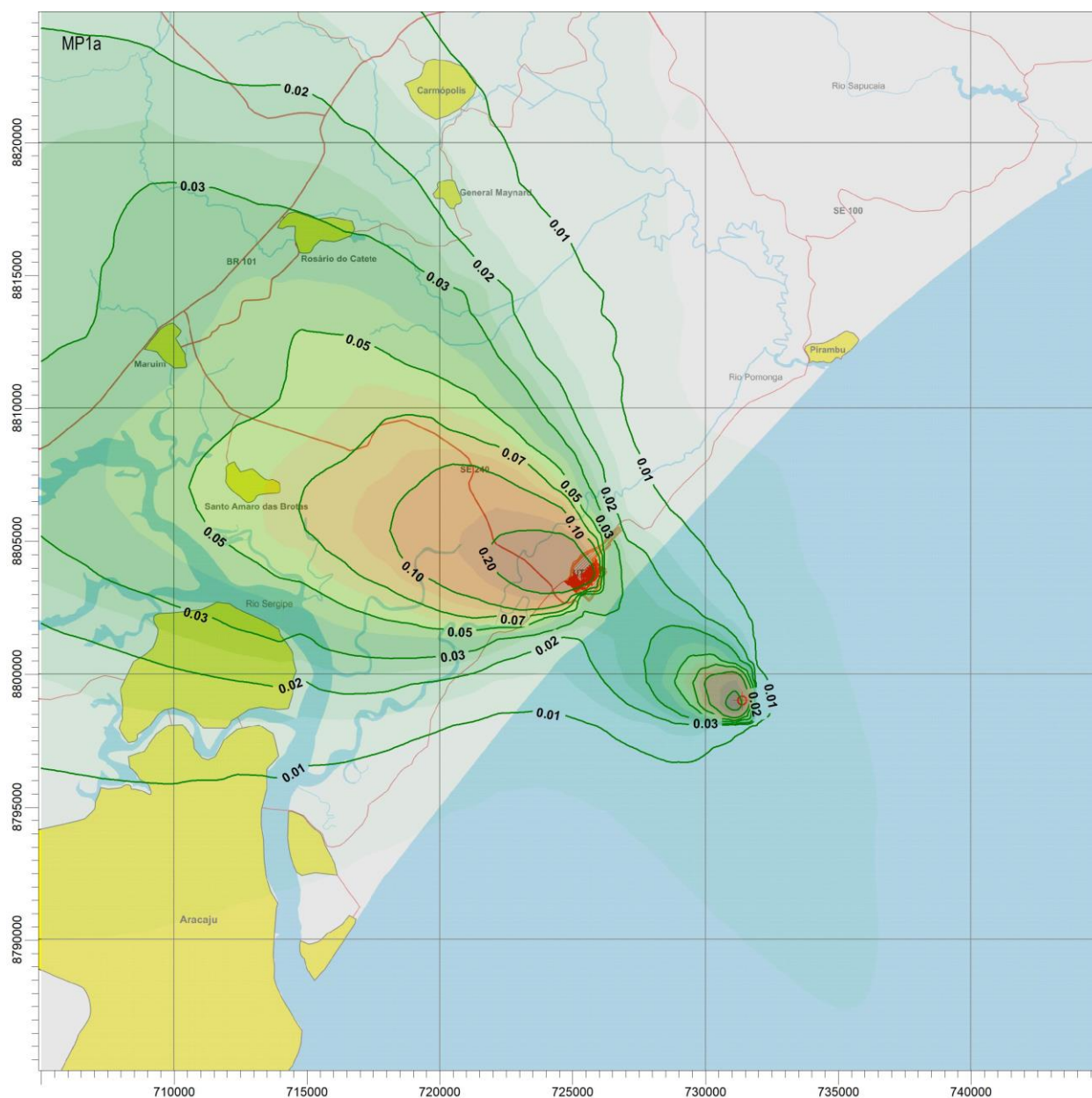
Material Particulado – Concentração Final Diária Máxima ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

(Simulação + Background)

PQAR Resolução CONAMA 03/90: $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$

PQAR IFC Guidelines: $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Concentração Máxima: $43,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$



Material Particulado – Simulação Concentração Anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
(curvas: 0.01, 0.02, 0.03, 0.05, 0.07, 0.1 e 0.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
(Somente Simulação)

Poluente: MP10

Período: anual

Padrão Qualidade do Ar:

Resolução CONAMA 03/90: 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

IFC Guidelines: 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Concentração Máxima (Cmax): 0,72 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (fora da unidade)

Coordenada UTM para Cmax: 724.750 e 8.803.500 metros



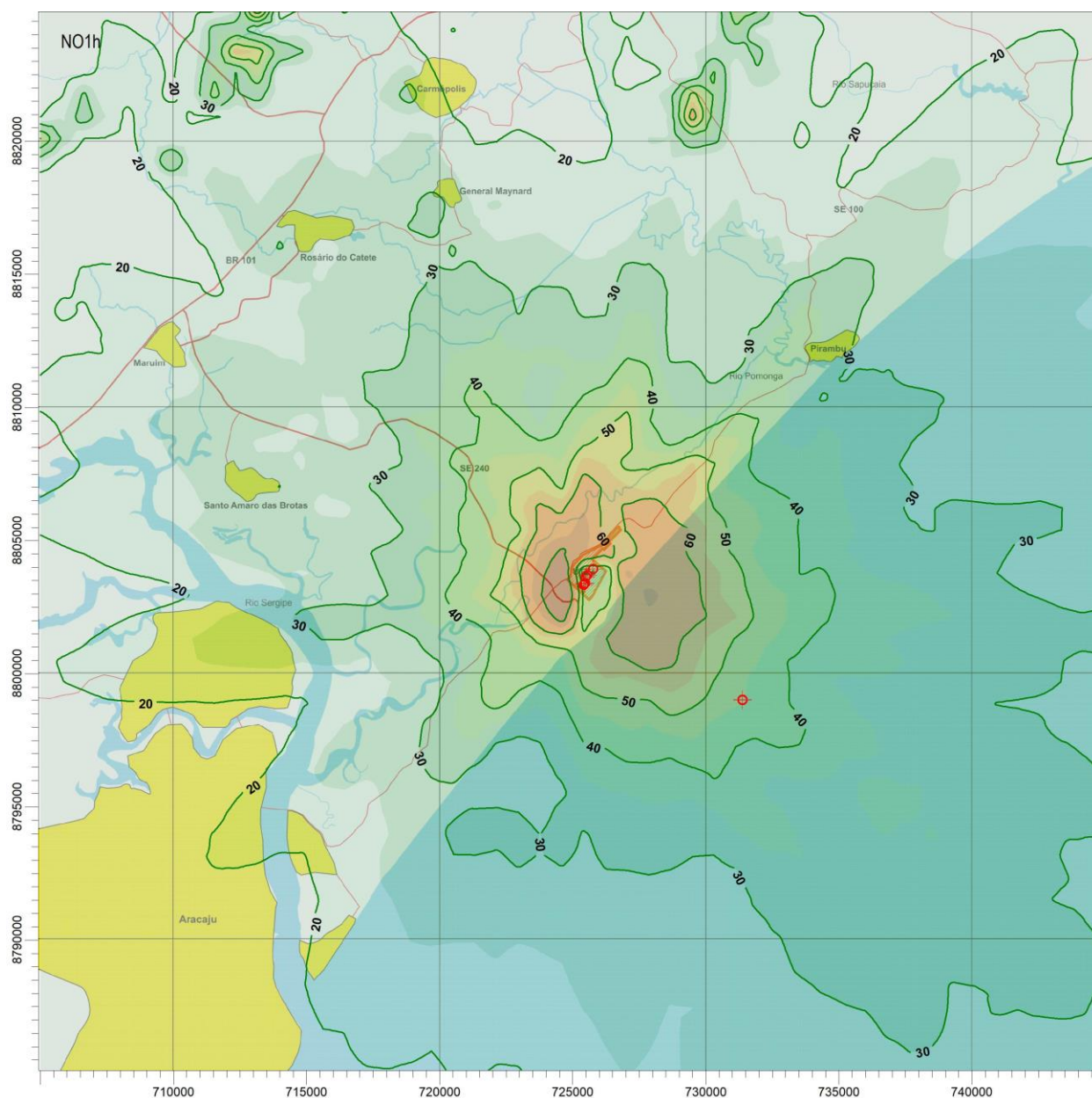
Material Particulado – Simulação Concentração Anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

(Somente Simulação)

PQAR Resolução CONAMA 03/90: $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$

PQAR IFC Guidelines: $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Concentração Máxima: $0,72 \mu\text{g}/\text{m}^3$



Dióxido de Nitrogênio – Simulação Concentração Horária Máxima ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
(curvas: 20, 30, 40, 50, 60 e 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
(Somente Simulação)

Poluente: NO_2

Período: 1 hora

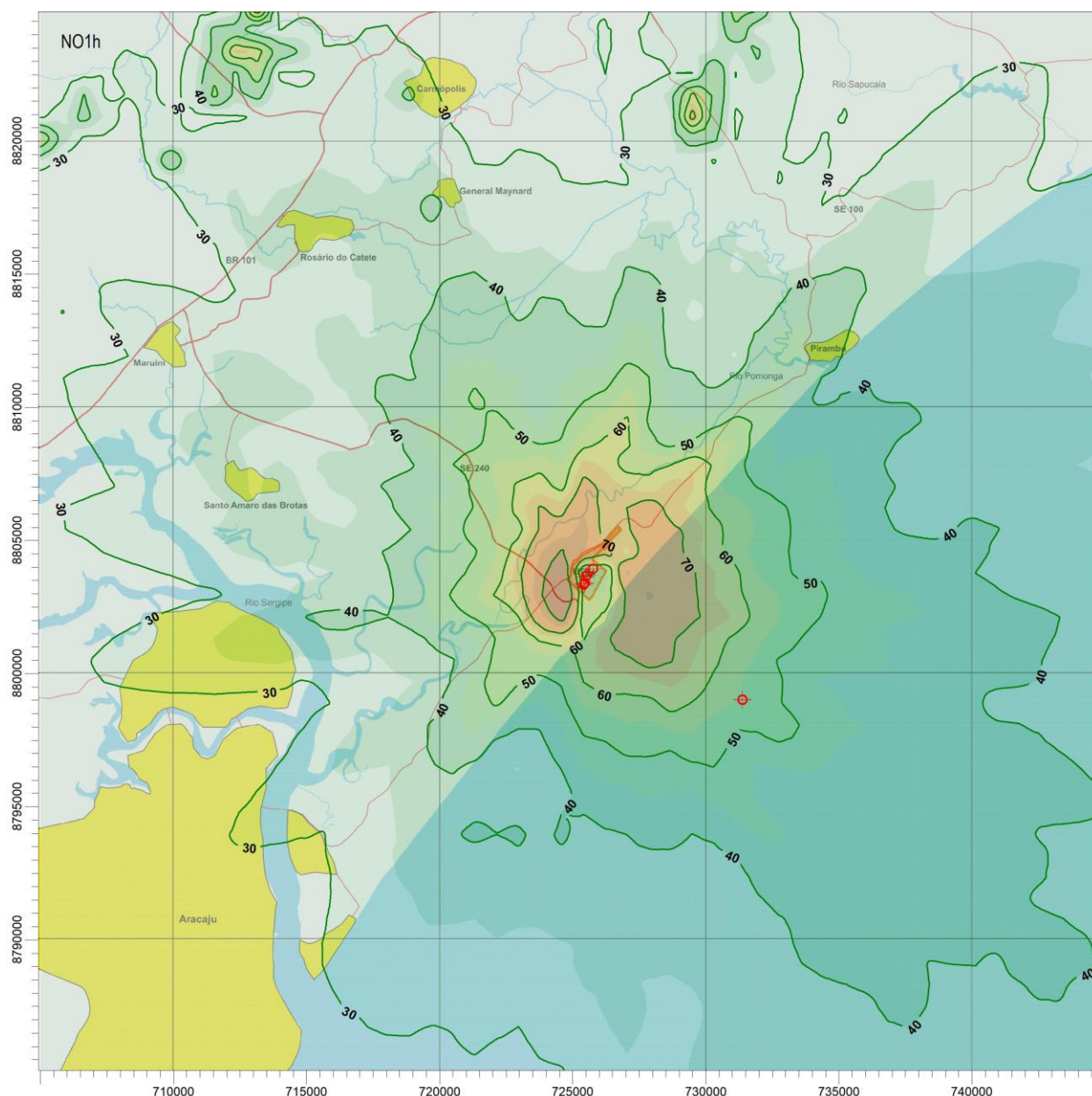
Padrão Qualidade do Ar:

Resolução CONAMA 03/90: 320 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

IFC Guidelines: - $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Concentração Máxima (C_{max}): 140,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (fora da unidade)

Coordenada UTM para C_{max} : 724.750 e 8.803.000 metros



Dióxido de Nitrogênio – Concentração Final Horária Máxima ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
(curvas: 30, 40, 50, 60, 70 e 90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
(Simulação + Background)

Poluente: NO_2

Período: 1 hora

Padrão Qualidade do Ar:

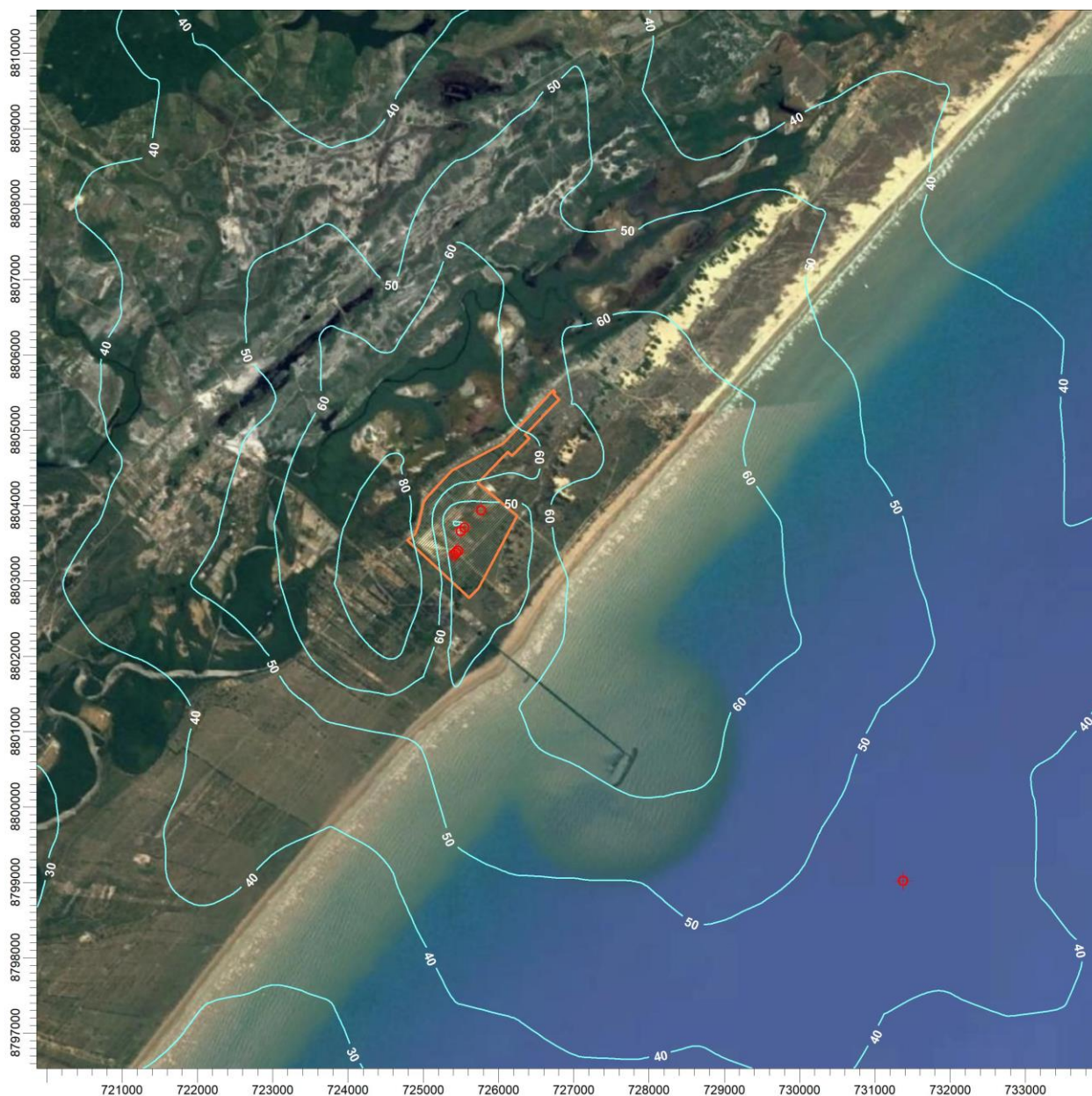
Resolução CONAMA 03/90: 320 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

IFC Guidelines: - $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Background: 9,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Concentração Máxima (Cmax): 149,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (fora da unidade)

Coordenada UTM para Cmax: 724.750 e 8.803.000 metros



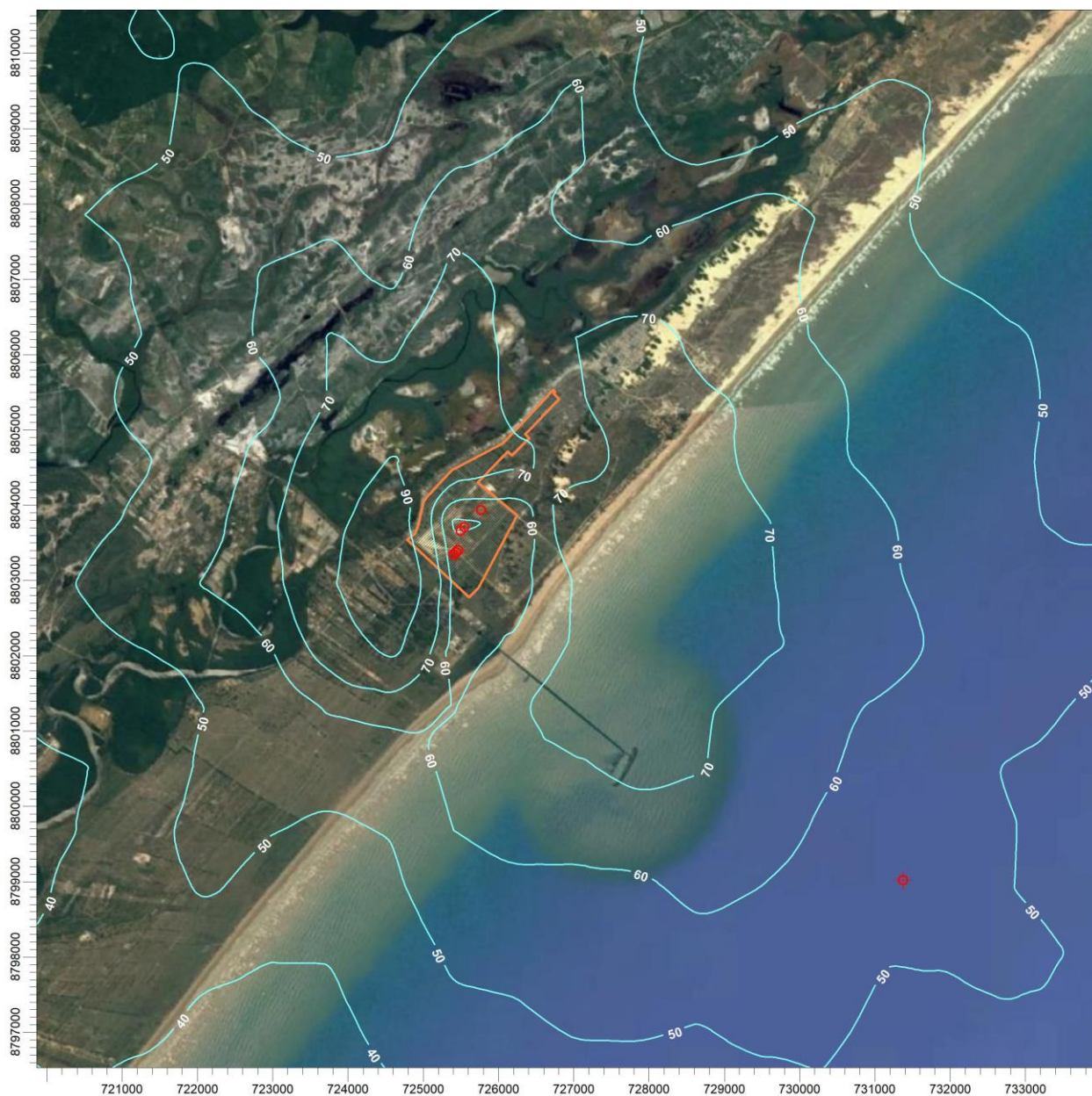
Dióxido de Nitrogênio – Simulação Concentração Horária Máxima ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

(Somente Simulação)

PQAR Resolução CONAMA 03/90: $320 \mu\text{g}/\text{m}^3$

PQAR IFC Guidelines: - $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Concentração Máxima: $140,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$



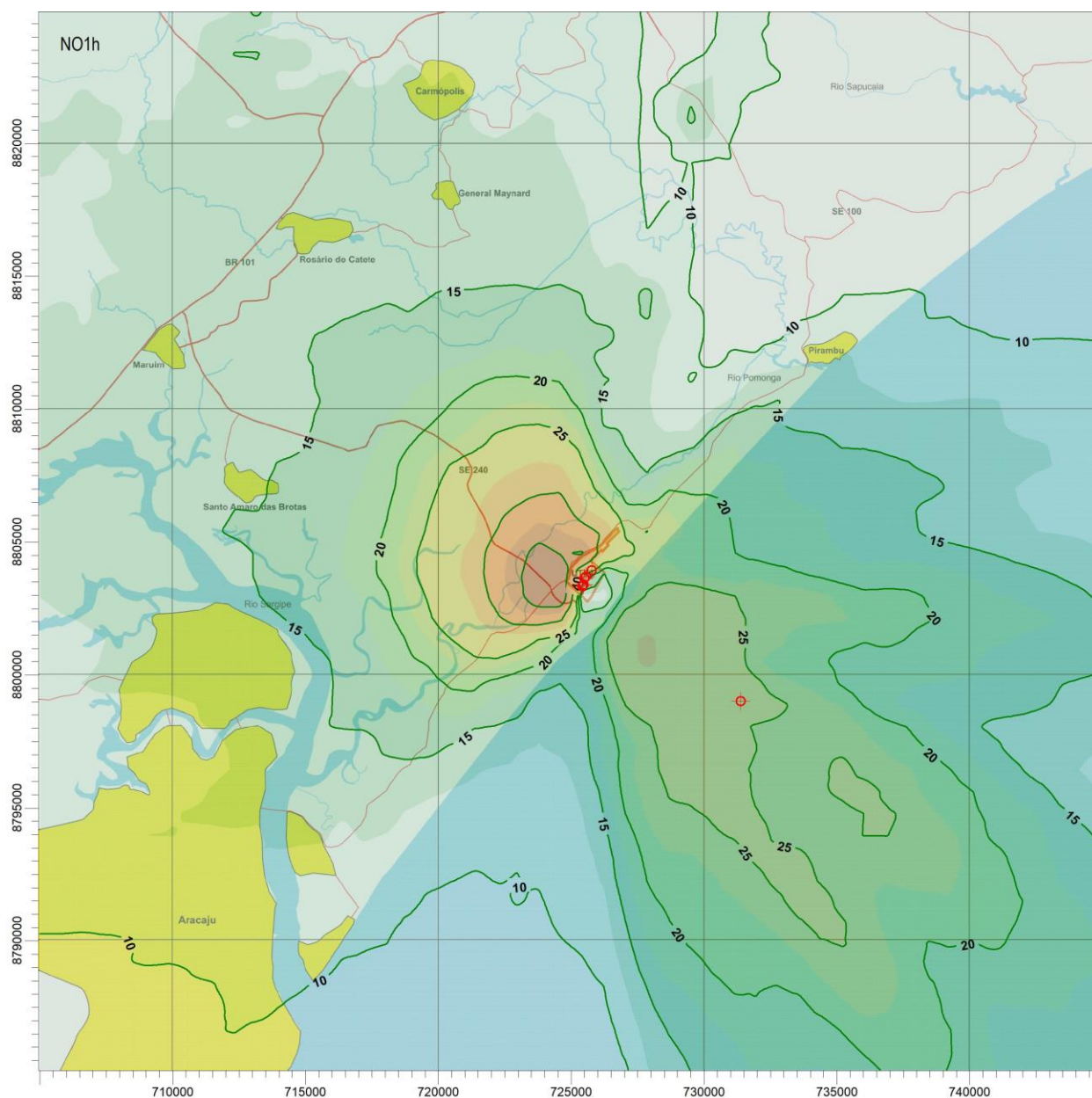
Dióxido de Nitrogênio – Concentração Final Horária Máxima ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

(Simulação + Background)

PQAR Resolução CONAMA 03/90: $320 \mu\text{g}/\text{m}^3$

PQAR IFC Guidelines: - $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Concentração Máxima: $149,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$



Dióxido de Nitrogênio – Simulação Concentração Horária Oitava Máxima ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
(curvas: 10, 15, 20, 25, 40 e 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
(Somente Simulação)

Poluente: NO_2

Período: 1 hora

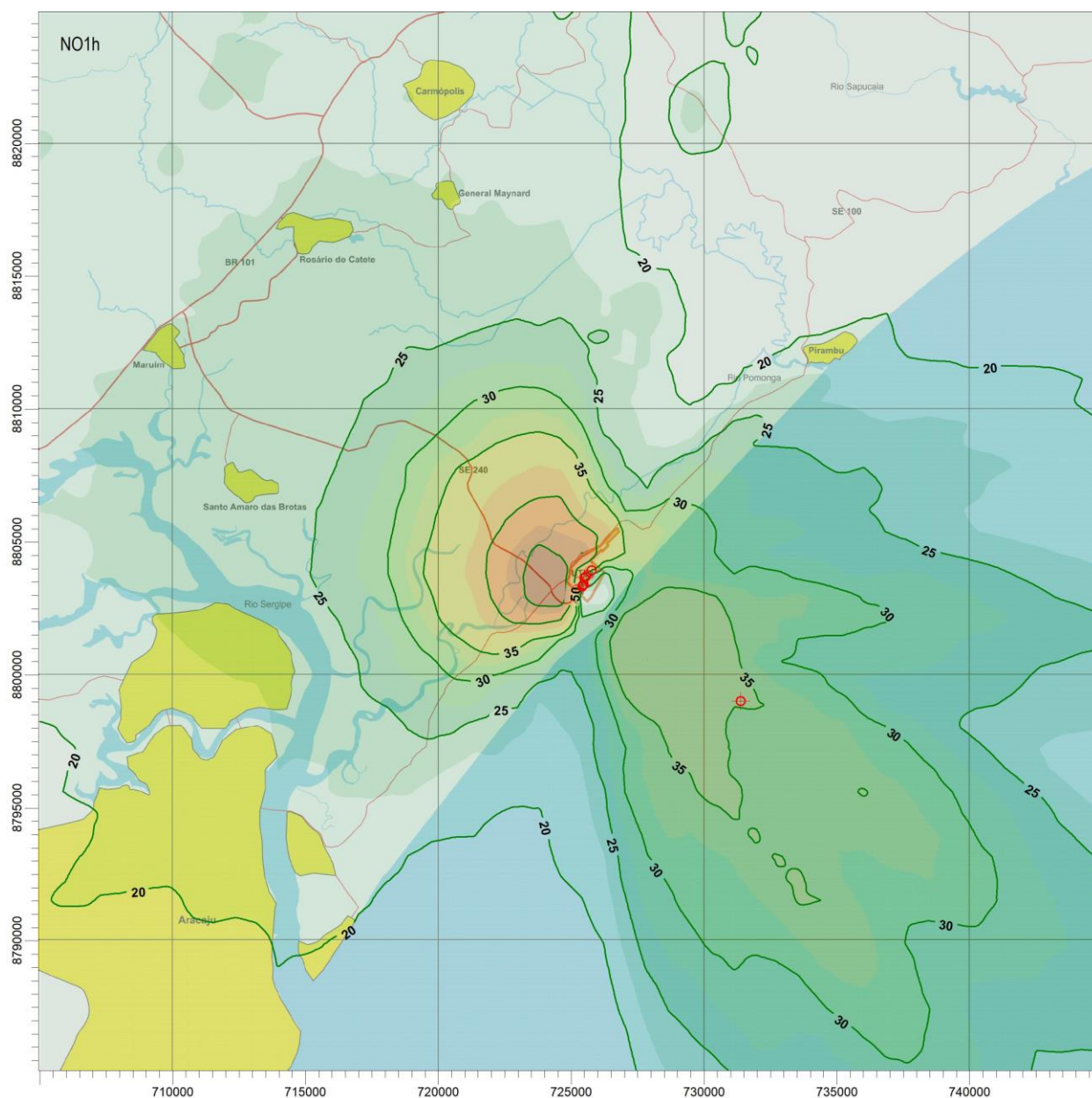
Padrão Qualidade do Ar:

Resolução CONAMA 03/90: - - $\mu\text{g}/\text{m}^3$

IFC Guidelines: 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Concentração Máxima (Cmax): 99,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (fora da unidade)

Coordenada UTM para Cmax: 724.500 e 8.803.250 metros



Dióxido de Nitrogênio – Concentração Final Horária Oitava Máxima ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
(curvas: 20, 25, 30, 35, 50 e 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
(Simulação + Background)

Poluente: NO_2

Período: 1 hora

Padrão Qualidade do Ar:

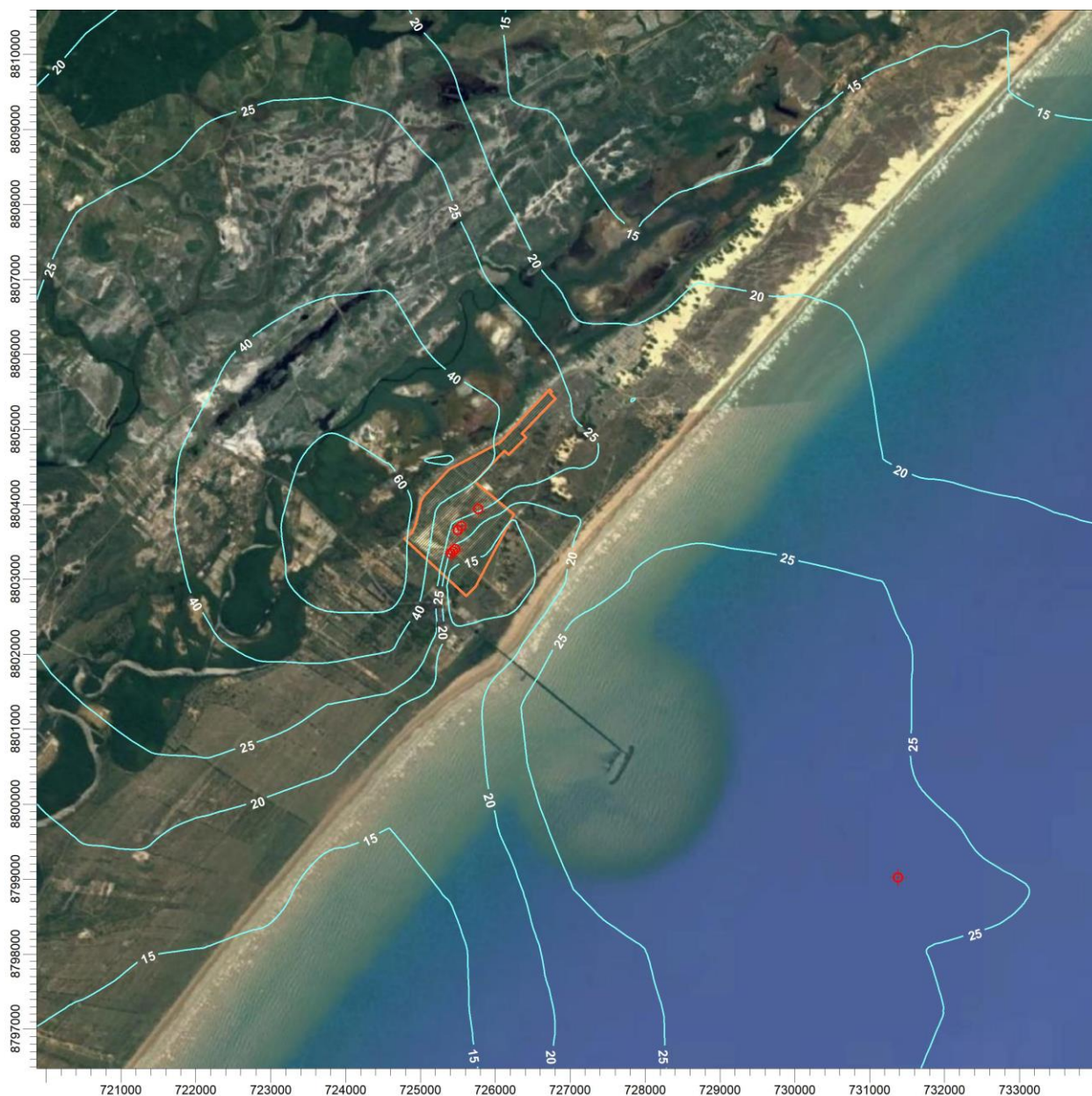
Resolução CONAMA 03/90: - - $\mu\text{g}/\text{m}^3$

IFC Guidelines: 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Background: 9,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Concentração Máxima (Cmax): 108,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (fora da unidade)

Coordenada UTM para Cmax: 724.500 e 8.803.250 metros



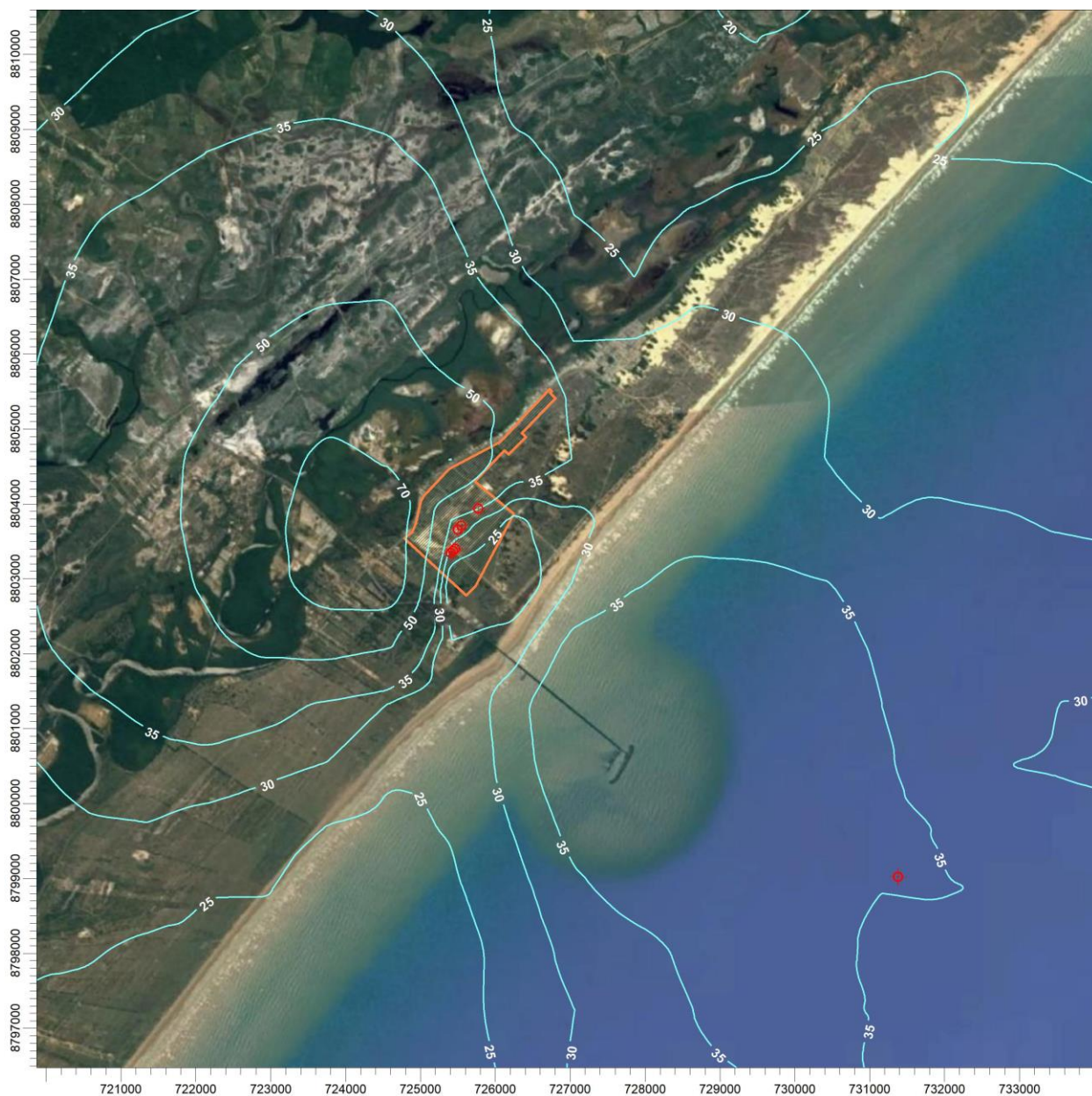
Dióxido de Nitrogênio – Simulação Concentração Horária Oitava Máxima ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

(Somente Simulação)

PQAR Resolução CONAMA 03/90: - $\mu\text{g}/\text{m}^3$

PQAR IFC Guidelines: 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Concentração Máxima: 99,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



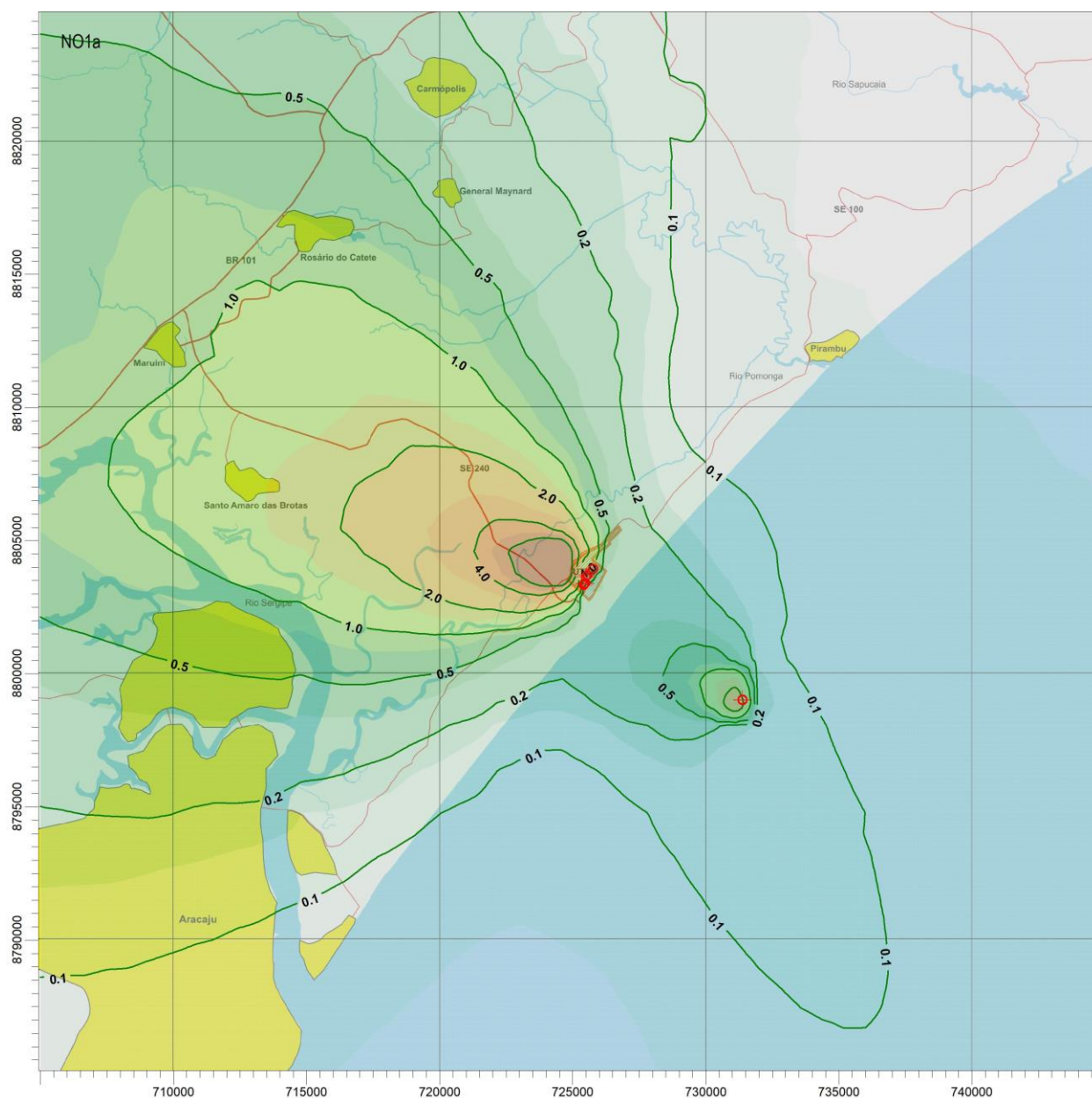
Dióxido de Nitrogênio – Concentração Final Horária Oitava Máxima ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

(Simulação + Background)

PQAR Resolução CONAMA 03/90: - $\mu\text{g}/\text{m}^3$

PQAR IFC Guidelines: 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Concentração Máxima: 108,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



Dióxido de Nitrogênio – Simulação Concentração Anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
(curvas: 0.1, 0.2, 0.5, 1, 2, 4 e 6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
(Somente Simulação)

Poluente: NO_2

Período: anual

Padrão Qualidade do Ar:

Resolução CONAMA 03/90: 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

IFC Guidelines: 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Concentração Máxima (C_{max}): 12,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (fora da unidade)

Coordenada UTM para C_{max} : 724.500 e 8.804.000 metros



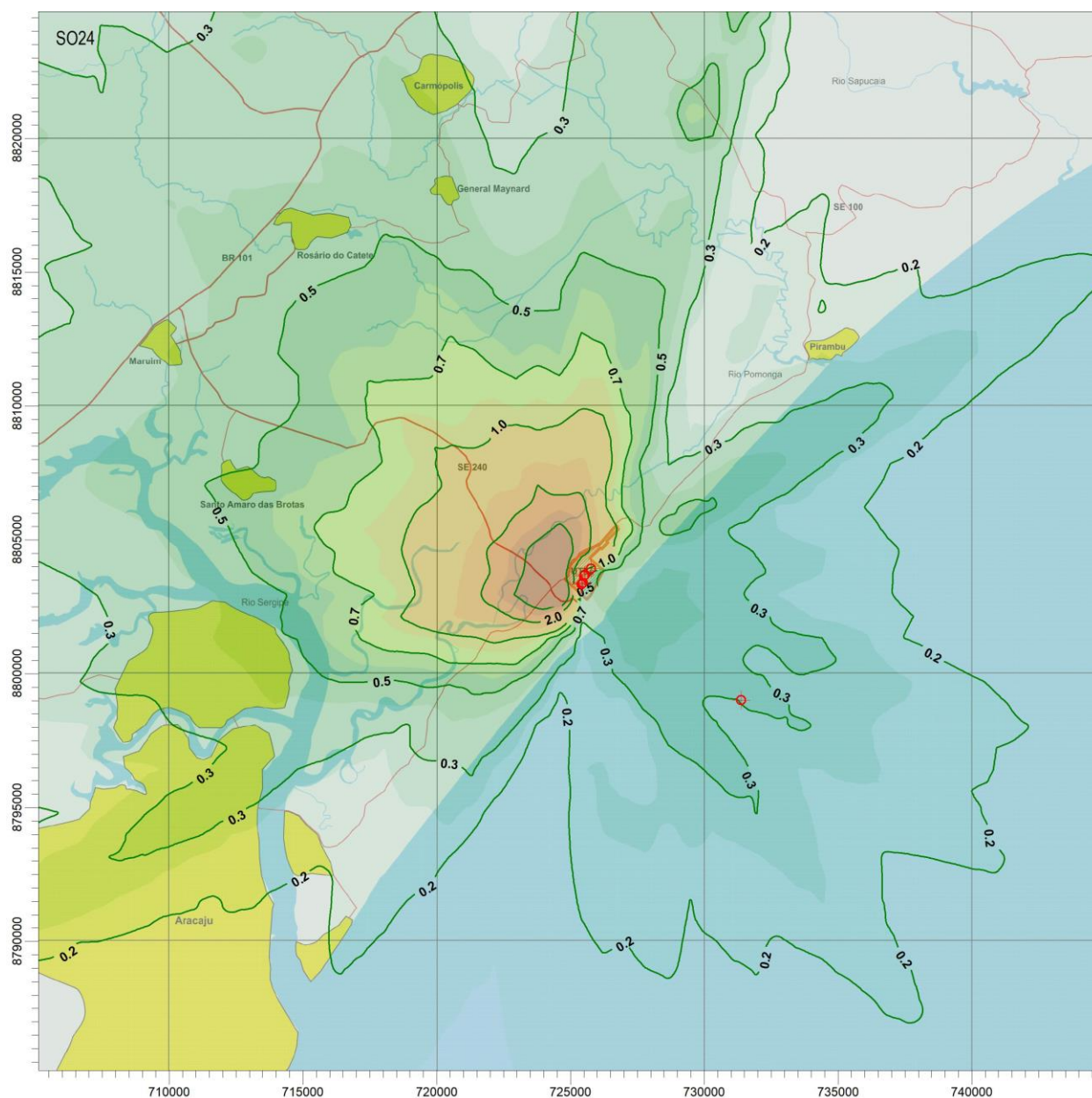
Dióxido de Nitrogênio – Simulação Concentração Anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

(Somente Simulação)

PQAR Resolução CONAMA 03/90: 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

PQAR IFC Guidelines: 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Concentração Máxima: 12,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



Dióxido de Enxofre – Simulação Concentração Diária Máxima ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
(curvas: 0,2, 0,3, 0,5, 0,7, 1, 2 e 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
(Somente Simulação)

Poluente: SO_2

Período: 24 horas

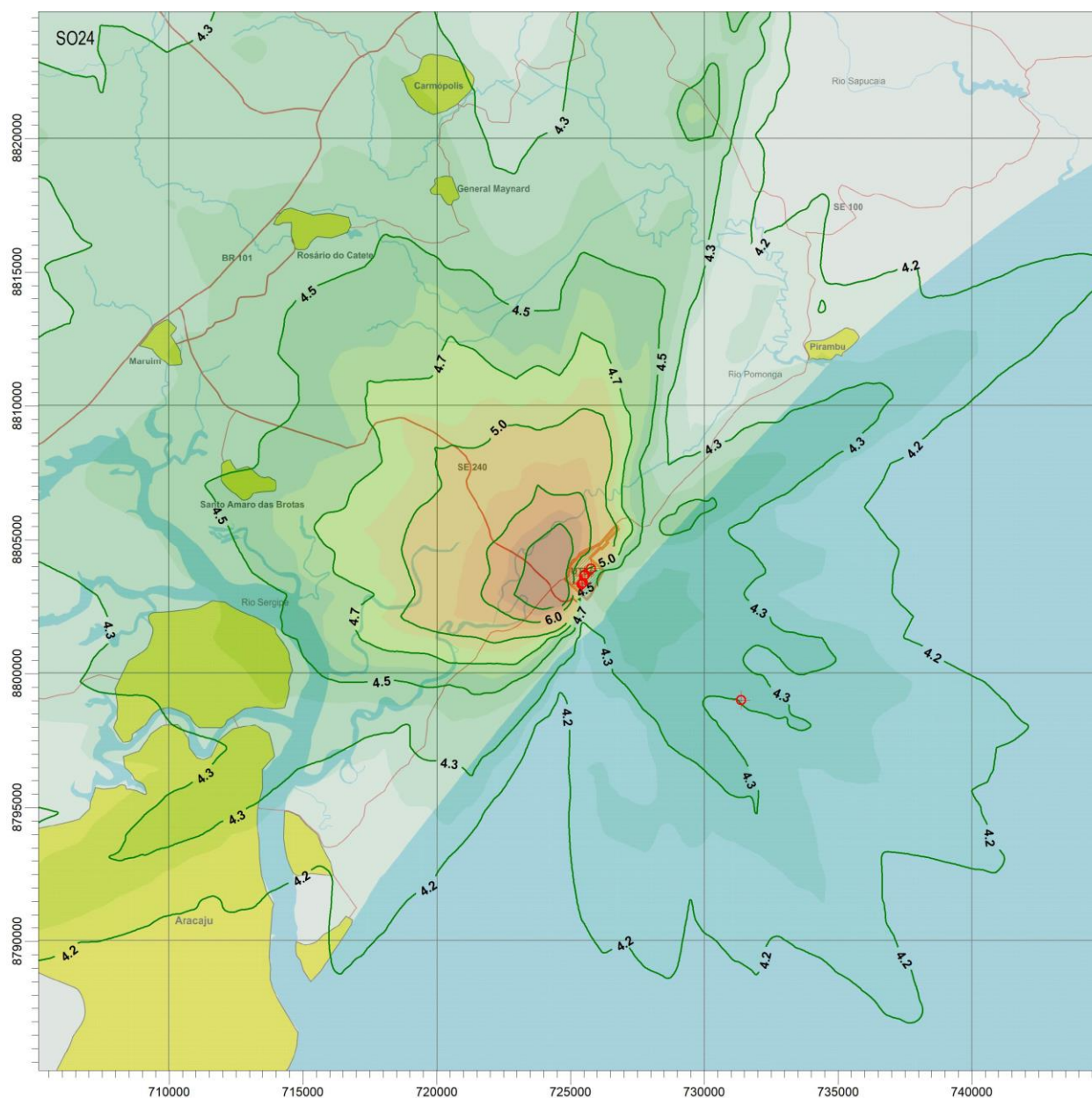
Padrão Qualidade do Ar:

Resolução CONAMA 03/90: $365 \mu\text{g}/\text{m}^3$

IFC Guidelines: $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Concentração Máxima (Cmax): $5,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (fora da unidade)

Coordenada UTM para Cmax: 724.500 e 8.803.250 metros



Dióxido de Enxofre – Concentração Final Diária Máxima ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

(curvas: 4.2, 4.3, 4.5, 4.7, 5, 6 e 7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

(Simulação + Background)

Poluente: SO_2

Período: 24 horas

Padrão Qualidade do Ar:

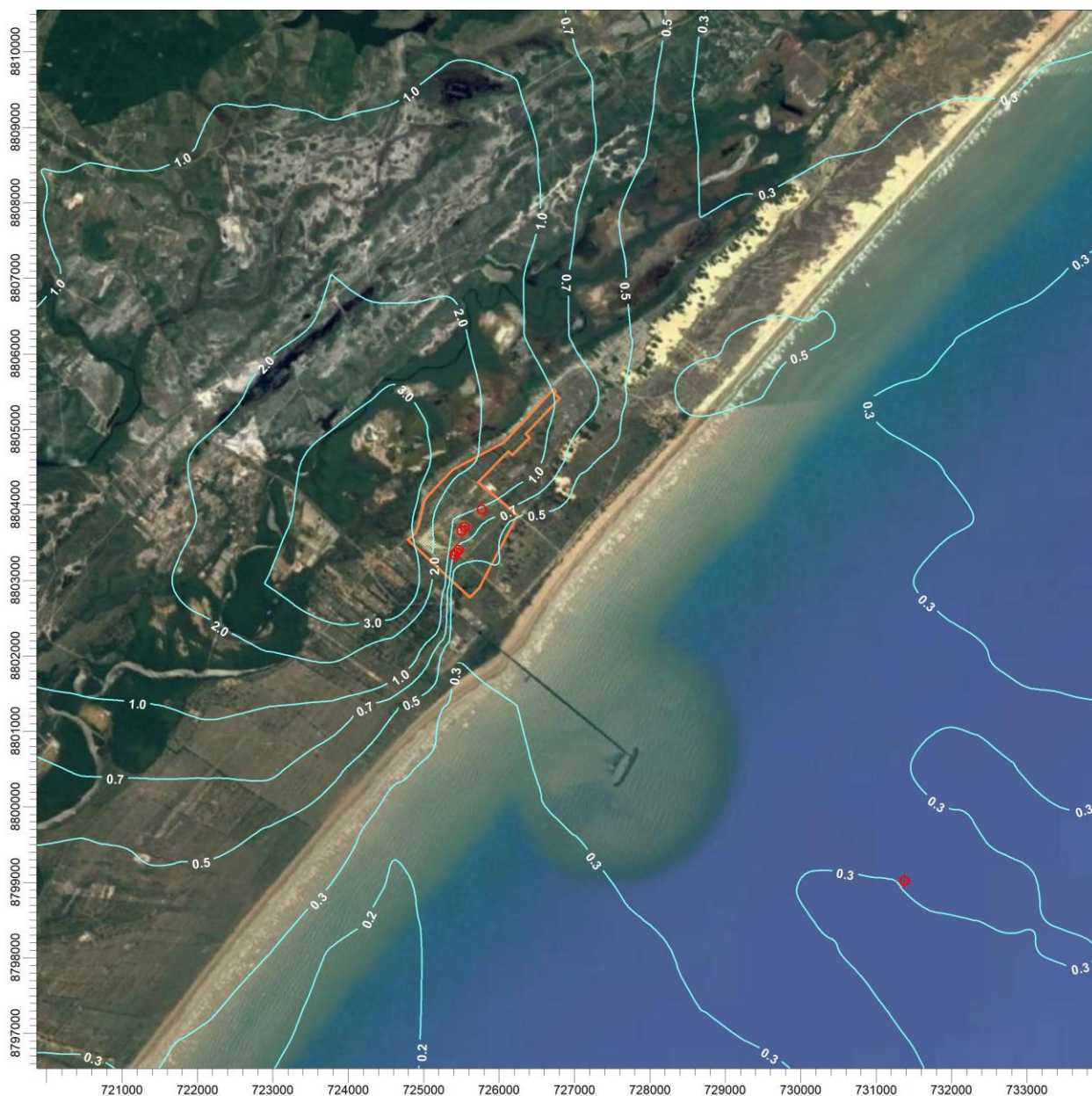
Resolução CONAMA 03/90: 365 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

IFC Guidelines: 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Background: 4,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Concentração Máxima (Cmax): 9,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (fora da unidade)

Coordenada UTM para Cmax: 724.500 e 8.803.250 metros



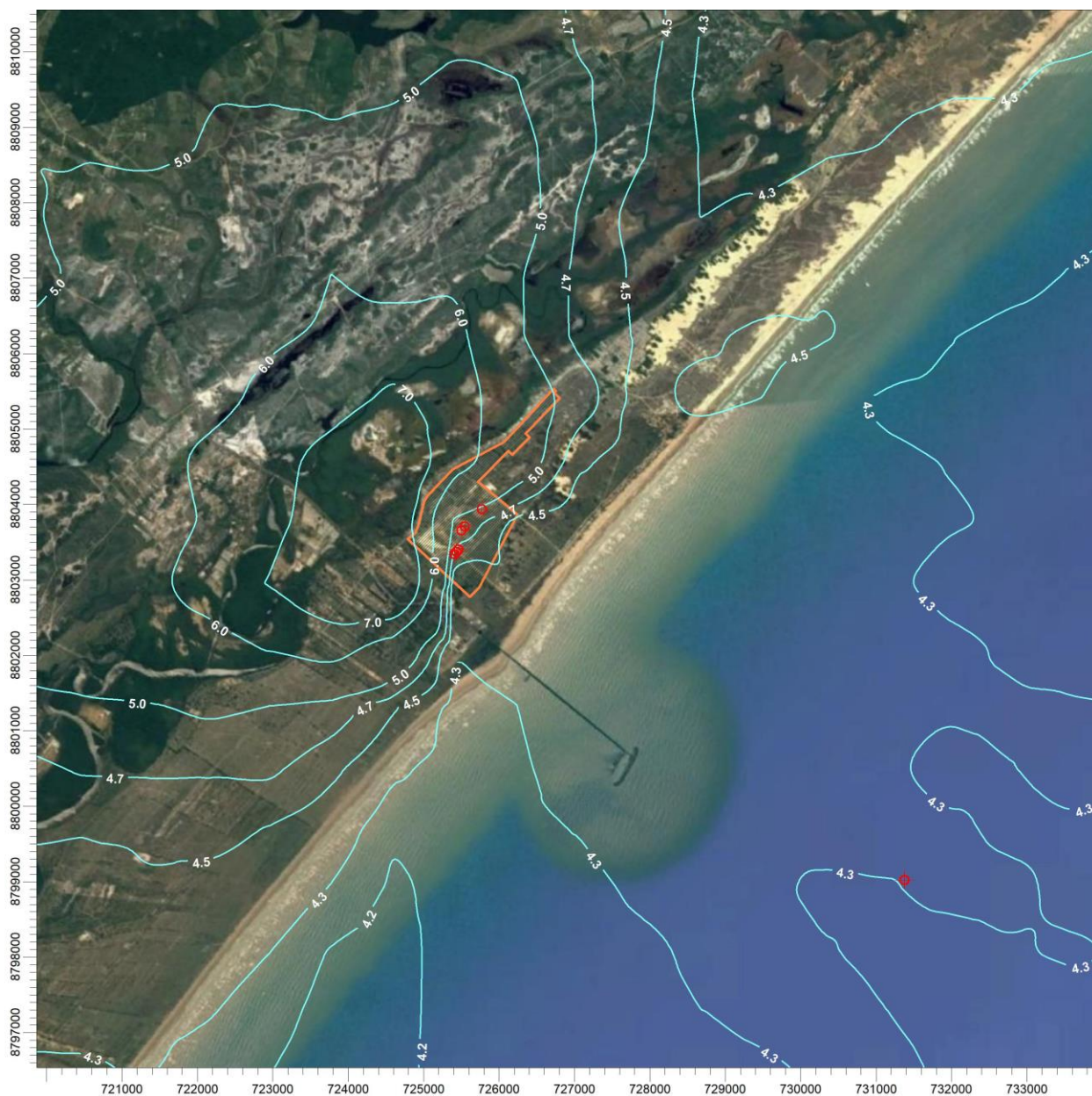
Dióxido de Enxofre – Simulação Concentração Diária Máxima ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

(Somente Simulação)

PQAR Resolução CONAMA 03/90: $365 \mu\text{g}/\text{m}^3$

PQAR IFC Guidelines: $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Concentração Máxima: $5,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$



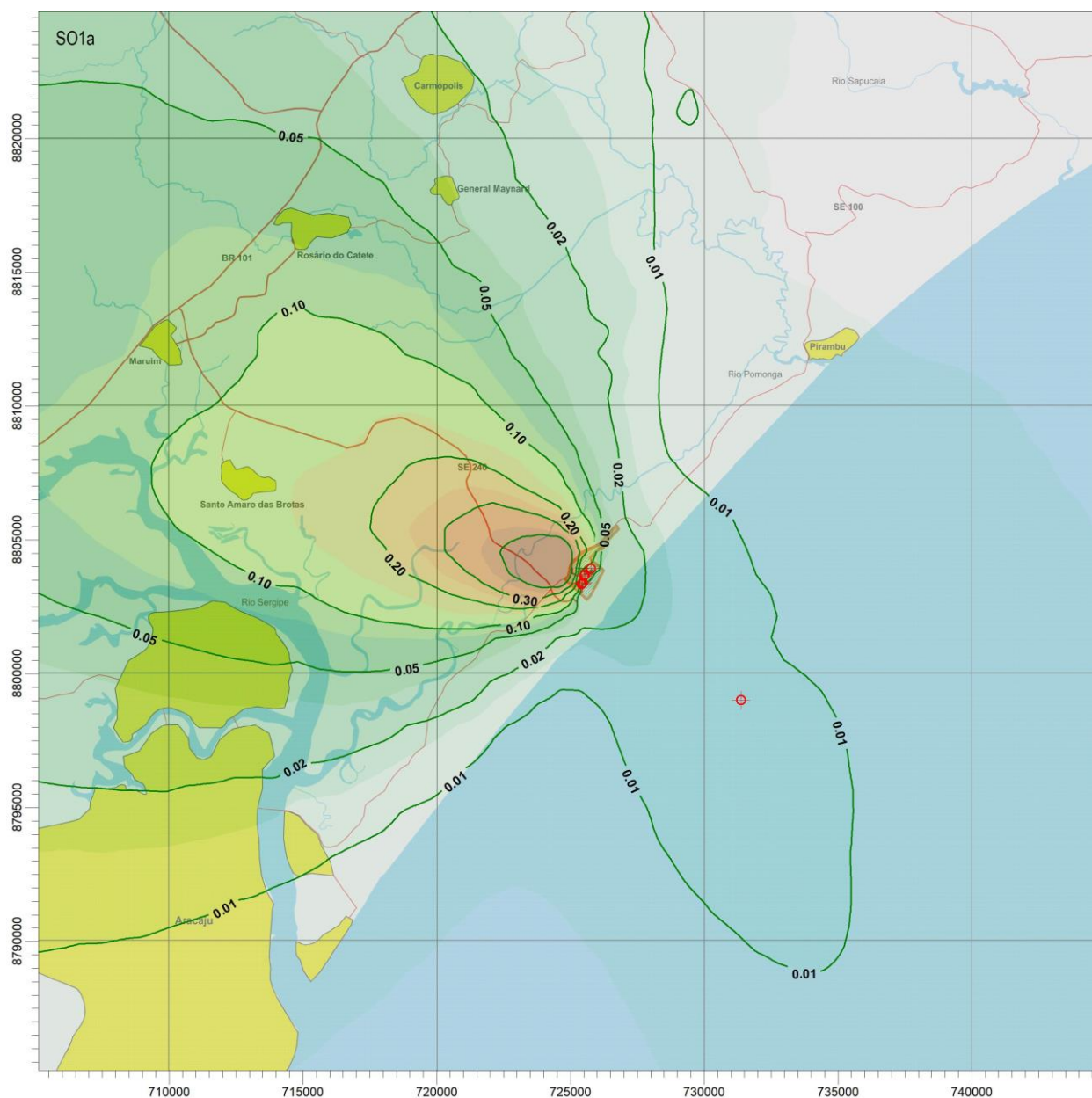
Dióxido de Enxofre – Concentração Final Diária Máxima ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

(Simulação + Background)

PQAR Resolução CONAMA 03/90: $365 \mu\text{g}/\text{m}^3$

PQAR IFC Guidelines: $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Concentração Máxima: $9,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$



Dióxido de Enxofre – Simulação Concentração Anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
 (curvas: 0.003, 0.005, 0.01, 0.02, 0.05, 0.1, 0.2 e 0.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
(Somente Simulação)

Poluente: SO_2

Período: anual

Padrão Qualidade do Ar:

Resolução CONAMA 03/90: 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

IFC Guidelines: - $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Concentração Máxima (C_{max}): 1,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (fora da unidade)

Coordenada UTM para C_{max} : 724.750 e 8.803.750 metros



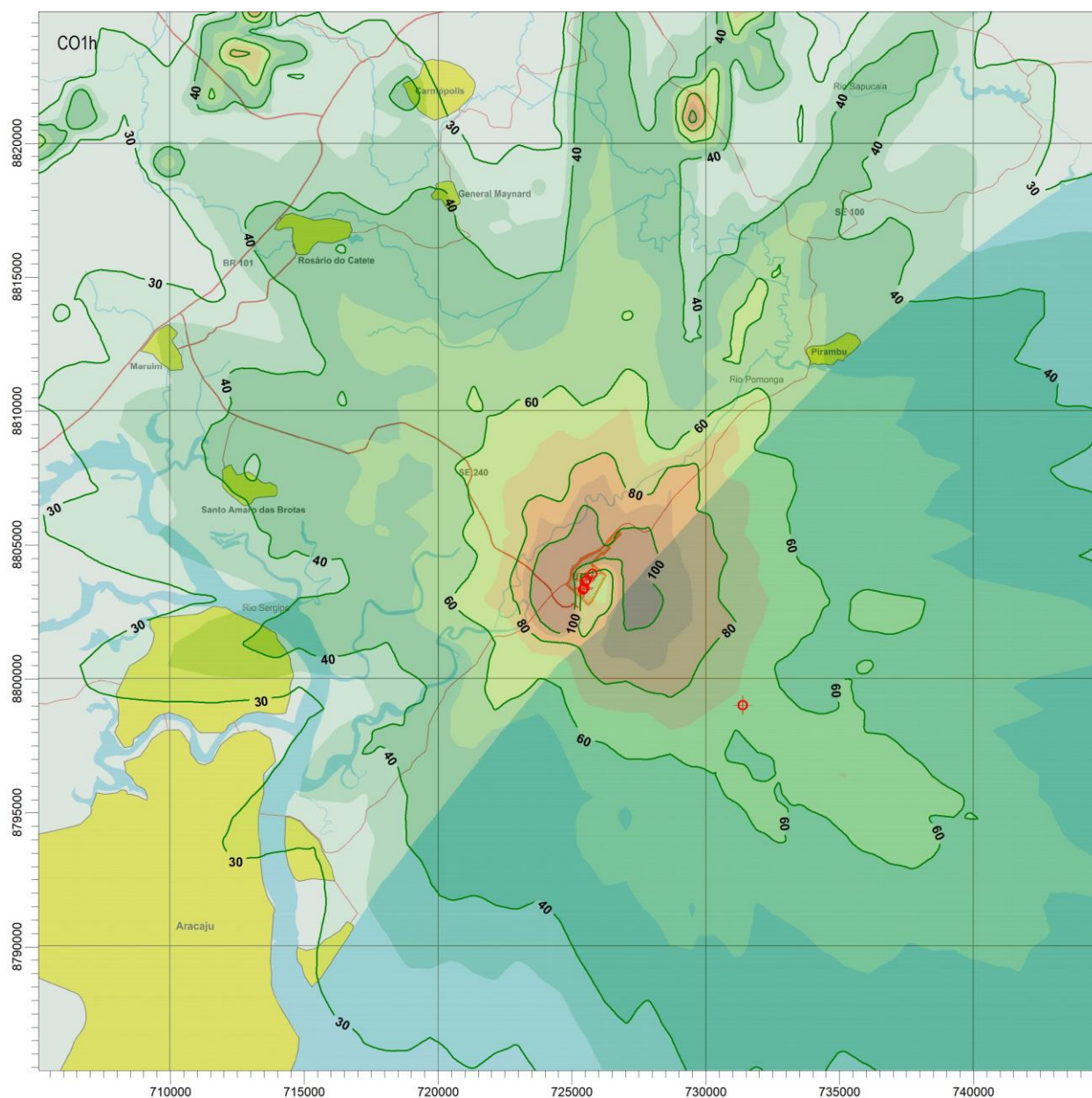
Dióxido de Enxofre – Simulação Concentração Anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

(Somente Simulação)

PQAR Resolução CONAMA 03/90: $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$

PQAR IFC Guidelines: - $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Concentração Máxima: $1,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$



Monóxido de Carbono – Simulação Concentração Horária Máxima ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
(curvas: 30, 40, 60, 80 e 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
(Somente Simulação)

Poluente: CO

Período: 1 hora

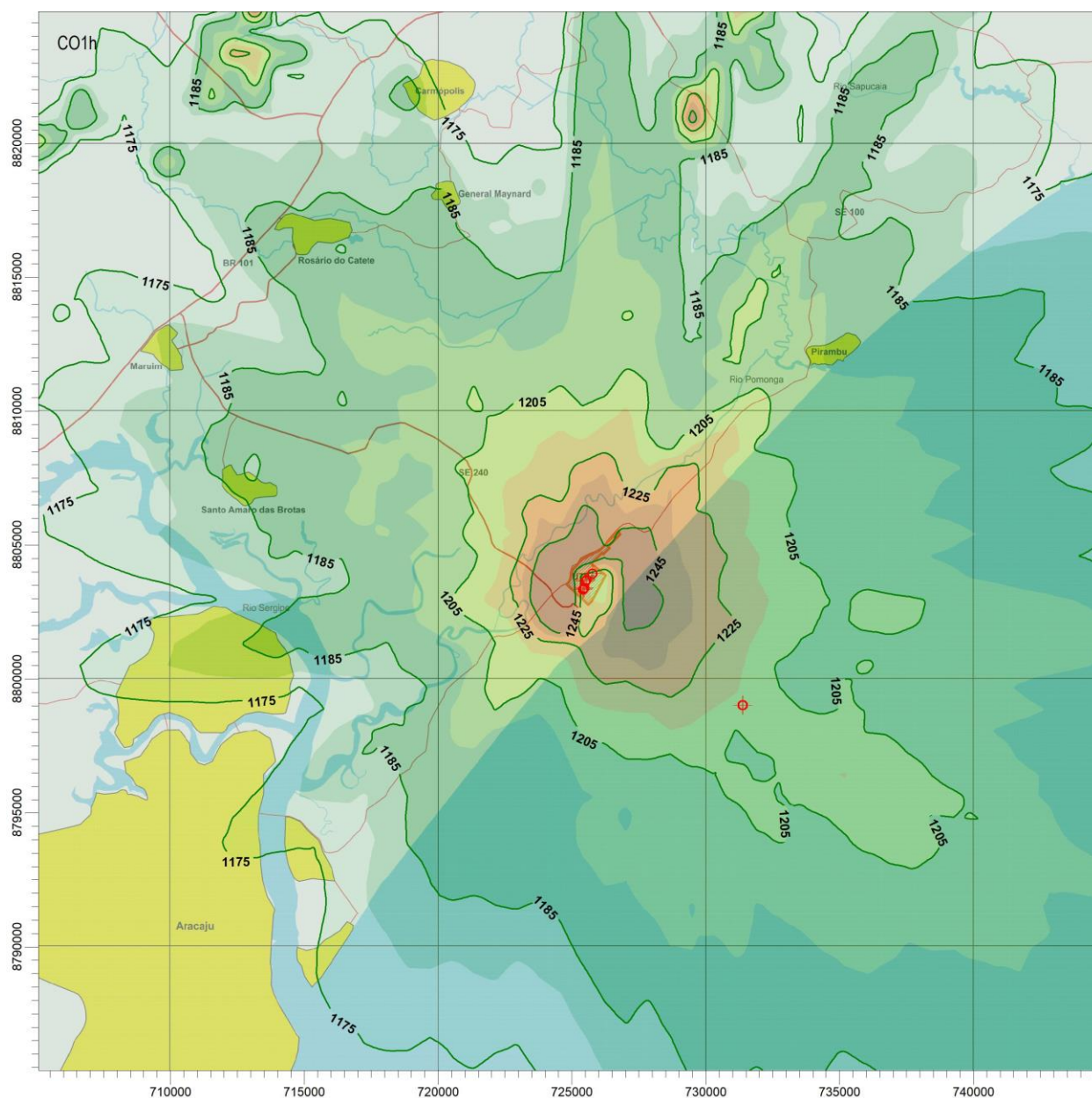
Padrão Qualidade do Ar:

Resolução CONAMA 03/90: 40.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

IFC Guidelines: - $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Concentração Máxima (Cmax): 202,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (fora da unidade)

Coordenada UTM para Cmax: 725.250 e 8.803.000 metros



Monóxido de Carbono – Concentração Final Horária Máxima ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
(curvas: 1175, 1185, 1205, 1225 e 1245 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
(Simulação + Background)

Poluente: CO

Período: 1 hora

Padrão Qualidade do Ar:

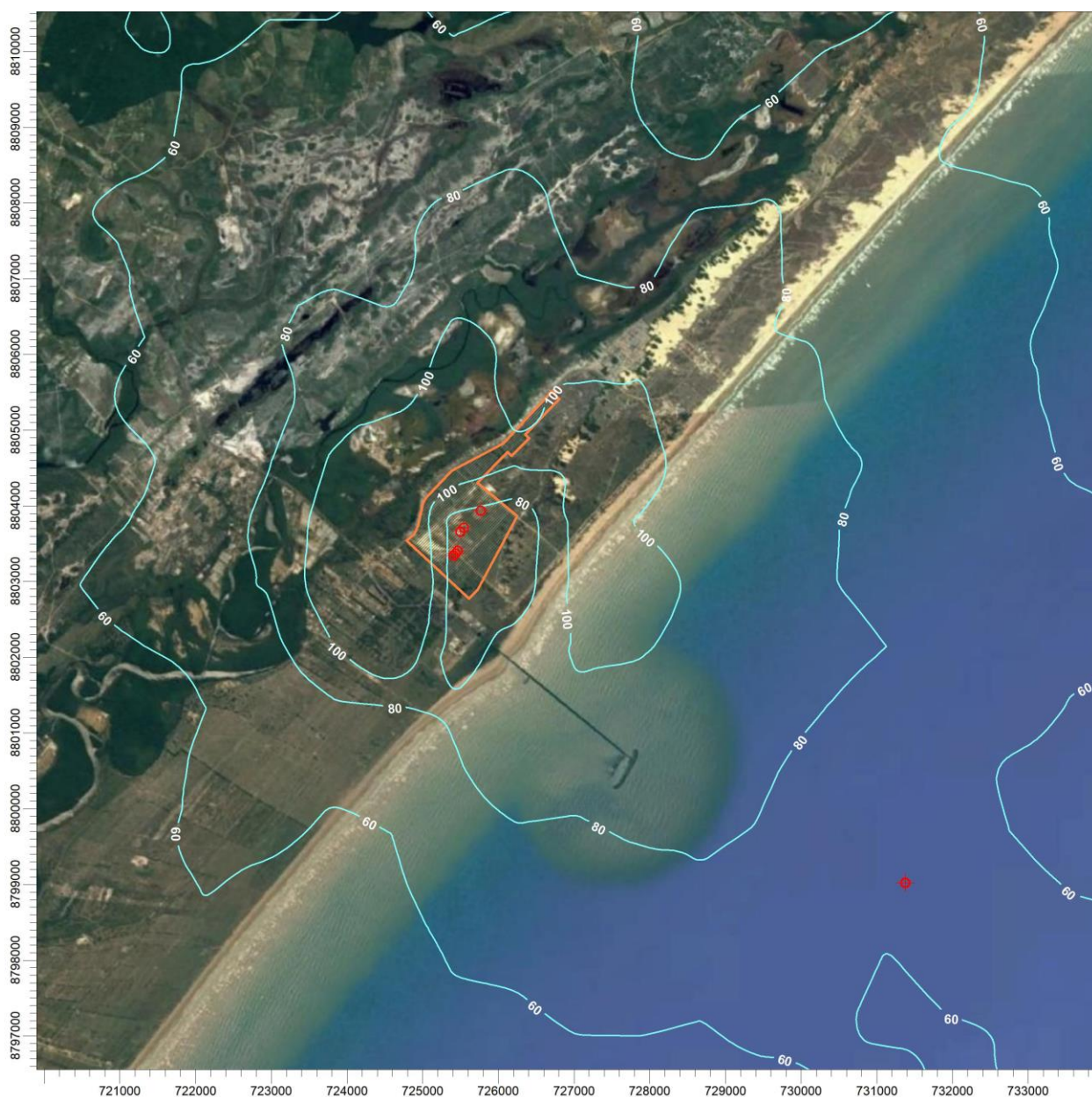
Resolução CONAMA 03/90: 40.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

IFC Guidelines: - $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Background: 1145 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Concentração Máxima (Cmax): 1347,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (fora da unidade)

Coordenada UTM para Cmax: 725.250 e 8.803.000 metros

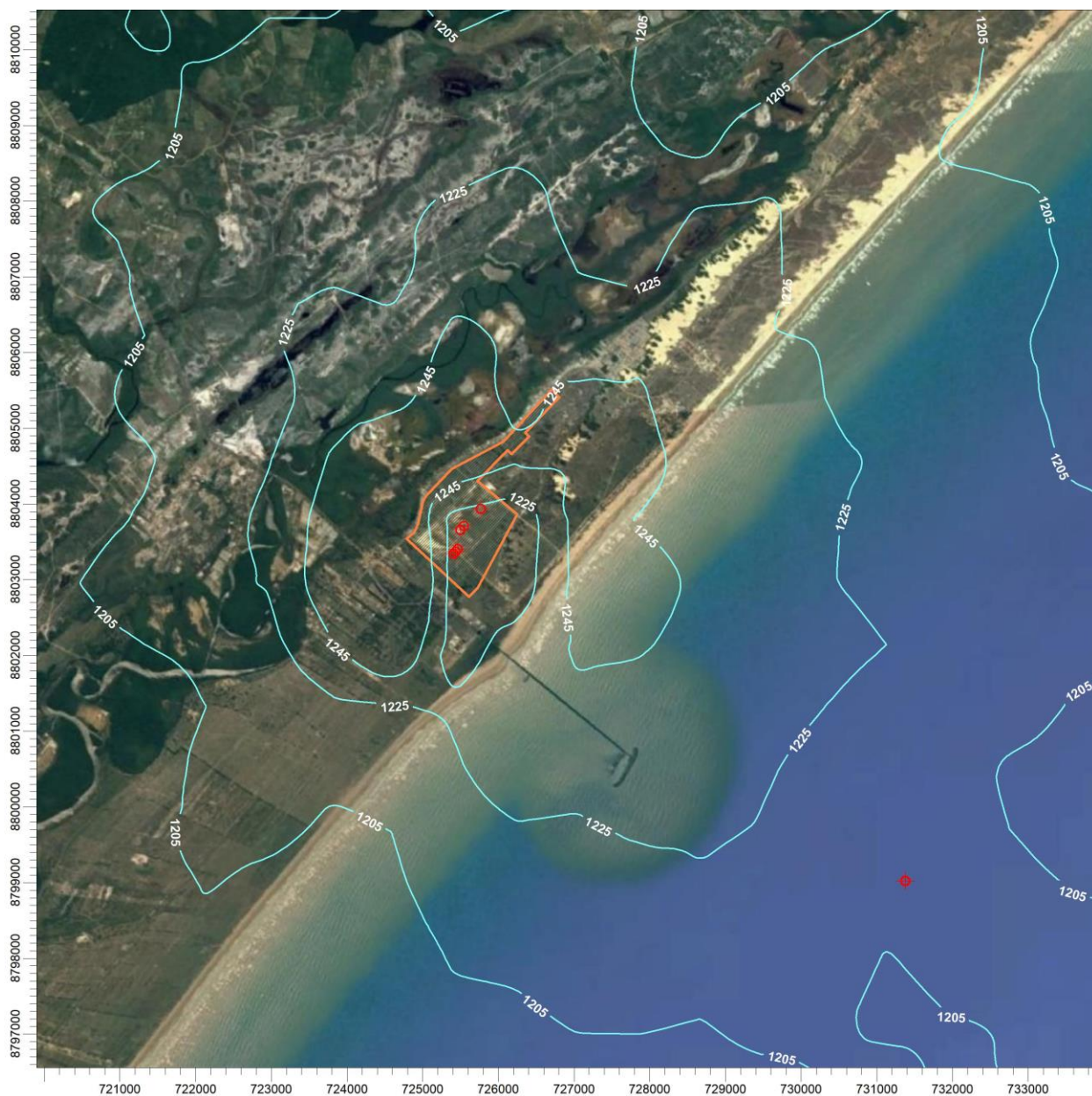


Monóxido de Carbono – Simulação Concentração Horária Máxima ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
(Somente Simulação)

PQAR Resolução CONAMA 03/90: $40.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$

PQAR IFC Guidelines: - $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Concentração Máxima: $202,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$



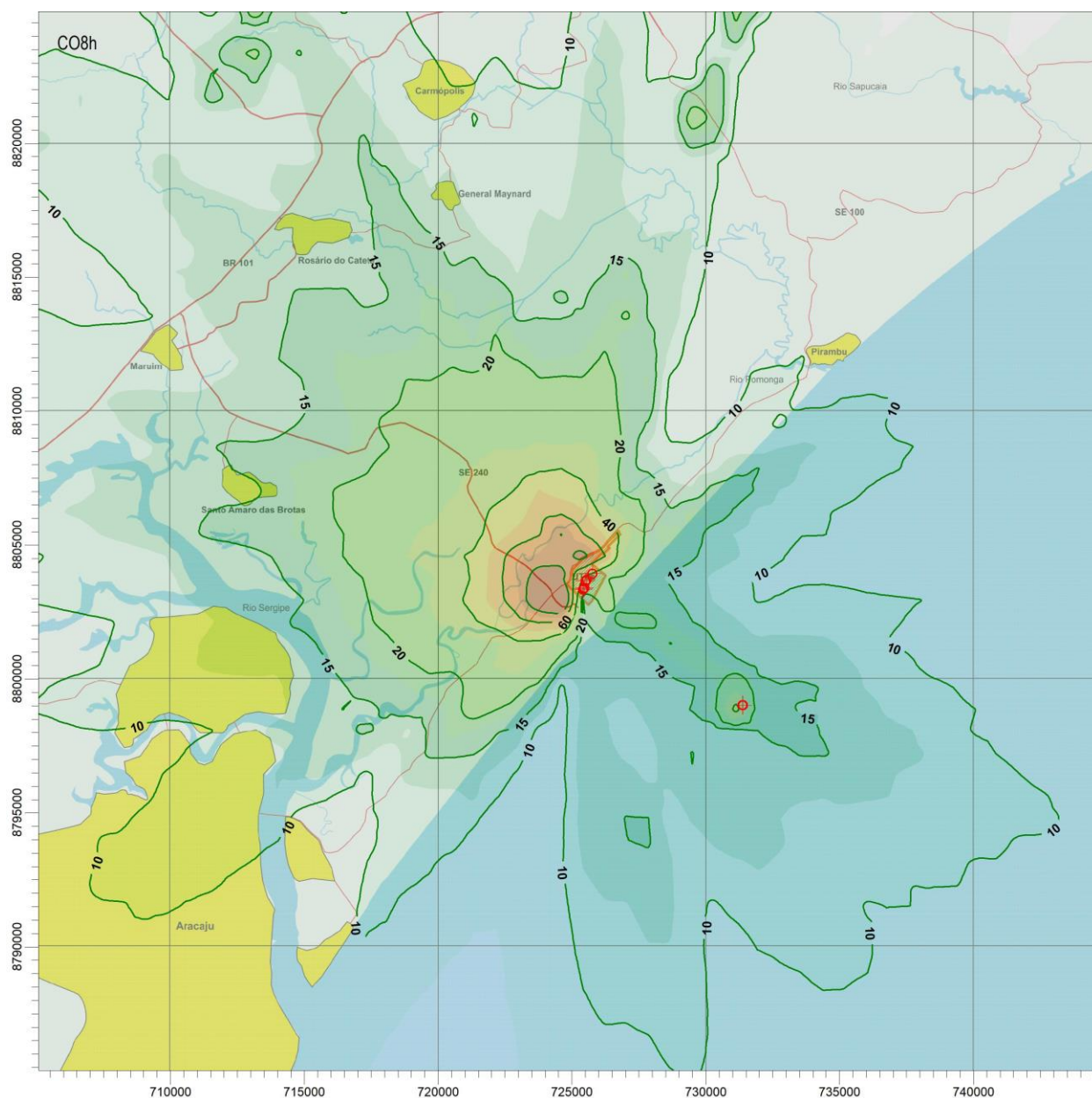
Monóxido de Carbono – Concentração Final Horária Máxima ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

(Simulação + Background)

PQAR Resolução CONAMA 03/90: $40.0000 \mu\text{g}/\text{m}^3$

PQAR IFC Guidelines: - $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Concentração Máxima: $1347,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$



Monóxido de Carbono – Simulação Concentração Máxima Oito Horas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
(curvas: 10, 15, 20, 40, 60 e 90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
(Somente Simulação)

Poluente: CO

Período: 8 horas

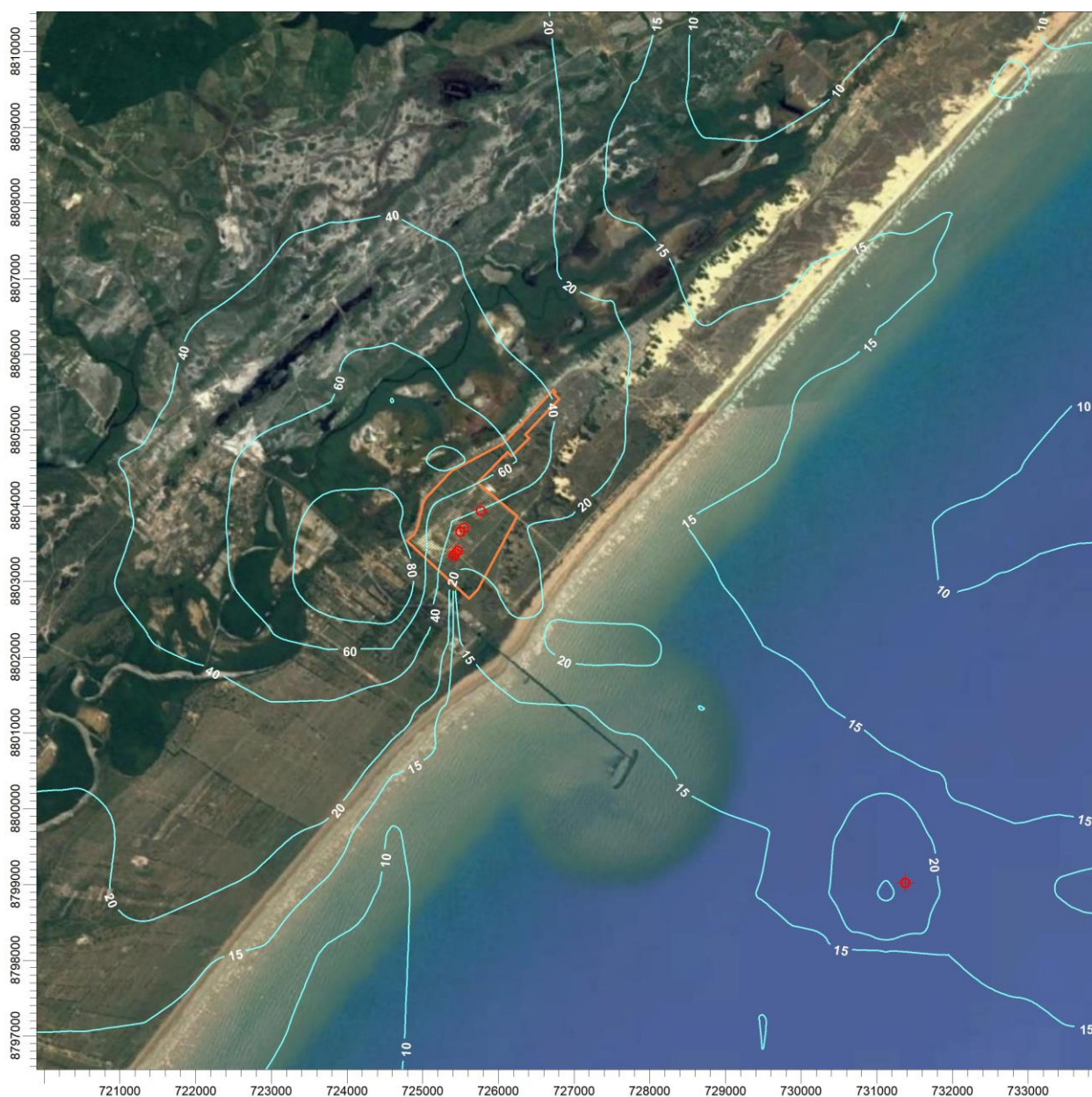
Padrão Qualidade do Ar:

Resolução CONAMA 03/90: 10.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

IFC Guidelines: - $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Concentração Máxima (Cmax): 132,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (fora da unidade)

Coordenada UTM para Cmax: 724.750 e 8.803.000 metros



Monóxido de Carbono – Simulação Concentração Máxima Oito Horas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

(Somente Simulação)

PQAR Resolução CONAMA 03/90: $10.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$

PQAR IFC Guidelines: - $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Concentração Máxima: $132,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Anexos

- Resumo de Resultados da Campanha de Monitoramento da Qualidade do Ar.
- Lakes Environmental – Upper Air Estimator and Reference.
- Referencia: *Fletcher, T. M. and Brown, R.E. "Interaction of na Eulerian Flue Gas Plume with Wind Turbines" University of Glasgow, 2010.*
- "Print Screen" BPIP Aerogeradores

MONITORAMENTO DE AR AMBIENTE E AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO AR

CENTRAIS ELÉTRICAS DE SERGIPE BARRA DOS COQUEIROS - SE

Período de Coleta: 23 de Junho à 23 de Julho/2017

Proposta: MA170612



Elaborado para:



Elaborado por:



São Paulo
10 de Agosto de 2017



4 – RESULTADOS

A Tabela 35, até a Tabela 38 apresentam um sumário dos resultados obtidos.

Tabela 35 – Concentrações de MP₁₀ registradas nas coletas realizadas.

Data	Ponto	Coleta	Massa (g)	Incerteza (g)	Volume (m ³)	Incerteza (m ³)	Concentração - 24h (µg/m ³)	Incerteza (µg/m ³)
23/06/2017	P1	C01	0,0353	0,0003	1521,76	2,99	23,19	0,19
24/06/2017	P1	C02	0,0332	0,0004	1564,07	2,99	21,21	0,29
25/06/2017	P1	C03	0,0368	0,0003	1522,95	3,00	24,19	0,19
26/06/2017	P1	C04	0,0406	0,0004	1523,76	2,99	26,67	0,24
27/06/2017	P1	C05	0,0444	0,0003	1513,18	3,00	29,36	0,20
28/06/2017	P1	C06	0,0404	0,0003	1240,30	3,00	32,60	0,24
29/06/2017	P1	C07	0,0215	0,0003	1504,18	2,99	14,29	0,19
30/06/2017	P1	C08	0,0205	0,0003	1526,02	2,99	13,43	0,19
01/07/2017	P1	C09	0,0236	0,0004	1538,94	2,99	15,36	0,24
02/07/2017	P1	C10	0,0287	0,0004	1507,22	3,00	19,04	0,24
03/07/2017	P1	C11	0,0431	0,0061	1535,15	2,99	28,08	3,98
04/07/2017	P1	C12	0,0374	0,0004	1530,33	2,99	24,44	0,24
05/07/2017	P1	C13	0,0390	0,0004	1560,85	2,99	24,99	0,24
06/07/2017	P1	C14	0,0339	0,0003	1363,69	2,99	24,83	0,21
07/07/2017	P1	C15	0,0375	0,0003	1538,54	2,99	24,35	0,19
08/07/2017	P1	C16	0,0316	0,0003	1545,55	2,99	20,42	0,19
09/07/2017	P1	C17	0,0402	0,0004	1358,98	2,99	29,58	0,27
10/07/2017	P1	C18	0,0366	0,0004	1462,21	2,99	25,01	0,25
11/07/2017	P1	C19	0,0396	0,0004	1542,78	2,99	25,69	0,24
12/07/2017	P1	C20	0,0349	0,0003	1522,61	2,99	22,92	0,19
13/07/2017	P1	C21	0,0415	0,0003	1552,52	2,99	26,71	0,19
14/07/2017	P1	C22	0,0353	0,0004	1541,23	2,99	22,88	0,24
15/07/2017	P1	C23	0,0439	0,0003	1567,94	2,99	28,00	0,19
16/07/2017	P1	C24	0,0477	0,0004	1546,47	2,99	30,87	0,24
17/07/2017	P1	C25	0,0413	0,0003	1557,89	2,99	26,51	0,19
18/07/2017	P1	C26	0,0388	0,0004	1546,87	2,99	25,10	0,24
19/07/2017	P1	C27	0,0626	0,0004	1532,15	2,99	40,88	0,25
20/07/2017	P1	C28	0,0417	0,0005	1542,80	2,99	27,03	0,33
21/07/2017	P1	C29	0,0500	0,0003	1522,27	2,99	32,85	0,20
22/07/2017	P1	C30	0,0292	0,0004	1569,33	2,99	18,61	0,27
Resolução CONAMA nº 03/1990								
Padrão Primário = 150 µg/m ³					Padrão Secundário = 150 µg/m ³			

Obs. ⁽¹⁾ LI = limite inferior de quantificação igual a 2,0 µg/m³.

⁽²⁾ LS = limite superior de quantificação igual a 750,0 µg/m³.

⁽³⁾ A Incerteza é obtida através do método analítico descrito em "Joint Committee for Guides in Metrology (JCGM/WG1). Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement. <http://www.iso.org/sites/JCGM/JCGM-introduction.htm>".

Tabela 36 – Concentrações de MP_{2,5} registradas nas coletas realizadas.

Data	Ponto	Coleta	Massa (g)	Incerteza (g)	Volume (m ³)	Incerteza (m ³)	Concentração - 24h (µg/m ³)	Incerteza (µg/m ³)
23/06/2017	P1	C01	0,0063	0,0004	1595,22	2,41	3,95	0,23
24/06/2017	P1	C02	0,0070	0,0004	1633,34	2,42	4,31	0,26
25/06/2017	P1	C03	0,0078	0,0004	1598,65	2,42	4,88	0,23
26/06/2017	P1	C04	0,0088	0,0004	1591,55	2,42	5,55	0,28
27/06/2017	P1	C05	0,0090	0,0003	1590,60	2,42	5,64	0,18
28/06/2017	P1	C06	0,0072	0,0006	1295,10	2,42	5,53	0,45
29/06/2017	P1	C07	0,0056	0,0004	1564,55	2,41	3,56	0,23
30/06/2017	P1	C08	0,0037	0,0004	1595,84	2,41	2,30	0,23
01/07/2017	P1	C09	0,0046	0,0004	1606,91	2,42	2,88	0,22
02/07/2017	P1	C10	0,0058	0,0003	1574,89	2,42	3,70	0,18
03/07/2017	P1	C11	0,0075	0,0006	1598,74	2,42	4,71	0,36
04/07/2017	P1	C12	0,0077	0,0004	1596,75	2,41	4,82	0,23
05/07/2017	P1	C13	0,0064	0,0004	1624,59	2,41	3,92	0,26
06/07/2017	P1	C14	0,0065	0,0003	1419,21	2,41	4,60	0,20
07/07/2017	P1	C15	0,0069	0,0004	1603,92	2,41	4,28	0,26
08/07/2017	P1	C16	0,0067	0,0004	1613,30	2,41	4,17	0,22
09/07/2017	P1	C17	0,0083	0,0004	1608,62	2,42	5,14	0,22
10/07/2017	P1	C18	0,0068	0,0007	1528,33	2,42	4,46	0,47
11/07/2017	P1	C19	0,0065	0,0004	1609,30	2,42	4,02	0,22
12/07/2017	P1	C20	0,0057	0,0003	1589,63	2,41	3,56	0,18
13/07/2017	P1	C21	0,0070	0,0004	1619,36	2,41	4,34	0,22
14/07/2017	P1	C22	0,0060	0,0004	1609,78	2,41	3,73	0,26
15/07/2017	P1	C23	0,0066	0,0004	1637,70	2,41	4,01	0,22
16/07/2017	P1	C24	0,0082	0,0004	1617,90	2,42	5,05	0,22
17/07/2017	P1	C25	0,0066	0,0004	1624,39	2,41	4,06	0,22
18/07/2017	P1	C26	0,0057	0,0004	1615,59	2,41	3,51	0,22
19/07/2017	P1	C27	0,0084	0,0004	1599,84	2,41	5,24	0,24
20/07/2017	P1	C28	0,0055	0,0004	1589,63	2,41	3,48	0,28
21/07/2017	P1	C29	0,0067	0,0004	1611,41	2,42	4,16	0,22
22/07/2017	P1	C30	0,0044	0,0003	1638,59	2,41	2,69	0,17
Resolução CONAMA nº 03/1990					OMS/ONU/2005 – Diretriz ⁴			
Padrão Não Definido					25 µg/m ³			

Obs. ⁽¹⁾ LI = limite inferior de quantificação igual a 2,0 µg/m³.

⁽²⁾ LS = limite superior de quantificação igual a 750,0 µg/m³.

⁽³⁾ A Incerteza é obtida através do método analítico descrito em "Joint Committee for Guides in Metrology (JCGM/WG1). Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement. <http://www.iso.org/sites/JCGM/JCGM-introduction.htm>".

⁽⁴⁾ WHO – World Health Organization Guideline http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/69477/1/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_eng.pdf.

Tabela 37 – Concentração de SO₂ e NO₂ no ar ambiente durante o período

Ponto e Coleta	Período das coletas de 24h	Concentração, tempo amostral e unidade	
		SO ₂ – 24 h (µg/m ³)	NO ₂ – 1h (µg/m ³)
P1 – C01	23/06/2017	< L.Q.	< L.Q.
P1 – C02	24/06/2017	< L.Q.	< L.Q.
P1 – C03	25/06/2017	< L.Q.	< L.Q.
P1 – C04	26/06/2017	< L.Q.	< L.Q.
P1 – C05	27/06/2017	< L.Q.	< L.Q.
P1 – C06	28/06/2017	< L.Q.	< L.Q.
P1 – C07	29/06/2017	< L.Q.	< L.Q.
P1 – C08	30/06/2017	< L.Q.	< L.Q.
P1 – C09	01/07/2017	< L.Q.	< L.Q.
P1 – C10	02/07/2017	< L.Q.	< L.Q.
P1 – C11	03/07/2017	< L.Q.	< L.Q.
P1 – C12	04/07/2017	< L.Q.	< L.Q.
P1 – C13	05/07/2017	< L.Q.	< L.Q.
P1 – C14	06/07/2017	< L.Q.	< L.Q.
P1 – C15	07/07/2017	< L.Q.	< L.Q.
P1 – C16	08/07/2017	< L.Q.	< L.Q.
P1 – C17	09/07/2017	< L.Q.	< L.Q.
P1 – C18	10/07/2017	< L.Q.	< L.Q.
P1 – C19	11/07/2017	< L.Q.	< L.Q.
P1 – C20	12/07/2017	< L.Q.	< L.Q.
P1 – C21	13/07/2017	< L.Q.	< L.Q.
P1 – C22	14/07/2017	< L.Q.	< L.Q.
P1 – C23	15/07/2017	< L.Q.	< L.Q.
P1 – C24	16/07/2017	< L.Q.	< L.Q.
P1 – C25	17/07/2017	< L.Q.	< L.Q.
P1 – C26	18/07/2017	< L.Q.	< L.Q.
P1 – C27	19/07/2017	< L.Q.	< L.Q.
P1 – C28	20/07/2017	< L.Q.	< L.Q.
P1 – C29	21/07/2017	< L.Q.	< L.Q.
P1 – C30	22/07/2017	< L.Q.	< L.Q.
Resolução CONAMA nº 03/1990			
Padrão Primário (µg/m ³)		365	320
Padrão Secundário (µg/m ³)		100	190

Obs1 LI = limite inferior de quantificação SO₂ igual a 4,0 µg/m³Obs2 LI = limite inferior de quantificação NO₂ igual a 9,0 µg/m³;

Obs3 Laudos analíticos em anexo



Tabela 38 – Concentração horária máxima de O₃ e CO no ar ambiente durante o período de coleta

Ponto e Coleta	Período das coletas de 24h	Concentração máxima diária	
		O ₃ – 1h (µg/m ³)	CO – 1h (ppm)
P1 – C01	23/06/2017	159,3	< L.Q.
P1 – C02	24/06/2017	158,2	< L.Q.
P1 – C03	25/06/2017	152,8	< L.Q.
P1 – C04	26/06/2017	126,4	< L.Q.
P1 – C05	27/06/2017	118,5	< L.Q.
P1 – C06	28/06/2017	155,9	< L.Q.
P1 – C07	29/06/2017	60,9	< L.Q.
P1 – C08	30/06/2017	83,4	< L.Q.
P1 – C09	01/07/2017	86,0	< L.Q.
P1 – C10	02/07/2017	76,5	< L.Q.
P1 – C11	03/07/2017	79,2	< L.Q.
P1 – C12	04/07/2017	75,9	< L.Q.
P1 – C13	05/07/2017	77,6	< L.Q.
P1 – C14	06/07/2017	73,3	< L.Q.
P1 – C15	07/07/2017	71,1	< L.Q.
P1 – C16	08/07/2017	76,2	< L.Q.
P1 – C17	09/07/2017	78,2	< L.Q.
P1 – C18	10/07/2017	75,5	< L.Q.
P1 – C19	11/07/2017	70,1	< L.Q.
P1 – C20	12/07/2017	74,1	< L.Q.
P1 – C21	13/07/2017	69,6	< L.Q.
P1 – C22	14/07/2017	75,4	< L.Q.
P1 – C23	15/07/2017	68,6	< L.Q.
P1 – C24	16/07/2017	65,9	< L.Q.
P1 – C25	17/07/2017	70,4	< L.Q.
P1 – C26	18/07/2017	60,9	< L.Q.
P1 – C27	19/07/2017	54,6	< L.Q.
P1 – C28	20/07/2017	57,8	< L.Q.
P1 – C29	21/07/2017	56,2	< L.Q.
P1 – C30	22/07/2017	56,8	< L.Q.
Resolução CONAMA nº 03/1990			
Padrão Primário (µg/m ³)		160	35
Padrão Secundário (µg/m ³)		160	35

Obs1. As concentrações de O₃ e CO são referentes às máximas concentrações médias de 1h obtidas durante cada dia.

Obs2 LI = limite inferior de quantificação CO igual a 1ppm

ADDENDUM

**USER'S GUIDE FOR THE
AERMOD METEOROLOGICAL PREPROCESSOR
(AERMET)
(EPA-454/B-03-002, November 2004)**

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY
Office of Air Quality Planning and Standards
Air Quality Assessment Division
Research Triangle Park, North Carolina 27711

December 2012

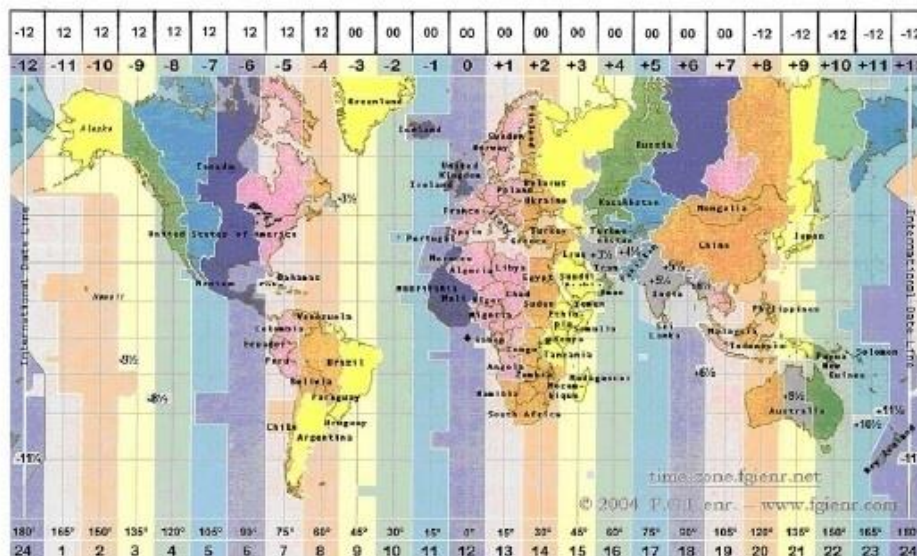


Figure 2-1. Time Zone Boundaries (with preferred sounding time across top)

Table 2-1. Sounding Selection by Time Zone

Time Zone	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0
Sounding	-12	12	12	12	12	12	12	12	12	00	00	00	00
Time Zone	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	--
Sounding	00	00	00	00	00	00	00	-12	-12	-12	-12	-12	--

2.2.1 Adjusting the Default Sounding Window

By default, AERMET uses a 1-hour window before and after the preferred sounding time as the search window to locate a sounding to use. Beginning with version 11059, the user can expand (or contract) this window by using the optional UAWINDOW keyword under the METPREP pathway in Stage 3. The syntax of the UAWINDOW keyword is as follows:

Force 3.0 - [raob_soundsings7018.tmp.txt]

UTC

Natal Airport

1	254	0	1	JAN	2012
1	99999	99999	99999	99999	99999
2	700	1065	994	111	99999
3	SBNT				99999
4	10080	52	268	230	120
5	10000	109	264	224	110
6	9782	300	99999	99999	110
7	9780	303	99999	99999	110
8	9449	600	99999	99999	110
9	9290	747	204	201	99999
10	9250	792	202	193	105
11	9135	900	99999	99999	105
12	8860	1162	99999	99999	90
13	8822	1200	99999	99999	90
14	8500	1520	168	129	100
15	8360	1659	99999	99999	100
16	8270	1751	148	123	99999
17	8222	1800	99999	99999	80
18	8100	1926	99999	99999	80
19	8040	1988	154	94	99999
20	7933	2100	99999	99999	85
21	7860	2178	99999	99999	85
22	7700	2351	99999	99999	95
23	7655	2400	99999	99999	95
24	7630	2427	134	-16	99999
25	7290	2807	106	-23	99999
26	7200	2910	114	-136	99999
27	7130	2994	99999	99999	0
28	7126	3000	99999	99999	0
29	7000	3155	98	-122	105
30	6877	3300	99999	99999	65
31	6830	3354	99999	99999	65
32	6629	3600	99999	99999	70
33	6389	3900	99999	99999	85
34	6340	3956	99999	99999	85
35	6160	4169	99999	99999	110
36	6159	4200	99999	99999	110
37	5936	4500	99999	99999	110
38	5910	4524	99999	99999	110
39	5880	4578	28	-372	99999
40	5113	5700	99999	99999	115
41	5090	5736	99999	99999	115
42	5000	5880	-47	-337	130
43	4923	6000	99999	99999	130
44	4900	6018	99999	99999	130
45	4900	6018	99999	99999	130

Messages

Output

1: 1

Insert

Normal

Force 3.0 - [raob_soundsings13091.tmp.txt]

UTC

Salvador Airport

1	254	12	1	JAN	2014
1	99999	99999	99999	99999	99999
2	200	1316	917	154	99999
3	9999				99999
4	10090	51	258	235	0
5	99999	27000	99999	99999	80
6	10070	68	274	204	99999
7	10000	130	266	206	60
8	9880	235	99999	99999	65
9	9808	300	99999	99999	65
10	9650	441	99999	99999	65
11	9477	600	99999	99999	60
12	9320	745	99999	99999	60
13	9250	812	206	159	65
14	9155	900	99999	99999	70
15	9140	914	99999	99999	70
16	8500	1451	154	146	99999
17	8500	1538	154	140	30
18	8390	1648	142	135	99999
19	8080	1963	132	100	99999
20	7949	2100	99999	99999	40
21	7930	2120	130	30	99999
22	7900	2151	99999	99999	40
23	7667	2400	99999	99999	50
24	7630	2442	99999	99999	50
25	7520	2561	100	55	99999
26	7430	2661	112	-38	99999
27	7250	2864	90	55	99999
28	7100	3037	108	-132	99999
29	7000	3166	102	-198	95
30	6950	3223	99999	99999	90
31	6887	3300	99999	99999	90
32	6640	3600	99999	99999	90
33	6600	3639	99999	99999	90
34	6450	3824	99999	99999	110
35	6403	3900	99999	99999	110
36	6320	4007	72	-258	99999
37	6169	4200	99999	99999	35
38	6100	4290	99999	99999	35
39	5723	4800	99999	99999	65
40	5690	4846	99999	99999	65
41	5000	5880	-77	-357	55
42	4930	5988	99999	99999	55
43	4923	6000	99999	99999	55
44	4900	6018	99999	99999	55
45	4900	6018	99999	99999	55

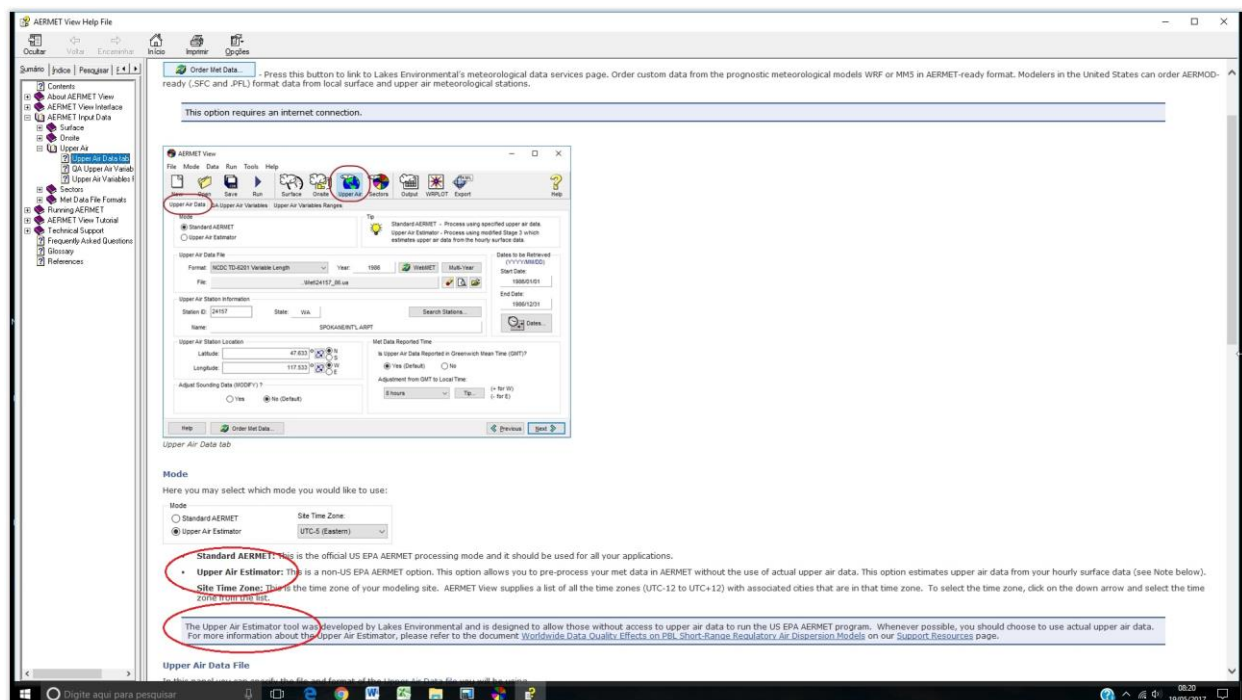
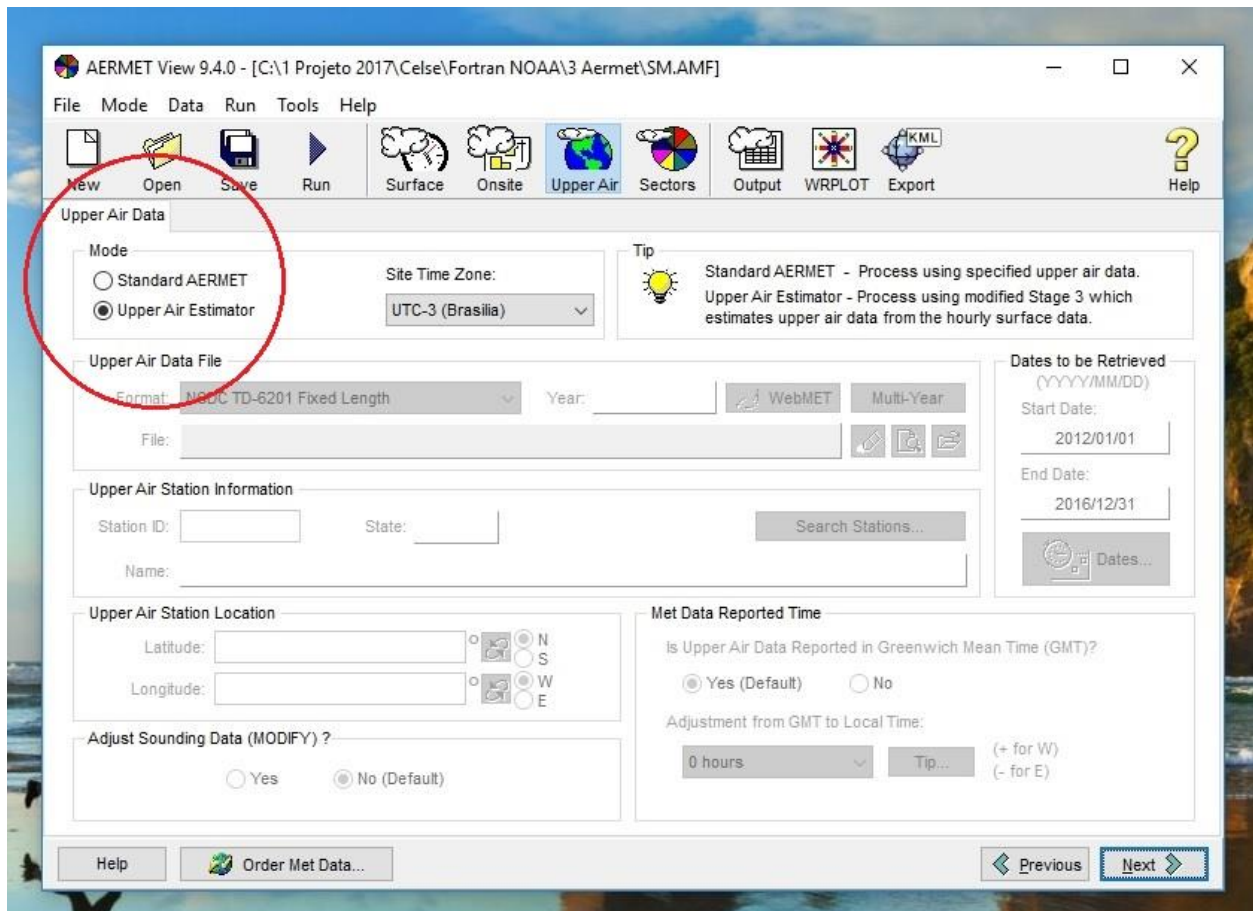
Messages

Output

44: 168

Insert

Normal



Worldwide Data Quality Effects on PBL Short-Range Regulatory Air Dispersion Models

Jesse L. Thé¹, Russell Lee², Roger W. Brode³

¹ Lakes Environmental Software, 450-2 Philip St., Waterloo, ON, N2L 5J2, Canada

² Russell Lee, 17 Cobblebridge Court, Durham, NC, 27713, USA

³ PES, Inc., 5001 S. Miami Blvd., Suite 300, RTP, NC, 27709, USA

Keywords: Air Dispersion, Worldwide Meteorological Data

1. INTRODUCTION

This paper evaluates the impact of estimated input data on the accuracy of AERMOD, a state-of-the-art Planetary Boundary Layer (PBL) air dispersion model. The development of AERMOD was initiated as a collaboration between the U.S. EPA and the American Meteorological Society, to develop a model using modern knowledge on planetary boundary layer theory, which would serve as a replacement to Pasquill-Gifford stability class-based plume dispersion models. AERMOD contains recently developed building downwash, plume rise, and terrain treatment algorithms.

AERMOD (Cimorelli, et al., 1998; U.S. EPA 1998a,b) uses the PBL similarity theory to account for dispersion induced by surface heating and friction. Simulating these effects requires surface information on roughness length, moisture content, and reflectivity. Additionally, complete upper atmosphere sounding is required to determine the depth of the mixing layer, and to establish partial plume penetration through the top of the mixing layer. The terrain treatment in AERMOD uses a methodology that dispenses with the definition of flat, intermediate, and complex terrain. This methodology was extensively tested against field databases. However, worldwide coverage of terrain features is not as detailed and accurate as those used in the validation studies. These parameters may not be readily available in various parts of the globe. Therefore, estimation tools were created to approximate these parameters.

There are implicit assumptions built into AERMOD to reduce the volume of detailed information required to run the model. The validation studies performed by the U.S. EPA and third parties indicate that AERMOD works well with high quality input data. The authors conducted a sensitivity study on the upper air data required by AERMOD, to assess the impact on results caused by substituting mixing heights derived from surface meteorological data.

In the conclusion, an analysis is performed on the impact that estimated parameters versus accurately measured parameters have on output results. Subsequently, the findings on the worldwide applicability of AERMOD, and add-on enhancements, are presented.

2.0 DATA REQUIREMENTS

The underlying methodology of the air dispersion model (ADM) defines the data requirements. Furthermore, the type of air modeling defines the amount, quality and type of data. However, short-range air dispersion models require a minimum set of meteorological data, terrain elevation information, and the site surrounding land cover description.

2.1 Meteorological Data

Air dispersion models require surface meteorological data measurements, such as wind speed, wind direction, dry bulb temperature, and cloud cover. Note that some meteorological parameters can be inferred from primary observations. This is the case of net solar radiation, which is calculated from cloud cover, time, latitude, and longitude. Worldwide quality of meteorological data is very uneven. Figure 1 below presents the missing wind speed data, a critical element for any air dispersion model.

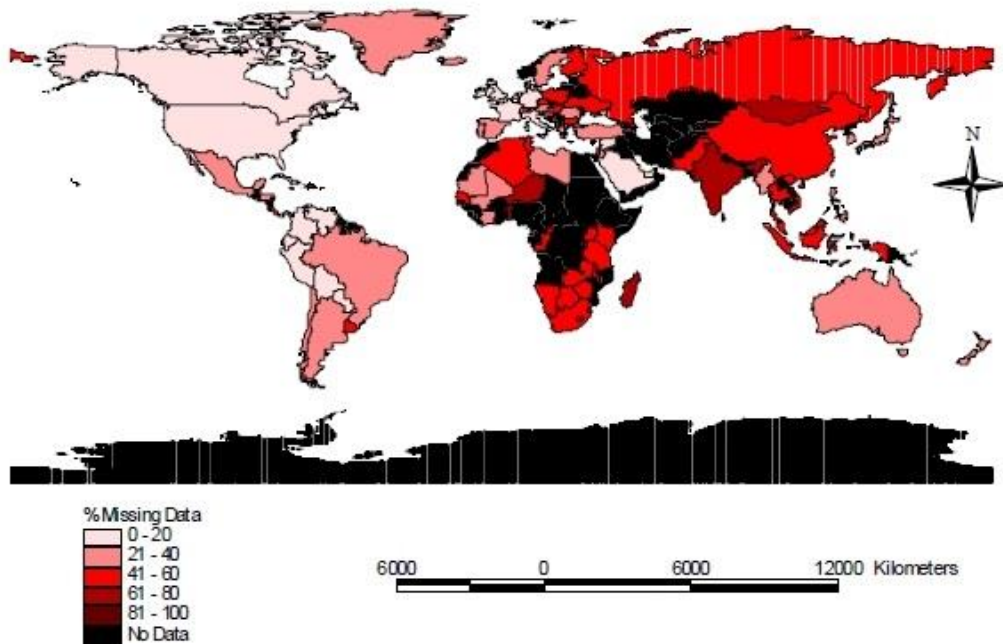


Figure 1 – Survey of missing wind speed data from the World Meteorological Office

Upper air observations are very important to define the depth of the mixing layer and effective transport parameters. However, these data are not available in most countries. An alternative to the measured upper air soundings is presented in Section 3.

2.2 Terrain Data

Terrain data is imperative for sites where flat terrain assumptions fail. This data can be entered by hand into a model by reading hardcopy topographical maps. However, this alternative is not desirable since it is labor intensive and error prone. Digital Terrain Maps (DTMs) are available for the entire globe, in different resolution and file formats. In a few locations, such as North America and Western Europe, there are DTMs with 30m spacing resolution.

For those sites without access to local digital survey, the United States Geological Survey (USGS) provides global DTM coverage in a 1km resolution. Such resolution may not be adequate for many air models. To alleviate this limitation, the authors implemented a bi-linear terrain interpolation to

create a sub-grid resolution of 100m. Figure 2 presents a comparison of Spokane, WA represented by a 100m surveyed digital map and a 100m bi-linear interpolation from the USGS.

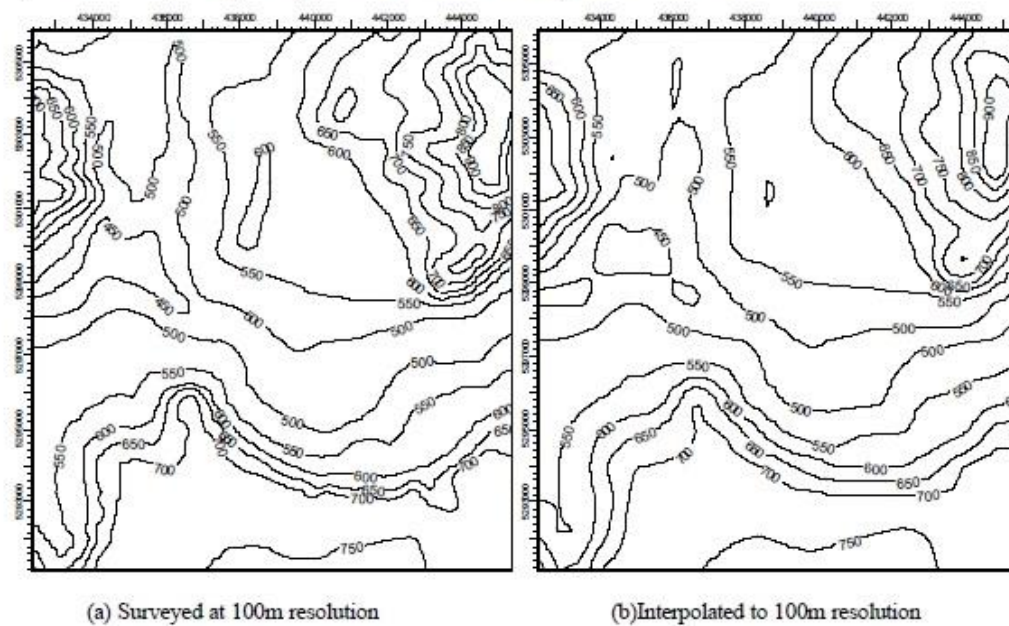


Figure 2 – Surveyed (a) and interpolated (b) digital terrain map at Spokane, WA.

3.0 UPPER AIR DATA

AERMOD requires hourly convective boundary layer heights (mixing heights), which it obtains from its meteorological preprocessor, AERMET (U.S. EPA 1998b). AERMET, in turn, calculates mixing heights based on upper air meteorological soundings. In many parts of the world, upper air meteorological data are difficult to obtain, if they exist at all. Various techniques have been proposed to estimate convective mixing heights based on surface meteorological data alone. The authors adapted a technique developed by Thomson (1992, 2000) for use with AERMET, and will be referred in this paper as the “Lakes UA Estimation Tool.”

The use of such an estimation technique is potentially useful in areas where upper air meteorological data are not available. This section presents some comparisons between ground concentration model calculations using mixing heights derived from the Lakes UA Estimation Tool and mixing heights obtained by AERMET using upper air meteorological soundings. A comparison using both flat and complex terrain was performed using 60-meter high stacks, with stack parameters set at reasonable values for a boiler. Additional comparisons were performed using 10, 20 and 40 meter stacks in flat terrain. These stacks had minimal plume rise.

Figure 3 shows a comparison between the convective mixing heights obtained from the Lakes UA Estimation Tool and those obtained by AERMET from upper air soundings.

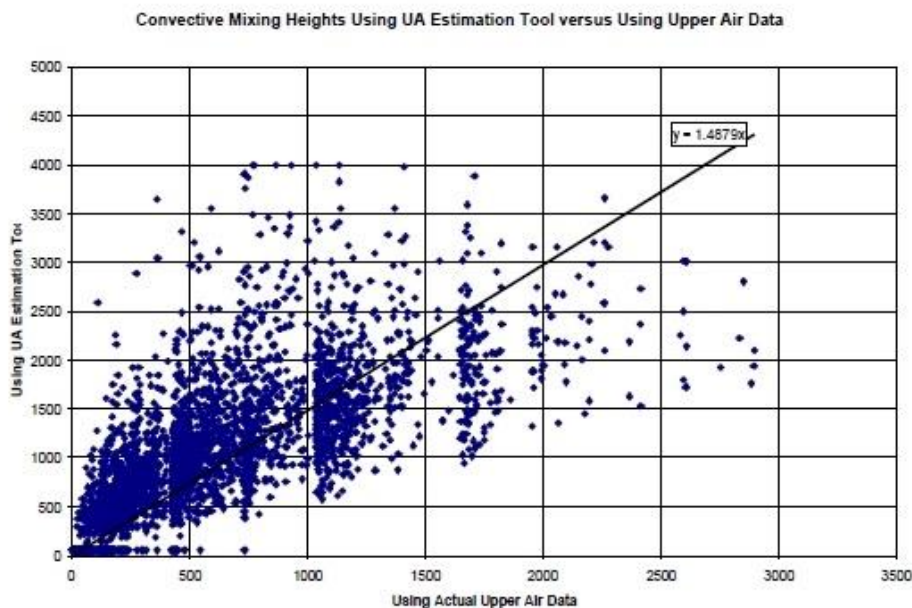


Figure 3 – Mixing Height comparison for Dodge City, KS.

While there is a clear correlation between the two, there is also considerable scatter. In addition, the UA Estimation Tool over predicts the mixing heights, on average, by nearly 50%. Any estimation of convective mixing heights without knowledge of the upper air temperature profile is likely to introduce errors. However, modeled maximum concentrations, as required in regulatory modeling exercises, are not highly sensitive to mixing height. Tables 1 and 2 compare the effects this has on the highest 1-hour concentration and the highest annual average concentration.

Table 1. Comparisons for flat terrain and stacks 10, 20 and 40 meters high

Stack (m)	Averaging Time	ID	Concentration		Difference
			Actual UA Data	UA Estimation Tool	
10	Highest 1-hour	10m-1hr max	160.3344	144.8079	-9.68%
20	Highest 1-hour	20m-1hr max	67.79181	61.61466	-9.11%
40	Highest 1-hour	40m-1hr max	24.00544	23.82276	-0.76%
10	Highest Annual	10m-annual	12.32166	12.25646	-0.53%
20	Highest Annual	20m-annual	2.40309	2.37659	-1.10%
40	Highest Annual	40m-annual	0.38407	0.38248	-0.41%

Table 1 shows comparisons for flat terrain, and stack heights of 10, 20 and 40 meters. This table shows a tendency for under-predictions of concentrations of less than about 10% for this data set when the UA Estimation Tool is used in place of actual upper air data. The results are surprising in face of a considerable scatter in the estimation of the mixing heights.

Table 2 shows similar comparisons for flat and complex terrain for a 60-meter stack. In these cases, differences were much less than one percent.

Table 2. Comparisons for flat and complex terrain and 60-meter stacks

Terrain	Averaging Time	Actual UA Data	UA Estimation Tool	% Difference
COMPLEX	Highest 1-hour	66.80038	66.80038	0.00%
COMPLEX	Highest Annual	0.84344	0.84615	0.32%
FLAT	Highest 1-hour	66.6935	66.6935	0.00%
FLAT	Highest Annual	0.8306	0.83172	0.13%

4.0 CONCLUSIONS

This paper indicates that there is worldwide availability of data for short-range regulatory air dispersion models. However, the data may not be of good quality. For sites located in regions where the coverage for terrain and meteorological data is poor or absent, the authors implemented data improvement methodologies. The limited comparisons presented in this paper indicate that the UA Estimation Tool is sufficiently accurate to be a viable approach to providing mixing heights for modeling purposes using models such as AERMOD. However, if such data are available, they should be used.

5.0 REFERENCES

- Cimorelli, et al., 1998. *AERMOD, description of model formulation*, U.S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, NC. Available from the Internet website URL: <http://www.epa.gov/scram001>.
- U.S. EPA, 1998a. *User's Guide for the AMS/EPA Regulatory Model—AERMOD*, revised draft, U.S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, NC. Available from the Internet website URL: <http://www.epa.gov/scram001>.
- U.S. EPA, 1998b. *User's guide for the AERMOD meteorological preprocessor*, revised draft, U.S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, NC. Available from the Internet website URL: <http://www.epa.gov/scram001>.
- Thomson, D.J., 1992. "An analytical solution of Tennekes' equations for the growth of boundary-layer depth," *Boundary Layer Meteorology*, Vol 59: 227-229
- Thomson, D.J., 2000. "The met input module," *ADMS 3 Technical Specification*. Cambridge Environmental Research Consultants. Available from the website URL: <http://www.cerc.co.uk/software/publications.htm#>.



Fletcher, T.M. and Brown, R.E. (2010) Interaction of an Eulerian flue gas plume with wind turbines. In: 29th ASME Wind Energy Symposium, 4-7 January 2010, Orlando, Florida.

<http://strathprints.strath.ac.uk/27359/>

Strathprints is designed to allow users to access the research output of the University of Strathclyde. Copyright © and Moral Rights for the papers on this site are retained by the individual authors and/or other copyright owners. You may not engage in further distribution of the material for any profitmaking activities or any commercial gain. You may freely distribute both the url (<http://strathprints.strath.ac.uk>) and the content of this paper for research or study, educational, or not-for-profit purposes without prior permission or charge. You may freely distribute the url (<http://strathprints.strath.ac.uk>) of the Strathprints website.

Any correspondence concerning this service should be sent to The Strathprints Administrator: eprints@cis.strath.ac.uk

Interaction of an Eulerian Flue Gas Plume with Wind Turbines

Timothy M. Fletcher* and Richard E. Brown†

University of Glasgow, Glasgow, G12 8QQ, United Kingdom

The reduced availability of sites with the requisite wind resource, planning permission and public acceptance for the placement of wind turbines poses a significant challenge to future expansion of the wind energy industry. Developers increasingly wish to site large turbines in close proximity to industrial plants, but there is uncertainty amongst environmental protection agencies on how best to measure and regulate the impact that wind turbines may have on the dispersion of the gases that are often emitted into the atmosphere from such plants. Several simplified wind turbine-flue stack configurations have been simulated using the Vorticity Transport Model. This model provides a high-fidelity representation of the vortical flow structure within both the wind turbine wake and the plume, and is able to capture the re-direction and dispersion of the plume that occurs due to interaction with the wind turbine. The impingement of the plume on the wind turbine is shown to disrupt the wake structure downwind of the wind turbine, and may induce additional unsteady loading on the turbine rotor. The velocity deficit downwind of the wind turbine influences the rate at which the plume propagates downwind, and results in an increase in the concentration of plume material (which may include pollutant gas and particulates) around the wind turbine. This localized increase in plume concentration is shown to be sensitive to the thrust coefficient at which the wind turbine is operated. The results presented in this paper show that environmental protection agencies are justified in their concerns regarding the placement of wind turbines near to industrial plants, and suggests strongly that the interaction between wind turbines and gas plumes should be investigated further.

Nomenclature

C_T	rotor thrust coefficient	u_b	flow velocity relative to blade
g	gravitational constant	V_∞	wind speed
p	pressure	λ	tip speed ratio, $\Omega R/V_\infty$
R	rotor radius	ν	kinematic viscosity
S	vorticity source	ρ	density
S_{bc}	baroclinic vorticity source	Ω	rotational speed of the wind turbine
T	temperature	ω	vorticity
u	flow velocity	ω_b	bound vorticity

I. Introduction

During the last 20 years the global wind energy industry has grown considerably and many countries now source electricity, to an appreciable extent, from wind turbines. These turbines can be located either in small clusters or in very large wind farms. In smaller countries, a reduction in the availability of sites with the requisite wind resource, planning permission and public acceptance for the placement of wind turbines poses a significant challenge to future expansion of the wind energy industry. Increasingly, wind farm developers wish to place large turbines on sites that are in close proximity to urban or industrialized areas, and even on brownfield sites. In particular, there are an increasing number of cases in which it has been proposed to

*Post-doctoral Research Assistant, t.fletcher@eng.gla.ac.uk, Tel: +44 (0)141 330 6479, Fax: +44 (0)141 330 5560

†Mechan Professor of Engineering, r.brown@eng.gla.ac.uk

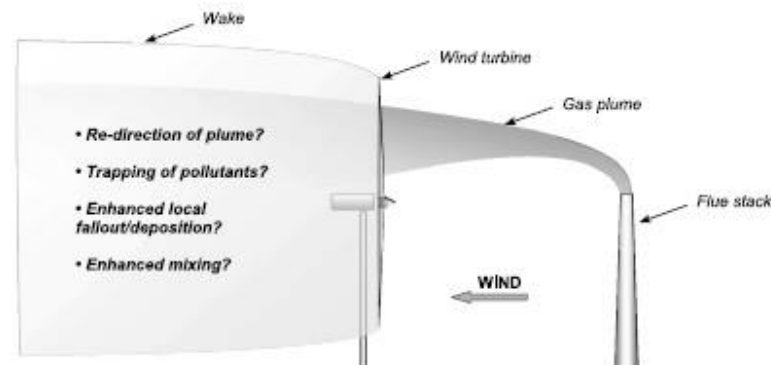


Figure 1. Schematic highlighting some of the potential problems that may arise from the gas plume – wind turbine interaction indicated. Note that the distance between the wind turbine and the flue stack is very much contracted compared to typical practice.

build wind turbines near to industrial plants that emit gases via flue stacks, and environmental protection agencies are unsure how to proceed in specific circumstances where there is concern that the presence of the wind turbines may have an impact on the dispersion of these gases into the surrounding environment.

Figure 1 is a schematic highlighting some of the potential problems that may arise from the interaction between a wind turbine and the gas exhaust from a flue stack. The extraction of power from the wind using turbines results in significant changes in the velocity field surrounding the turbine, and in particular, the formation of a large wake that persists for many rotor diameters downwind. The strong vortices within the wake that is developed by the wind turbine will induce changes in the trajectory of any interacting plume, depending on the portion of the wind turbine rotor that the plume impinges upon. Both the helical structure of the vortices formed downwind of the tips of the turbine blades, and the disordered wake that forms following the breakdown of the tip vortices that invariably occurs several rotor diameters downwind of the turbine, will lead to enhanced mixing of the plume with the surrounding air. The velocity deficit that exists within the wake will lead to the pollutants being concentrated downwind of the turbine, and could possibly enhance locally the fallout and subsequent deposition of particulates that are transported within the plume.

The emission of pollutant gases and their subsequent dispersion within the atmosphere surrounding their source is of concern to, amongst others, public health agencies, urban planning authorities and the developers of industrial plants. As the availability of computers has increased in recent decades, a range of numerical pollutant dispersal models have been developed. These include the ADMS (Atmospheric Dispersion Modeling System) developed in the UK by Cambridge Environmental Research Consultants, and AERMOD, developed jointly by the American Meteorological Society and the US Environmental Protection Agency (see Ref. 1 for an evaluation of both the ADMS and AERMOD approaches). Whilst ADMS and AERMOD have proved to be highly successful when modeling pollutant dispersion, they contain no rigorous capability to model the interaction of airborne pollutants with wind turbines. The objective of this paper is to highlight some of the basic physical characteristics of the interaction between flue gas plumes and wind turbines. The approach to the coupled simulation of both the wind turbine and the plume that is described here has the potential to encapsulate many of the pertinent physical influences on the propagation of gas plumes, and can lend significant insight in those instances where the presence of wind turbines is thought to impact adversely on plume dispersion.

II. Computational Aerodynamics

The aerodynamic interaction between a wind turbine and the gas that is exhausted from a flue stack is represented by modeling the mutual interaction of the wake that is developed by the turbine rotor and the vorticity field that is associated with the gas plume. A wind turbine develops a wake in response to the generation of aerodynamic forces on its blades. Concentrated tip vortices and an inboard vortex sheet form

