

---

<b>TÍTULO:</b>	<b>ANÁLISE DE DISPERSÃO DA PERDA FUGITIVA DO PRODUTO ÁLCOOL NO TERMINAL DA CPA – PGUA – PR.</b>
<b>OBJETO/ESCOPO:</b>	EXECUÇÃO DE COLETAS DE AR EM PONTOS DEFINIDOS PELA EQUIPE E ENVIO DAS MESMAS PARA ANÁLISE CROMATOGRÁFICA, ASSIM COMO A EXECUÇÃO DO BALANÇO DE MASSA PARA DEFINIÇÃO DA PERDA FUGITIVA E DIFINIR O RAIOS DE ATINGIMENTO E A CONCENTRAÇÃO DA DISPERSÃO.
<b>SOLICITANTE/DESTINATÁRIO:</b>	<b><u>CPA Armazéns Gerais Ltda.</u></b>

---

**EQUIPE TÉCNICA**

---

Eng.º Químico Jair Duarte  
CRQ 09302137 – PR, UFPR.

---

Eng.º Ambiental Rafael Geha Serta  
CREA 133973/D PR, UFPR

---

Eng.º Ambiental Angelo Breda  
CREA 89294/D PR, UFPR.

---

Engª Ambiental – Juliana Pilato Rodrigues  
CREA 135509/D – PR, UFPR

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>5</b>
1.1 ÁREA DE ESTUDO .....	5
1.2 CPA – PARANÁ OPERAÇÕES PORTUÁRIAS SA .....	6
1.3 ÁLCOOL ETÍLICO HIDRATADO .....	8
<b>2. DESCRIÇÃO DO PROCESSO</b> .....	<b>8</b>
2.1 DESCARREGAMENTO DE CAMINHÕES .....	9
2.2 DESCARREGAMENTO DE VAGÕES .....	12
2.3 CASAS DE BOMBAS.....	12
2.4 ARMAZENAMENTO .....	15
<b>3 OBJETIVOS</b> .....	<b>15</b>
<b>4 CARACTERIZAÇÃO METEOROLÓGICA DA ÁREA DE ESTUDO</b> .....	<b>16</b>
4.1 TEMPERATURA .....	17
4.2 UMIDADE RELATIVA .....	18
4.3 PRESSÃO ATMOSFÉRICA .....	19
4.4 RADIAÇÃO SOLAR INCIDENTE .....	20
4.5 PRECIPITAÇÃO .....	21
4.6 VENTOS .....	21
4.7 ANÁLISE CONJUNTA DOS PARÂMETROS METEOROLÓGICOS .....	23
<b>5 MODELO MATEMÁTICO</b> .....	<b>23</b>
<b>6 PARÂMETROS DA MODELAGEM</b> .....	<b>26</b>
6.1 FONTES DE EMISSÃO .....	26
6.2 GRADE DE RECEPTORES.....	28
6.3 TOPOGRAFIA.....	29
6.4 BALANÇO DE MASSA.....	30
6.4.1 Resultados do balanço de massa.....	31
6.5 CENÁRIOS DESENVOLVIDOS PARA SIMULAÇÕES .....	32
<b>7 COLETAS DE AR PARA ANÁLISE DE METANO</b> .....	<b>35</b>
7.1 RESULTADOS DAS ANÁLISES DE METANO.....	36
<b>8 RESULTADOS MODELAGEM</b> .....	<b>37</b>
8.1 CENÁRIO 1 .....	39
8.2 CENÁRIO 2 .....	40
8.3 CENÁRIO 3 .....	43
<b>9 CONCLUSÃO</b> .....	<b>51</b>
<b>10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>52</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização do município de Paranaguá.....	5
Figura 2 - CPA - Paraná Operações Portuárias.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Figura 3 – Baías de descarregamento de caminhões tanque no Terminal de Álcool CPA.....	9
Figura 4 – Safety bumps vedando extremidade do mangote de descarga de caminhões tanque.....	11
Figura 5 – Desvio ferroviário para descarga de vagões tanque no Terminal de Álcool CPA.....	12
Figura 6 – Casa de bombas rodoferroviária, responsável pela transferência dos produtos que chegam ao terminal aos tanques de armazenamento.....	13
Figura 7 – Casa de bombas de exportação, responsável pelo bombeamento de produtos dos tanques para navios.....	14
Figura 8 – Tanques de armazenagem do Terminal de Álcool CPA.....	15
Figura 9 – Valores climatológicos de temperatura do ar na região de estudo.....	17
Figura 10 – Valores climatológicos de umidade relativa do ar na região de estudo.....	18
Figura 11 – Valores climatológicos de pressão atmosférica na região de estudo.....	19
Figura 12 – Valores climatológicos de radiação incidente diária na região de estudo.....	20
Figura 13 - Valores climatológicos dos acumulados mensais de chuva na região de estudo.....	21
Figura 14 - Rosa dos ventos, 1997 a 2013.....	22
Figura 15 - Representação do modelo de pluma gaussiana.....	24
Figura 16 - Localização da fonte de emissão.....	27
Figura 17 - Grade de receptores definida para a simulação.....	28
Figura 18 - Mapa de altimetria do município de Paranaguá.....	29
Figura 19 - Balanço de HCT da fabricação de colheitadeiras e tratores.....	30
Figura 20 - Pontos de coleta de amostras de ar.....	36
Figura 21 - Pluma das concentrações máximas horárias de HCT no cenário 1, para o período modelado (2007 - 2011).....	39
Figura 22 - Pluma das concentrações médias de HCT no cenário 1, para o período modelado (2007 - 2011).....	40
Figura 23 - Pluma das concentrações máximas horárias de HCT no cenário 2, para o período modelado (2007 - 2011).....	41
Figura 24 - Pluma das concentrações médias de HCT no cenário 2, para o período modelado (2007 - 2011).....	42
Figura 25 - Pluma das concentrações máximas horárias de HCT no cenário 3, para o período modelado (2007 - 2011).....	43
Figura 26 - Pluma das concentrações médias de HCT no cenário 3, para o período modelado (2007 - 2011).....	44
Figura 27 - Pluma das concentrações máximas horárias de HCT no cenário 4, para o período modelado (2007 - 2011).....	45
Figura 28 - Pluma das concentrações médias de HCT no cenário 4, para o período modelado (2007 - 2011).....	46
Figura 29 - Pluma das concentrações máximas horárias de HCT no cenário 5, para o período modelado (2007 - 2011).....	47
Figura 30 - Pluma das concentrações médias de HCT no cenário 5, para o período modelado (2007 - 2011).....	48
Figura 31 - Pluma das concentrações máximas horárias de HCT no cenário 6, para o período modelado (2007 - 2011).....	49
Figura 32 - Pluma das concentrações médias de HCT no cenário 6, para o período modelado (2007 - 2011).....	50

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1 ÁREA DE ESTUDO

Paranaguá localiza-se no litoral do estado do Paraná, nas coordenadas geográficas: 25°31' Se 48°30' W, abrangendo uma área territorial de 826,674 km<sup>2</sup> (PREFEITURA DE PARANAGUÁ, 2013). Segundo dados do recenseamento realizado em 2010 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a população de Paranaguá é de 140.469 habitantes. O clima de Paranaguá, de acordo com Koeppen é subtropical, com verão quente e úmido e ocorrência de precipitação todos os meses do ano. A Figura 1 mostra a localização do município.

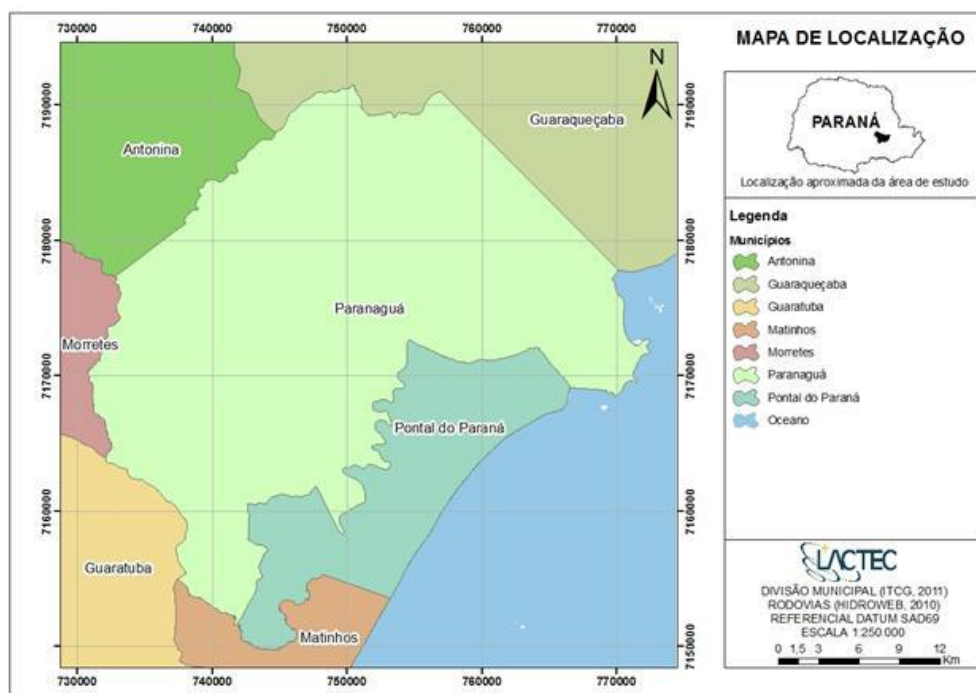


Figura 1 - Localização do município de Paranaguá

## **1.1 CPA – ARMAZÉNS GERAIS LTDA**

A CPA Trading foi fundada em 02 de maio de 2002, com sede em Maringá – Paraná. Sua história iniciou-se com a liberação da comercialização de álcool pelo Governo, quando as destilarias passaram a concentrar-se na produção e comercialização de álcool anidro e hidratado para os mercados interno e externo.

Integram a empresa vários grupos paranaenses, que atualmente representam 16 cooperativas e usinas:

- Copagra (Nova Londrina);
- Nova Produtiva (Astorga);
- Coopcana (Paraíso do Norte);
- Coocarol (Rondon);
- Cooperval (Jandaia do Sul);
- Vale do Ivaí (São Pedro do Ivaí);
- Usaciga (Cidade Gaúcha);
- Goioerê (Moreira Salles);
- Dasa (Nova América da Colina);
- Santa Terezinha (Maringá).

## **1.2. PERFIL DO EMPREENDEDOR**

A CPA foi criada objetivando uma ação administrativa eficiente sobre a armazenagem de líquidos, bem como dos trâmites de entrega, otimizando assim, a integração dos processos de compra e venda dos produtos das acionistas, beneficiando a logística envolvida.

É encarregada da guarda e conservação de granéis líquidos. Também cabe a empresa a emissão de contratos de depósito mercantil, e, a pedido dos depositantes, emissão de títulos representativos das mercadorias depositadas, tais como o conhecimento de depósito e o warrant.

Em 20 de julho de 2006 a CPA Trading S.A. adquiriu área de aproximadamente 16.000m<sup>2</sup> em Paranaguá, com fins de instalação do terminal de armazenamento e movimentação de álcool, com capacidade para 46.500m<sup>3</sup>.

O terminal será grande conquista ao setor sucroalcooleiro do Paraná, garantido mais eficiência na logística e incentivando a exportação do álcool pelo porto de Paranaguá, que é hoje o segundo maior exportador do produto no país, com 18,5% das exportações:

Os benefícios não serão limitados aos clientes da CPA, pois o terminal propiciará também melhor logística de acesso ao porto, contribuindo aos esforços do Governo do Estado e da Administração dos Portos de Paranaguá e Antonina (APPA) para a redução das filas geradas pelo excessivo transporte rodoviário, e contribuindo expressivamente no sentido de viabilizar o suprimento da recente demanda mundial pelo biocombustível nacional.

### **1.3.  ÁLCOOL ETÍLICO HIDRATADO**

O álcool etílico hidratado é um líquido inflamável, com eliminação de vapores, sendo estável em condições usuais de manuseio e armazenamento.

## **2. DESCRIÇÃO DO PROCESSO**

A CPA Armazéns Gerais faz parte do consórcio das usinas e cooperativas sucroalcooleiras paranaenses. Em Paranaguá, o grupo mantém o terminal de açúcar PASA Paraná Operações Portuárias SA, o Terminal de Álcool CPA – ARMAZENS GERAIS LTDA – e a Álcool do Paraná Terminal Portuário S.A, que opera o terminal público de álcool da Appa. O terminal conta com oito tanques e tem capacidade estática para 53.200 metros cúbicos. O terminal está capacitado para receber cargas através dos modais rodoviário e ferroviário, funcionando basicamente como um entreposto de exportação de álcool anidro e álcool hidratado. Entre janeiro e outubro de 2013 foram comercializados pouco mais 216 mil m<sup>3</sup>. O álcool anidro corresponde a 30,2% deste volume e o álcool hidratado aos 69,8% restantes.

A comercialização deste produto está sujeita à safra de cana-de-açúcar, portanto, de meados de dezembro a final de março normalmente não há operações no Terminal de Álcool, logo, a comercialização do produto ocorre majoritariamente entre os meses de abril e novembro. Durante esse período o Terminal de Álcool pode chegar a operar ininterruptamente, 24 horas por dia, sete dias por semana.

O álcool que chega ao terminal, seja por trens ou caminhões, é aferido para verificar a pureza do produto e então bombeado dos veículos para os tanques de armazenagem. Da mesma forma, durante o carregamento de navios, o álcool dos tanques de armazenagem é bombeado através de dutos para as instalações de armazenagem do navio. Estes processos são descritos de forma detalha nas subseções seguintes.



## 2.1 DESCARREGAMENTO DE CAMINHÕES

O Terminal de Álcool CPA conta com quatro baias de descarregamento de caminhões tanque que podem ser operadas simultaneamente e de forma independente entre si. A Figura 3 exibe o local destas baias de descarregamento rodoviário em operação. A descarga do álcool segue rigorosos procedimentos que garantem a segurança da operação de transferência do produto e a qualidade do mesmo.



Figura 2 – Baias de descarregamento de caminhões tanque no Terminal de Álcool CPA

Na entrada do centro coletor está projetada a instalação de um sistema digital para identificação do caminhão, baseado em tecnologia de leitura de Radio Frequência (RFID) para a coleta dos dados e liberação do acesso às instalações do centro coletor. Este sistema captura automaticamente e carrega o banco de dados com todos os dados cadastrais do caminhão, informações sobre origem do álcool, tipo de álcool, sua quantidade e qualidade.

Ainda na balança, o motorista previamente cadastrado através de sistema de códigos digitais é identificado, alimentando automaticamente o banco de dados. Após este procedimento o caminhão com álcool é pesado e liberado. O peso do caminhão com álcool é registrado e enviado automaticamente ao banco de dados já mencionado. Após a pesagem um sistema digital de comunicação indica ao motorista para qual baia deverá se dirigir para a coleta de amostras.

Os dados são enviados por meio de rede e são disponibilizados aos demais sistemas do centro coletor. Na baia de coleta são retiradas amostras e direcionadas ao

laboratório para análise. O laboratório de análises complementa os dados no registro da base de dados, confirmando a qualidade do produto a ser recebido.

Após a aceitação do álcool pelo laboratório é gerada a permissão para o acesso às baias de descarga. Esta permissão é transmitida de forma eletrônica por rede ao sistema de controle de tráfego. O sistema de controle de tráfego administra e autoriza o andamento dos caminhões desde a área de estacionamento até a área de descarga. Para a liberação é consultada a disponibilidade de baias de descarga, mediante consulta eletrônica por rede, a base de dados.

Uma vez na área de descarga o operador confirma a identidade do caminhão que vai descarregar, realiza as conexões necessárias de mangueiras e sistema de aterramento, bem como a abertura das escotilhas. Posteriormente é iniciado o processo de descarga, medição de volume e verificação de qualidade do produto através de um medidor de densidade. O progresso de descarga informa por meio de mensagens eletrônicas em tempo real ao sistema de controle. Terminado o processo o caminhão é autorizado a sair da área de baias e se dirigir à área de pesagem de saída. Esta conclusão se reporta eletronicamente a rede do sistema.

O volume médio de álcool por caminhão é de 45 m<sup>3</sup>. O tempo total de permanência do caminhão na baia de descarregamento é de aproximadamente 90 minutos, sendo 5 minutos para engate, aterramento das mangueiras e desengate após o descarregamento. O tempo de bombeamento é de 35 minutos. Os 50 minutos restantes são dispendidos nas etapas de verificação de documentação, qualidade do combustível e liberação para a operação de descarga. Uma vez que o bombeamento é encerrado, o mangote desconectado do caminhão tem sua extremidade fechada e devidamente vedada por *safety bumps*, tal como mostrado na Figura 4.



Figura 3 – Safety bumps vedando extremidade do mangote de descarga de caminhões tanque

Na área de pesagem de saída, será emitida eletronicamente a Nota Fiscal que credita a entrega do produto, seu valor e qualidade. Os dados gerados atualizados no registro do caminhão na base de dados são encerrados. No futuro este registro pode ser consultado por critérios tais como número de placa do caminhão, fornecedor, totais, intervalo de tempo (quantidade de descargas realizadas no mês), nome dos motoristas e outros dados aplicáveis, que poderão ser configurados. O álcool é faturado pelo respectivo volume a 20°C, sendo necessário, portanto, a temperatura ambiente do produto.

## 2.2 DESCARREGAMENTO DE VAGÕES

O processo de descarga do álcool presente em vagões tanques é semelhante ao de caminhões. Os procedimentos de segurança e aferição da qualidade do produto são exatamente os mesmos. O desvio ferroviário presente no Terminal de Álcool CPA tem capacidade para descarga de 28 vagões por encoste, divididos em duas linhas férreas com 14 pontos de descarga, conforme pode ser visto na Figura 5. O volume típico destes vagões é de 58 m<sup>3</sup>, totalizando aproximadamente 1.624 m<sup>3</sup> para um pátio completo com os 28 vagões.



Figura 4 – Desvio ferroviário para descarga de vagões tanque no Terminal de Álcool CPA

O descarregamento de uma composição completa dura em torno de 4 a 5 horas. Assim como no descarregamento de caminhões tanque, parte do tempo de permanência dos vagões é dispendida na coleta de amostras do produto e aguardo da liberação para descarga quando o conteúdo está em conformidade.

## 2.3 CASAS DE BOMBAS

Há duas casas de bombas no Terminal de Álcool CPA. A primeira é a casa de bombas rodoferroviária, dispendo de 10 conjuntos moto-bombas, sendo metade delas com capacidade de 120 m<sup>3</sup>/h e as outras 5 com capacidade de 250 m<sup>3</sup>/h, tal como apresentado na Figura 6. O conjunto bomba/motor está disposto em um “skid” que contém também medidor de vazão, medidor de densidade, instrumentos de controle e proteção elétrica.



Figura 5 – Casa de bombas rodoferroviária, responsável pela transferência dos produtos que chegam ao terminal aos tanques de armazenamento.

As bombas de menor capacidade são destinadas ao bombeamento dos produtos que chegam pelos caminhões tanque, enquanto que as de capacidade superior são destinadas à captação em vagões. Contudo, apenas quatro bombas de cada tipo podem vir a ser acionadas simultaneamente, garantindo que pelo menos uma bomba de cada tipo fique de reserva.

O descarregamento de caminhões pode ser realizado simultaneamente nas quatro baias, sendo que há quatro linhas (tubulações) de descarga para até quatro produtos diferentes. A configuração do conjunto de bombas de 120 m<sup>3</sup>/h permite descarregar duas ou mais linhas com uma bomba, ou então utilizar duas ou mais bombas para uma mesma linha.

De forma similar ao descarregamento de caminhões tanque, a transferência dos produtos que chegam ao terminal em composições ferroviárias é feita por até quatro bombas de 250 m<sup>3</sup>/h operando simultaneamente. Também neste caso há quatro linhas distintas, sendo possível descarregar duas ou mais linhas com uma bomba, ou então utilizar duas ou mais bombas para uma mesma linha.

A segunda casa de bombas é a casa de exportação (Figura 7). Nela contém três conjuntos moto-bombas com capacidade de 550 m<sup>3</sup>/h, sendo que apenas duas podem operar simultaneamente enviando os produtos dos tanques de armazenagem para o navio

atracado, através de duas linhas de exportação de aço inox 12". A terceira bomba permanece de reserva.



Figura 6 – Casa de bombas de exportação, responsável pelo bombeamento de produtos dos tanques para navios.

## 2.4 ARMAZENAMENTO

Conforme apresentado no início da seção, o Terminal de Álcool CPA conta com oito tanques de estocagem. A Figura 8 mostra o local destes tanques. Os tanques são de aço carbono de teto misto, fixo, para álcool anidro e hidratado, sendo dois para álcool hidratado e dois para álcool anidro, com quatro reservas para atender os dois tipos de álcool. Suas dimensões são 19,2 m de altura e 21,0 m de diâmetro.



Figura 7 – Tanques de armazenagem do Terminal de Álcool CPA

Os tanques foram projetados e construídos conforme definições das normas NBR 7821 e NBR 17505. A capacidade nominal de cada tanque é de 6.650 m<sup>3</sup>, porém a capacidade efetiva é de 6.350 m<sup>3</sup>. Todos os tanques dispõem de válvula de alívio de pressão instaladas no teto, com diâmetro de 12 polegadas. Estas válvulas permitem a entrada do ar atmosférico no tanque quando ele está sendo esvaziado. Quando há o enchimento do tanque a válvula libera descargas de ar do tanque para o meio, sempre que a pressão interna ultrapassa a pressão atmosférica.

Quando os reservatórios não estão sendo operados, a válvula faz a vedação do conteúdo interno, não permitindo trocas de gases entre o interior e o exterior dos tanques. Em atendimento às normas de segurança, todos os tanques são providos de tubulação de água e líquido gerador de espuma, os quais são acionados em caso de necessidade.

## 3 OBJETIVOS

Estudar a qualidade do ar no entorno do terminal de álcool CPA à verificação da influência da emissão em tanques de álcool etílico hidratado e no processo de

carregamento dos tanques (rodoviário e ferroviário), utilizando modelo de dispersão de poluentes na atmosfera. Os parâmetros avaliados serão os Hidrocarbonetos Totais (HCT).

#### **4 CARACTERIZAÇÃO METEOROLÓGICA DA ÁREA DE ESTUDO**

A caracterização do clima no local do estudo foi composta pela análise das médias mensais de temperatura do ar, umidade relativa do ar, pressão atmosférica, radiação solar incidente, velocidade e direção dos ventos. Estas médias foram obtidas a partir dos dados de monitoramento automático em frequência horária, ou menor, realizado pela estação meteorológica do Instituto Tecnológico SIMEPAR localizada no município de Guaratuba.

Esta estação está distante do local do empreendimento em 42 km aproximadamente, o que pode ser considerado próximo para tomada de parâmetros climatológicos. Nas seções seguintes serão apresentados os dados climatológicos de cada parâmetro meteorológico e respectiva análise dos mesmos.



## 4.1 TEMPERATURA

O gráfico da Figura 9 apresenta os valores climatológicos, para cada mês do ano, da temperatura média mensal, temperatura máxima mensal e temperatura mínima mensal.

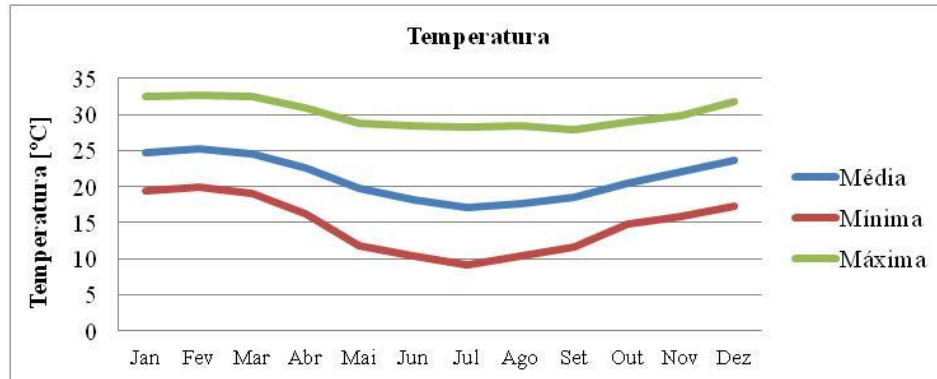


Figura 8 – Valores climatológicos de temperatura do ar na região de estudo

As temperaturas apresentam um caráter sazonal, sendo mais elevadas entre Novembro e Março, e menor no meio do ano. As médias mensais do período quente ficam entre 22°C e 25°C, enquanto que no período frio elas variam entre 17°C e 20°. As mínimas mensais também apresentam a mesma sazonalidade das médias mensais. Nos meses mais quentes as menores temperaturas do mês ficam entre 18°C e 20°C, diminuindo para até 10°C no trimestre Junho, Julho e Agosto. As máximas mensais apresentam uma sazonalidade mais branda, com máximas dos meses quente próxima a 33°C, e para os meses frios de 29°C aproximadamente.

## 4.2 UMIDADE RELATIVA

Assim como para a temperatura do ar, os dados climatológicos de umidade relativa foram sintetizados no gráfico da Figura 10.

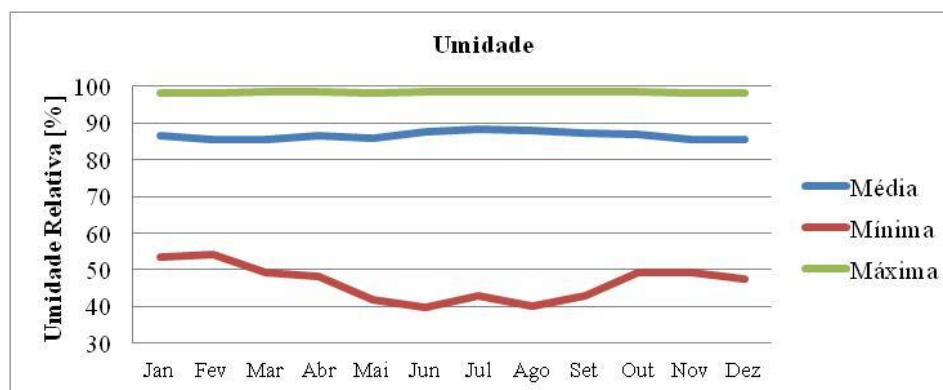


Figura 9 – Valores climatológicos de umidade relativa do ar na região de estudo

A umidade do ar não apresenta uma variação significativa ao longo do ano, com médias mensais mantendo-se entre 85% e 89% ao longo do ano. As médias climatológicas das máximas mensais são muito estáveis, sempre muito próximas a 100%, indicando que em todos os meses do ano é comum acontecer situações de ar saturado por vapor d'água. Apenas as mínimas mensais demonstraram sazonalidade mais marcante, com valores próximos a 50% entre Outubro e Abril e de 40% de Maio a Setembro.

### 4.3 PRESSÃO ATMOSFÉRICA

Os dados climatológicos do monitoramento da pressão atmosférica na região do estudo são apresentados no gráfico da Figura 11.

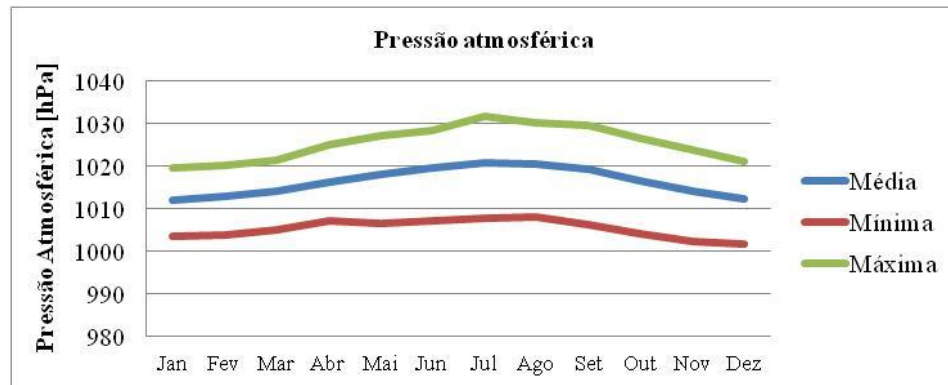


Figura 10 – Valores climatológicos de pressão atmosférica na região de estudo

A pressão atmosférica é uma variável que, tipicamente, oscila muito pouco em termos percentuais. Em valores absolutos, pressão média mensal oscila entre 1012 hPa e 1022 hPa aproximadamente, sendo os meses mais quentes os de menor pressão atmosférica e o oposto para os meses mais frios. A amplitude entre mínimas e máximas mensais da pressão atmosférica é da ordem de 15 hPa entre Novembro e Março e de até 23 hPa no trimestre Junho, Julho e Agosto.

#### 4.4 RADIAÇÃO SOLAR INCIDENTE

Para analisar este parâmetro os dados horários foram convertidos em acumulados diários de radiação. A partir destes foram obtidas as médias, máximos e mínimos mensais da radiação incidente diária. Por fim, as médias climatológicas destes parâmetros são apresentadas na Figura 12.

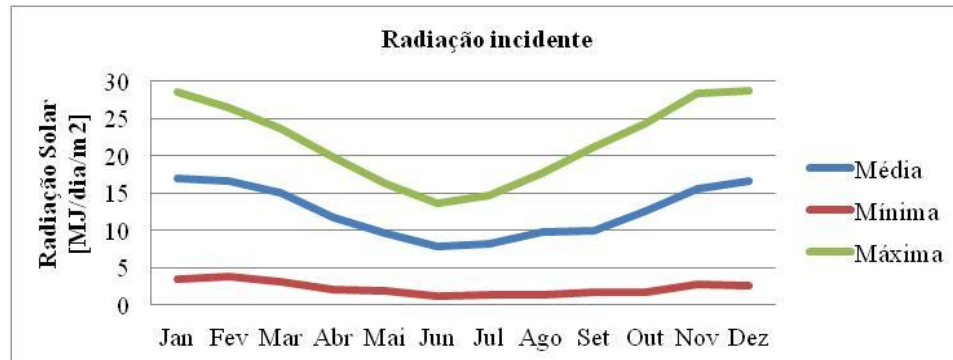


Figura 11 – Valores climatológicos de radiação incidente diária na região de estudo

A primeira vista o comportamento da radiação diária que mais chama a atenção é a forte sazonalidade da amplitude entre máximas e mínimas ao longo do ano. Nos meses de Novembro a Março a média de radiação solar recebida é da ordem de 16 MJ/m<sup>2</sup> por dia. Entretanto, neste período há dias em que a radiação incidente é de apenas 4 MJ/m<sup>2</sup>/dia, ao passo que nos dias de maior insolação registra-se cerca de 25 a 29 MJ/m<sup>2</sup>/dia. Porém, de Março para Junho as máximas diárias caem abruptamente, chegando a 14 MJ/m<sup>2</sup>/dia. Posteriormente sobem com a mesma intensidade de Julho para Novembro retornando ao patamar dos 25 MJ/m<sup>2</sup>/dia. As médias mensais entre Abril e Setembro costumam ficar entre 7 e 12 MJ/m<sup>2</sup>/dia, enquanto que as mínimas permanecem entre 1 e 3 MJ/m<sup>2</sup>/dia.

## 4.5 PRECIPITAÇÃO

As médias climatológicas de acumulados mensais de chuva na região do estudo, assim, como os maiores e menores acúmulos já registrados são apresentados na Figura 13.

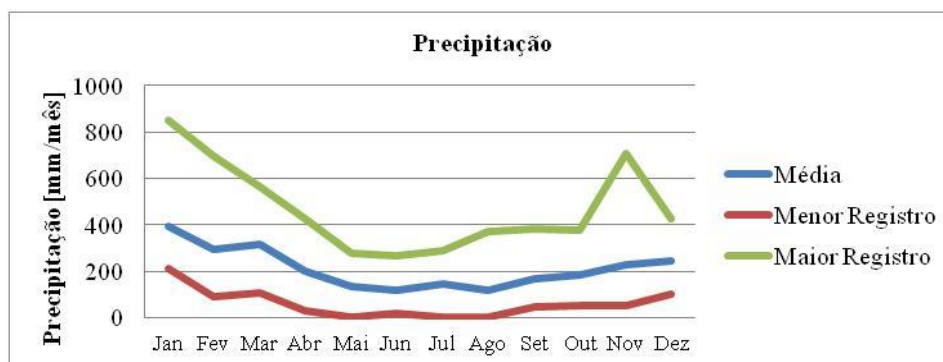


Figura 12 - Valores climatológicos dos acumulados mensais de chuva na região de estudo

Também o regime de chuvas na região apresenta característica sazonal, com maiores volumes entre Novembro e Março e menores entre Maio e Agosto. Todavia as chuvas ocorrem ao longo de todo o ano, não ocorrendo a presença de estações totalmente secas. O trimestre Janeiro, Fevereiro e Março costuma apresentar os maiores montantes de precipitação, da ordem de 300 a 400 mm por mês. Dentro do histórico de dados utilizados (1997 a 2013) os menores acumulados obtidos para este período foram da ordem de 100 mm/mês. Contudo, já houve anos em que se registrou de 550 a 850 mm em único mês.

De Abril a Outubro a precipitação mensal média fica entre 100 e 200 mm por mês. Os menores acumulados já registrados foram da ordem de 0 a 20 mm, enquanto que os maiores valores estão entre 300 e 400 mm por mês. Novembro e Dezembro costumam apresentar maiores acumulados que os meses anteriores, mas inferiores ao do trimestre mais chuvoso.

## 4.6 VENTOS

A Figura 14 apresenta a rosa dos ventos obtida a partir do processamento dos dados de direção e velocidade dos ventos

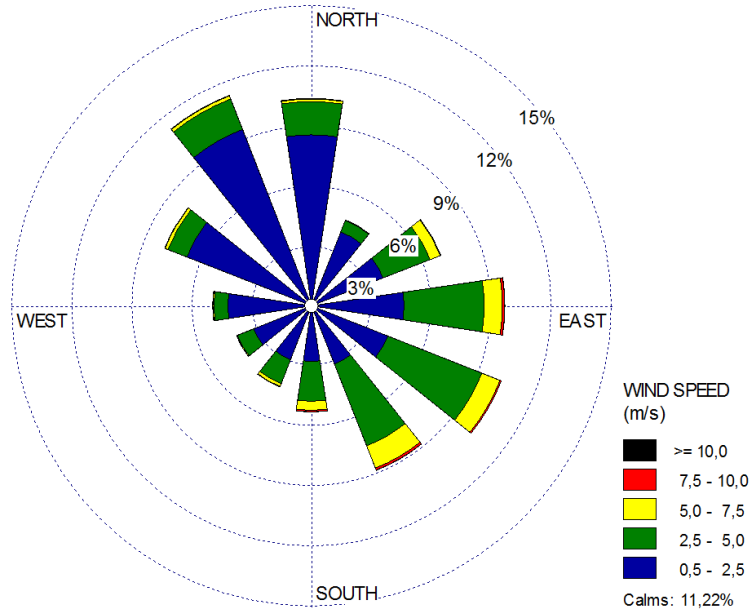


Figura 13 - Rosa dos ventos, 1997 a 2013.

No conceito da meteorologia a direção do vento é determinada pela direção de onde o vento é proveniente, assim, observa-se na Figura 8 que o vento não apresenta uma direção predominante, porém são mais proeminentes ventos de noroeste (vindos de noroeste) e de sudeste.

---

#### 4.7 ANÁLISE CONJUNTA DOS PARÂMETROS METEOROLÓGICOS

Os dados climatológicos apresentados revelam que a região apresenta regimes sazonais de temperatura do ar, pressão atmosférica, radiação solar incidente e precipitação. Para o período de Novembro a Março é marcado por maiores temperaturas, menor pressão atmosférica com grande amplitude da radiação solar e um maior montante de chuvas. Entre os meses do meio do ano, Abril a Setembro, as temperaturas são mais amenas, a pressão atmosférica é ligeiramente maior, a radiação incidente é mais branda e o regime de chuvas é menos intenso.

Os dados de umidade relativa do ar não apresentaram sazonalidade tão marcante, o que é esperado para a região litorânea, dada a presença da massa de água oceânica que provê umidade constantemente para o ar da região.

### 5 MODELO MATEMÁTICO

Os numerosos e complexos processos que regem o comportamento de poluentes na atmosfera são descritos por modelos de dispersão atmosférica, que são programas computacionais que utilizam algoritmos matemáticos para simular o transporte e dispersão dos poluentes.

Os modelos matemáticos de dispersão de poluentes são utilizados para avaliar a contribuição de uma única fonte à carga poluidora, prever impactos de empreendimentos, prever as concentrações mais altas de um poluente atmosférico que poderiam ocorrer no pior cenário, tanto em relação às condições meteorológicas, quanto de emissão, entre diversas outras finalidades.

Os modelos de dispersão atmosférica requerem pelo menos três tipos de dados de entrada: informações sobre as fontes dos poluentes, dados meteorológicos e topografia da região. Como resultado, tem-se a concentração do poluente nos receptores estabelecidos, para um período de tempo específico. Os modelos mais utilizados são os modelos

gaussianos, assim denominados por assumirem que os perfis de concentração médios, a qualquer distância, seguem uma curva gaussiana na direção vertical e horizontal. A Figura 15 apresenta o comportamento da pluma emitida por uma fonte pontual, segundo a distribuição gaussiana.

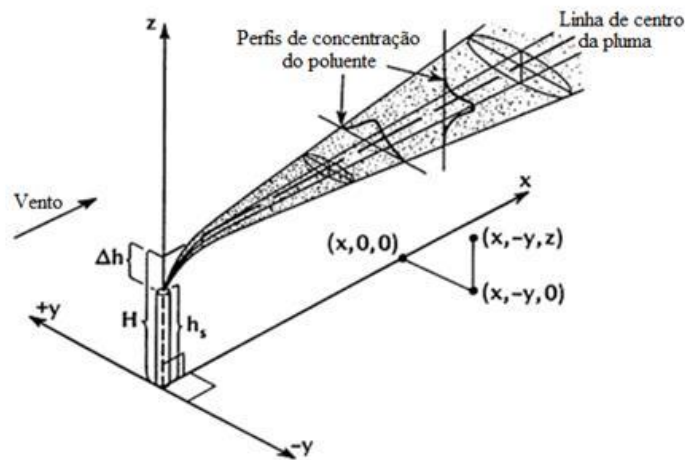


Figura 14 - Representação do modelo de pluma gaussiana

A dispersão dos HCT foi simulada utilizando o software AERMOD que é um modelo de pluma gaussiana estacionário, desenvolvido pela AERMIC – American Meteorological Society (AMS) e USEPA – United States Environmental Protection Agency.

Para a simulação da dispersão o modelo requer como dados de entrada: dados da fonte emissora, dados meteorológicos, topográficos e da malha receptora. Para o processamento dos dados meteorológicos e topográficos, o modelo possui dois pré-processadores, o aernet e o aermap, respectivamente. As características da fonte emissora pontual (chaminé) incluem diâmetro interno, altura, taxa de emissão do gás, bem como sua velocidade e temperatura de saída.

O modelo se aplica às áreas rurais e urbanas, terrenos planos e complexos (montanhosos), lançamentos superficiais e elevados e múltiplas fontes, incluindo: fontes pontuais (chaminé de indústria), em área (emissões difusas com distribuição



aproximadamente homogênea, ex., névoa salina), em linha (rodovia) e em volume (EPA, 2004).

O AERMOD é o software mais recomendado pela Agência de Proteção Ambiental (EPA) e amplamente utilizado em todo o mundo (SILVA; NETO, 2009). O modelo utiliza a seguinte equação para predição da concentração

$$C_d(x, y, z) = \frac{Q f_p}{\sqrt{2\pi} u} F_y \sum_{j=1}^2 \sum_{m=0}^{\infty} \frac{\lambda_j}{\sigma_{zj}} \left[ \exp\left(-\frac{(z - \psi_{dj} - 2mz_i)^2}{2\sigma_{zj}^2}\right) + \exp\left(\frac{(z + \psi_{dj} + 2mz_i)^2}{2\sigma_{zj}^2}\right) \right]$$

Onde:

Cd: concentração devida a fonte direta em unidade de massa por volume ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ );

Q: taxa de emissão pela chaminé em unidade de massa por tempo [g/s];

U: velocidade do vento em unidade de distância por tempo [m/s];

$\sigma_y$ ,  $\sigma_z$ : coeficientes de dispersão lateral e vertical;

x, y, z: distância segundo as direções dos eixos coordenados, em unidade de comprimento [m];

$f_p$ : fração do material emitido pela fonte que permanece na camada limite convectiva,  $0 < f_p < 1$ ;

j: 1 para linha inferior da pluma e 2 para a linha superior da pluma;

y: altura entre a base da fonte e a linha central da pluma, unidade de comprimento [L];

$\lambda$ : coeficiente da distribuição;

$\psi_{dj}$ : altura entre a base da fonte e a linha central da pluma;

$z_i$ : altura da camada de mistura mecânica [m];

$F_y: \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right)$  representa parcela de concentração referente a dispersão na direção do vento.

O primeiro termo entre colchetes representa a parcela da concentração devido a dispersão vertical do poluente, o segundo termo refere-se ao acúmulo de poluente devido ao efeito de reflexão da pluma no solo.

## 6 PARÂMETROS DA MODELAGEM

Para as simulações foram inseridos no modelo matemático, dados meteorológicos, malha topográfica e de receptores, bem como dados das fontes de emissão. Foram definidas fontes pontuais (fontes fixas), cuja taxa de emissão, em g/s, foi calculada a partir do balanço de massa apresentado na seção 6.4.

### 6.1 FONTES DE EMISSÃO

Para as simulações de HCT foram inseridas no modelo matemático 8 fontes pontuais, para representar as emissões dos tanques de armazenamento, cada uma com 19,2 metros de altura, 0,3 metros de diâmetro e com temperatura e velocidade de saída do gás de 25 °C e 0,1 m/s, respectivamente. Para a emissão do descarregamento dos caminhões foi utilizada uma fonte pontual com 1,2 m de altura e 0,1 metros de diâmetro. A velocidade e temperatura foram as mesmas já mencionadas.

Para representar a emissão durante o descarregamento dos vagões foi inserida uma fonte em linha, a qual possui uma taxa de emissão e um comprimento de aproximadamente 300 m. A fonte em linha é utilizada para simular a emissão de automóveis, linhas férreas, entre outras. A emissão na casa de bombas foi representada por uma fonte em área de aproximadamente 22 metros de comprimento por 8 metros de largura. A fonte em área é empregada para simular emissões fugitivas.

A Figura 16 apresenta a localização das fontes pontuais inseridas na área de estudo. Os pontos verdes mostram a localização das fontes pontuais. A marcação em vermelho representa a fonte em área e a linha em azul representa a linha férrea. O retângulo roxo delimita o terreno da empresa e o quadrado amarelo abrange a área na qual foram inseridos receptores para obtenção da concentração de HCT.

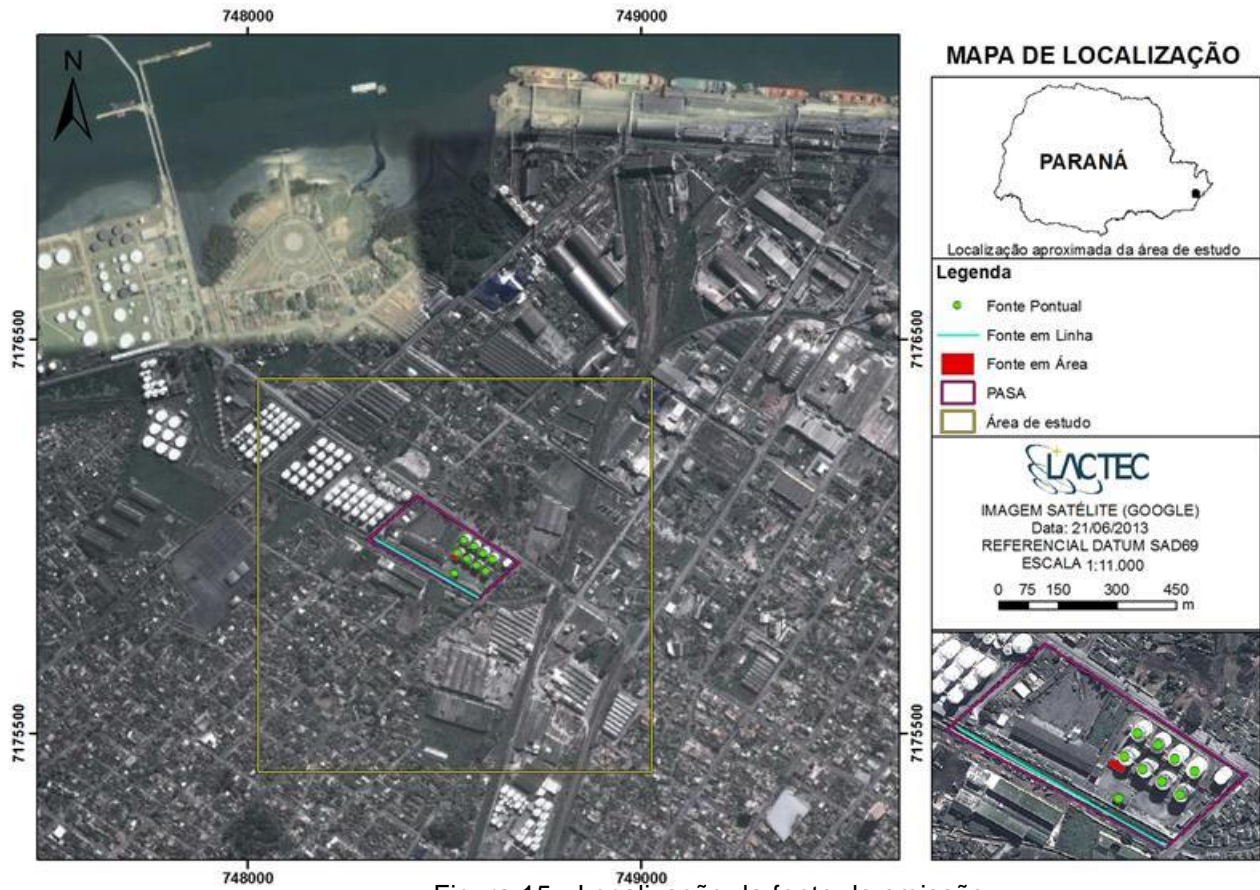


Figura 15 - Localização da fonte de emissão

## 6.2 GRADE DE RECEPTORES

Para a simulação da dispersão atmosférica da evaporação dos tanques de álcool da empresa CPA definiu-se uma malha com área de 1 km<sup>2</sup>, sendo 1 km de comprimento em X e Y, totalizando 441 receptores, espaçados a cada 50 m horizontal e verticalmente. A Figura 17 mostra a malha de receptores, delimitada pelo retângulo amarelo, abrangendo todo o pátio da empresa e seu entorno.

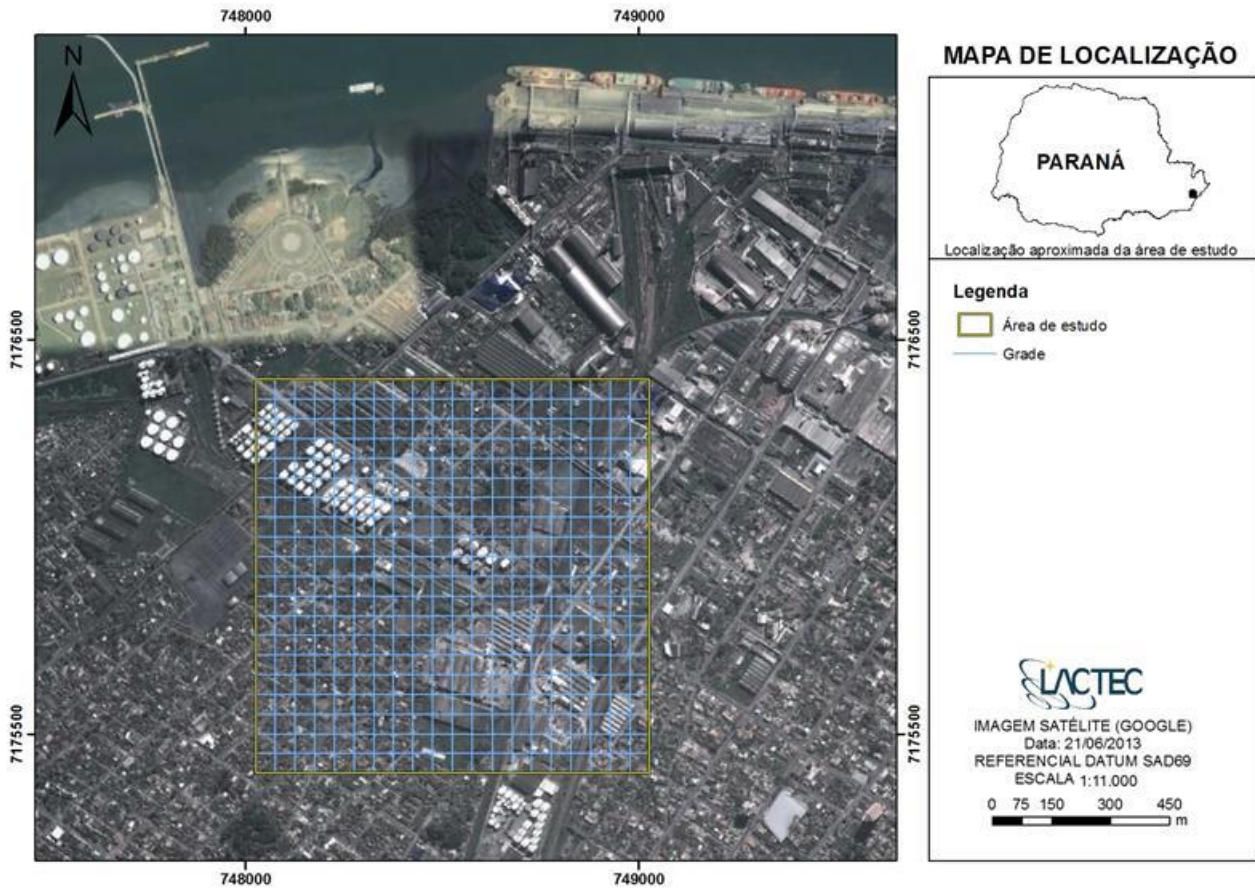


Figura 16 - Grade de receptores definida para a simulação

### 6.3 TOPOGRAFIA

O município de Paranaguá está localizado na baixada litorânea paranaense, com altitude variando de 0 a aproximadamente 1000 metros acima do nível do mar. A malha topográfica inserida no modelo, para melhor representar a dispersão de poluentes segundo as variações no relevo, contempla as altitudes apresentadas no mapa de altimetria do município, conforme Figura 18.

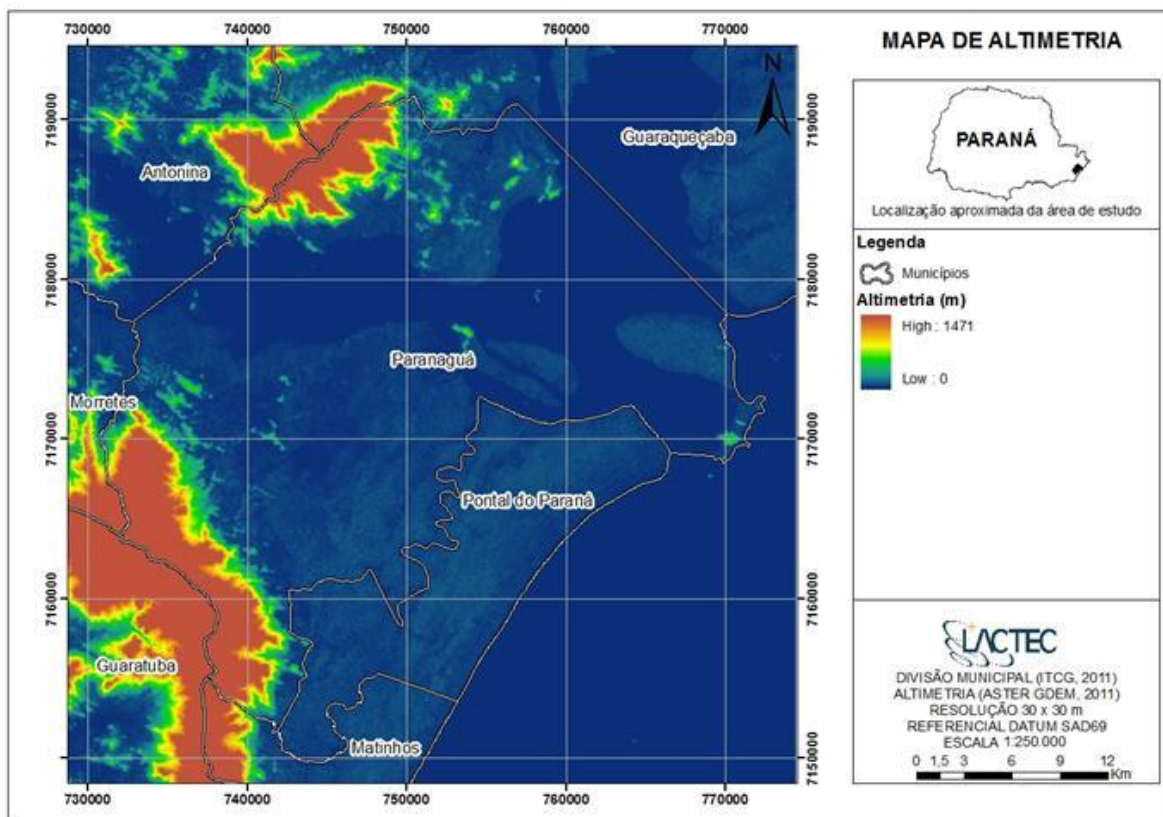


Figura 17 - Mapa de altimetria do município de Paranaguá

## 6.4 BALANÇO DE MASSA

A emissão de HCT (hidrocarbonetos totais) para atmosfera acontece em vários pontos e áreas. Uma parte delas são emissões lançadas por tubulações e outras são fugitivas. O procedimento de balanço de massa contabiliza as quantidades de HCT que entram nos tanques de armazenamento e as que saem em forma de voláteis durante operações de carga e descarga. A diferença entre estes valores, descontado o abatimento pelos conversores, quando tiver, será a parcela que foi para a atmosfera, como mostra a Figura 19.

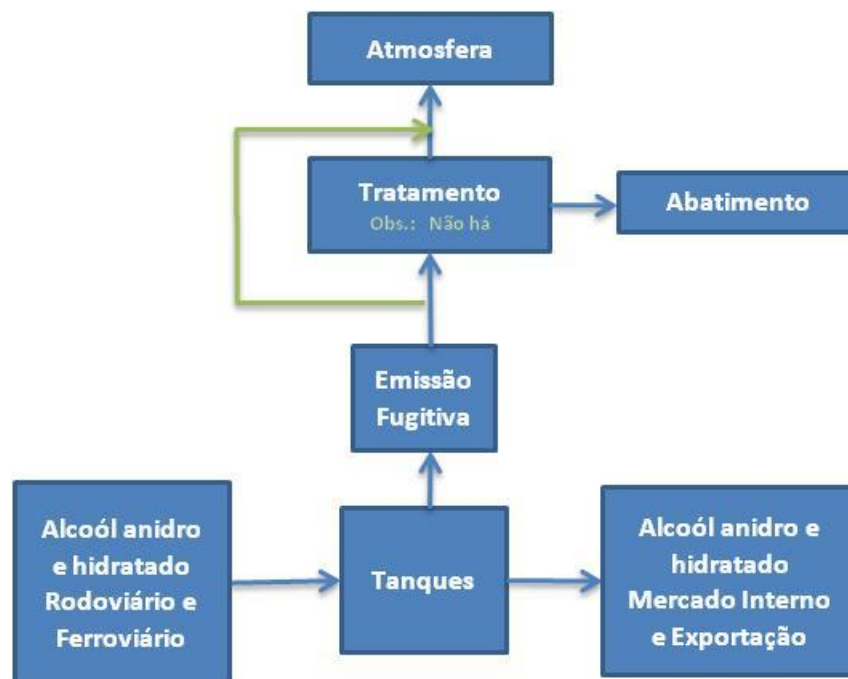


Figura 18 - Balanço de HCT

### 6.4.1 Resultados do balanço de massa

Tabela 1 – Informações e resultados obtidos para o balanço do álcool que entra e o que sai do armazém.

Safra 2013	Produto	Fiscal Recebido	Físico Recebido	Quebra Transporte	Embarcado	Mercado Interno	Saldo Fiscal	Saldo Físico	Tancagem	Quebra Técnica
Abril	366	2.873,333	2.876,082	2,749	0,000	0,000	2.873,333	2.876,082	-	-
	367	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-	-
	<b>Total</b>	<b>2.873,333</b>	<b>2.876,082</b>	<b>2,749</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>2.873,333</b>	<b>2.876,082</b>	<b>2.872,611</b>	<b>-3,471</b>
Maio	366	17.688,857	17.649,243	-39,614	16.754,120	0,000	3.808,070	3.771,205	-	-
	367	16.524,235	16.510,203	-14,032	5.050,135	0,000	11.474,100	11.460,068	-	-
	<b>Total</b>	<b>34.213,092</b>	<b>34.159,446</b>	<b>-53,646</b>	<b>21.804,255</b>	<b>0,000</b>	<b>15.282,170</b>	<b>15.231,273</b>	<b>15.202,243</b>	<b>-29,030</b>
Junho	366	20.656,037	20.620,613	-35,424	5.701,775	0,000	18.762,332	18.690,043	-	-
	367	21.742,831	21.709,326	-33,505	30.610,505	0,000	2.606,426	2.558,889	-	-
	<b>Total</b>	<b>42.398,868</b>	<b>42.329,939</b>	<b>-68,929</b>	<b>36.312,280</b>	<b>0,000</b>	<b>21.368,758</b>	<b>21.248,932</b>	<b>21.231,842</b>	<b>-17,090</b>
Julho	366	11.007,879	10.979,216	-28,663	21.980,433	0,000	7.789,778	7.688,826	-	-
	367	34.855,580	35.285,084	429,504	15.000,077	0,000	22.461,929	22.843,896	-	-
	<b>Total</b>	<b>45.863,459</b>	<b>46.264,300</b>	<b>400,841</b>	<b>36.980,510</b>	<b>0,000</b>	<b>30.251,707</b>	<b>30.532,722</b>	<b>30.521,899</b>	<b>-10,823</b>
Agosto	366	16.141,741	16.168,168	26,427	23.782,387	0,000	149,132	74,607	-	-
	367	43.486,768	43.242,135	-244,633	56.116,207	0,000	9.832,490	9.969,824	-	-
	<b>Total</b>	<b>59.628,509</b>	<b>59.410,303</b>	<b>-218,206</b>	<b>79.898,594</b>	<b>0,000</b>	<b>9.981,622</b>	<b>10.044,431</b>	<b>10.087,019</b>	<b>42,588</b>
Setembro	366	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	149,132	74,607	-	-
	367	28.102,681	27.851,448	-251,233	6.750,019	114,000	31.071,152	30.957,253	-	-
	<b>Total</b>	<b>28.102,681</b>	<b>27.851,448</b>	<b>-251,233</b>	<b>6.750,019</b>	<b>114,000</b>	<b>31.220,284</b>	<b>31.031,860</b>	<b>31.138,788</b>	<b>106,928</b>
Outubro	366	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	149,132	74,607	-	-
	367	13.386,287	13.352,037	-34,250	33.097,191	0,000	11.360,248	11.212,099	-	-
	<b>Total</b>	<b>13.386,287</b>	<b>13.352,037</b>	<b>-34,250</b>	<b>33.097,191</b>	<b>0,000</b>	<b>11.509,380</b>	<b>11.286,706</b>	<b>11.290,649</b>	<b>3,943</b>
<b>Total Geral</b>		<b>226.466,229</b>	<b>226.243,555</b>	<b>-222,674</b>	<b>214.842,849</b>	<b>114,000</b>	<b>11.509,380</b>	<b>11.286,706</b>	<b>11.290,649</b>	<b>-3,943</b>

Conforme a Tabela 1, ao final de outubro de 2013, a perda total de produtos no terminal foi de 3,943 m<sup>3</sup>. Com base na curva de densidade do álcool (densidade utilizada de 789,0 kg/m<sup>3</sup>) e considerando uma temperatura ambiente de 20°C, este volume representa uma massa de 3.111 kg.

Para computar a emissão média de hidrocarbonetos (etanol) foi considerado que o terminal opera em regime ininterrupto de 24 horas por dia, sete dias por semana. Supondo que 1 mês seja constituído de 4 semanas, e que o terminal operou por 7 meses (abril a outubro), temos → horas de operação= 24 h/dia x 7 dias/semana x 4 semana/mês x 7 meses, o que resulta em 4.704 horas de operação. Dada esta informação e a massa de

etanol perdida neste período, a taxa de emissão média foi, portanto, de 0,661 kg/hora ou **0,184 g/s**.

## 6.5 CENÁRIOS DESENVOLVIDOS PARA SIMULAÇÕES

Buscando representar situações reais de operação do Terminal de Álcool CPA, e dada a incerteza da contribuição de cada local sujeito a perdas fugitivas do poluente, foram construídos um total de 6 cenários para a simulação. As diferenças entre estes cenários compete a: (1) taxa de emissão total do terminal; (2) fração da emissão de cada local sujeito a perdas de álcool na forma volátil.

Para os cenários 1 a 3, foi adotada a taxa de emissão média, contabilizada na seção anterior, de 0,184 g/s. Estes cenários devem representar a situação mais frequente da produção e dispersão de poluentes do terminal para a área vizinha. Nos cenários 4 a 6 a taxa de emissão foi aumentada para representar a situação do mês de maior movimentação de produtos no terminal.

Conforme a Tabela 1, em Agosto o terminal recebeu cerca de 59,6 mil m<sup>3</sup> de álcool, sendo este o mês de maior volume comercializado no ano de 2013. Comparando-se à média dos volumes de Abril a Outubro, de 32.350 m<sup>3</sup>, a movimentação de Agosto foi 84% maior. Supondo-se que a emissão de etanol no terminal esteja diretamente relacionada ao volume de produto movimentado no mês, a taxa de emissão para Agosto foi de 0,339 g/s. Esta suposição é aceitável visto que todas as fontes de emissão do terminal estão relacionadas à intensidade da movimentação do produto. Em outras palavras, maior movimentação do produto resulta em maior tempo de operações de descarregamento, bombeamento e variações do volume dos tanques de armazenagem. Por consequência, as perdas fugitivas destes processos aumentam.

A segunda variável dos cenários de simulação refere-se ao local em que de fato ocorrem as emissões fugitivas. Conforme a descrição dos processos no Terminal de Álcool CPA, se aceita que as perdas ocorram: (i) nos descarregamentos de caminhões e vagões devido transporte do álcool; (ii) no bombeamento, visto que há perda por volatilização do



produto neste processo e; (iii) nos tanques de armazenamento devido ao escape dos gases internos pela válvula alívio-pressão. Assim, os locais de emissão do poluente simulado foram identificados como:

- Local 1: Uma fonte pontual nas baias de descarregamento de caminhões-tanques;
- Local 2: Uma fonte em linha no desvio ferroviário onde é realizado o descarregamento dos vagões;
- Local 3: Uma fonte em área para as casas de bombas;
- Local 4: Oito fontes pontuais para cada um dos tanques de armazenagem.

Identificados os locais de emissão do poluente, as configurações da composição total da emissão no terminal foram:

- (1) Cada local é responsável por 25% da emissão total;
- (2) O local 4 representa 50% enquanto que os locais 1, 2 e 3 representam 16,67% cada um, da emissão total;
- (3) O local 4 representa 80% enquanto que os locais 1, 2 e 3 representam 6,67% cada um, da emissão total.

Embora a fração real com que cada local participe da emissão total não seja conhecida, é aceitável supor que perdas maiores ocorram nos tanques de armazenamento, visto que nestes locais a volatilização do álcool é constante e que o produto permanece mais tempo nos tanques que nos outros locais de emissão.

Ao combinar as duas taxas de emissão com as três configurações da variação espacial da emissão no terminal, chega-se aos seis cenários simulados. A Tabela 2 apresenta um resumo das características de cada cenário.

Tabela 2 – Resumo das configurações dos cenários de simulação

<b>Cenário</b>	<b>Taxa de Emissão</b>	<b>Fração da emissão total</b>
1	0,184 g/s	25% em cada local
2	0,184 g/s	50% no local 4 e 16,67% nos locais 1, 2 e 3
3	0,184 g/s	80% no local 4 e 6,67% nos locais 1, 2 e 3
4	0,339 g/s	25% em cada local
5	0,339 g/s	50% no local 4 e 16,67% nos locais 1, 2 e 3
6	0,339 g/s	80% no local 4 e 6,67% nos locais 1, 2 e 3

## 7 COLETAS DE AR PARA ANÁLISE DE METANO

Foram determinadas as concentrações de metano na área de estudo (CPA), o qual compõe cerca de 85% dos HCT. Os HCT são gases e vapores resultantes da queima incompleta e evaporação de combustíveis e outros produtos voláteis bem como de emissões biogênicas. São irritantes aos olhos, nariz, pele e trato respiratório superior.

O metano é um gás incolor, de fraco odor e altamente inflamável, porém, não é tóxico. Exposições rotineiras a níveis toleráveis não apresentam efeito nocivo, contanto que os níveis de oxigênio estejam acima de 19,5%. No Brasil a Norma Regulamentadora 15 (NR 15), considera o produto como asfixiante simples e não impõe limites de exposição. Por ser um produto de alta inflamabilidade, deve-se garantir que o limite inferior de inflamabilidade do metano de 50.000 ppm no ar atmosférico não seja atingido, por isto é recomendável que seja respeitado um limite de 10.000 ppm.

O Instituto Nacional de Saúde e Segurança Ocupacional (NIOSH) é a agência federal dos EUA que realiza pesquisas e faz recomendações para evitar lesões e doenças dos trabalhadores. Ela recomenda que a concentração máxima de metano segura para os trabalhadores durante um período de 8 horas é de 1.000 ppm (0,1 por cento). O metano é considerado um gás asfixiante em concentrações extremamente elevadas e sua mistura com o ar, quando em contato com chama ou faísca, provoca explosão.

É também um gás de efeito estufa uma vez que apresenta um potencial de aquecimento global 25 vezes maior que o dióxido de carbono (IPCC, 2007). A importância ambiental que representa esse composto, aliada à indisponibilidade de um método de quantificação dos HCT, justifica a definição desse gás para as análises.

Para caracterização das concentrações de metano na região de estudo, foram realizadas coletas de ar do ambiente externo, em sete pontos do empreendimento, utilizando seringas de polipropileno, com 20 mL de capacidade. O intuito da análise em diversos pontos foi verificar a distribuição das concentrações do poluente na área, a fim de concluir se ela é homogênea ou se varia segundo a proximidade da fonte de emissão.

Para esta avaliação foram selecionados locais de coletas onde havia emissão e locais distantes das fontes emissoras. Os resultados das coletas são igualmente importantes para aferição do modelo matemático.

Posteriormente se procedeu à quantificação das concentrações de metano nas amostras coletadas. A partir da cromatografia gasosa em equipamento da marca Thermo Scientific, modelo Trace 1300, no laboratório do LACTEC, o gás metano foi analisado através do detector por ionização em chama (FID), sendo o  $\text{CO}_2$  (dióxido de carbono) convertido para  $\text{CH}_4$  (metano) pelo metanador. A Figura 20 mostra os pontos de coleta de amostras de ar.



Figura 19 - Pontos de coleta de amostras de ar.

## 7.1 RESULTADOS DAS ANÁLISES DE METANO

A Tabela 3 apresenta os resultados das análises cromatográficas de metano. Como comentado anteriormente, foi quantificado metano devido a indisponibilidade de um método de quantificação para os HCT. Considerando que o metano compõe aproximadamente 85% dos HCT, a última coluna da Tabela 3 apresenta as concentrações calculadas de HCT, partindo das concentrações obtidas para o metano.

Tabela 3 - Concentrações de metano nas amostras de ar

Ponto	Descrição	X	Y	Concentração (ppm)	
				Metano	HCT
1	Calçada entre desvio ferroviário e desvio rodoviário	748514	7175890	1,661	1,910
2	Baía de descarga de caminhões	748520	7175899	1,714	1,971
3	Casa de bombas rodoferroviária	748521	7175930	1,826	2,099
4	Casa de bombas exportação	748546	7175920	1,905	2,191
5	Gramado entre Separador Água-Óleo e o Muro do terreno	748627	7175885	1,989	2,287
6	Subestação 1	748550	7176012	2,031	2,335
7	Desvio ferroviário próximo à entrada	748358	7175992	1,991	2,289

A emissão ocorre majoritariamente quando há operações em andamento no terminal (funcionamento das bombas, transporte do álcool de caminhões e vagões para os tanques e variação do volume dos tanques de armazenagem). Embora na data de realização das coletas não tenha ocorrido nenhum processo, as concentrações nos pontos monitorados estão próximas da concentração ambiente em todos os pontos. A diferença de concentração é devido a exatidão do método de quantificação.

Segundo o IPCC (2007), a concentração média global de metano na atmosfera é de **1,72 ppm**, portanto, ao observar os resultados da Tabela 3, verifica-se que na ausência de processo, as concentrações de metano são próximas à concentração média global.

## 8 RESULTADOS MODELAGEM

A seguir são apresentados os 6 cenários desenvolvidos para avaliar a emissão fugitiva de álcool dos tanques de armazenamento e do processo de descarregamento de álcool para os tanques da CPA. As simulações dos seis cenários consideram a pior condição de emissão, na qual todos os processos (emissões dos tanques, da casa de bombas e do descarregamento) ocorrem simultaneamente, durante 24 horas por dia.

A série horária de dados meteorológicos inserida no modelo compreende o período de 1º de janeiro de 2007 a 31 de dezembro de 2011 (43.800 horas de dados monitorados). Para cada ponto receptor da malha definida o modelo calcula concentrações horárias a

partir da série de dados meteorológicos inserida, totalizando 43.800 valores de concentração em cada receptor.

A partir dos 43.800 valores de concentração calculados em cada receptor, o modelo gera duas plumas, uma que apresenta a concentração máxima horária em cada ponto e outra que apresenta a concentração média (em cada ponto). Portanto, em cada cenário, são apresentadas duas plumas de dispersão. Em todos os cenários foram modelados os 8 tanques de armazenagem, casa de bombas, transporte ferroviário e rodoferroviário, conforme explicado no item 6.5.

## 8.1 CENÁRIO 1

Neste cenário foram modelados os 8 tanques de armazenagem, casa de bombas, transporte ferroviário e rodoferroviário, conforme explicado no item 6.5. A Figura 20 apresenta os resultados das concentrações máximas horárias de HCT para o período modelado.

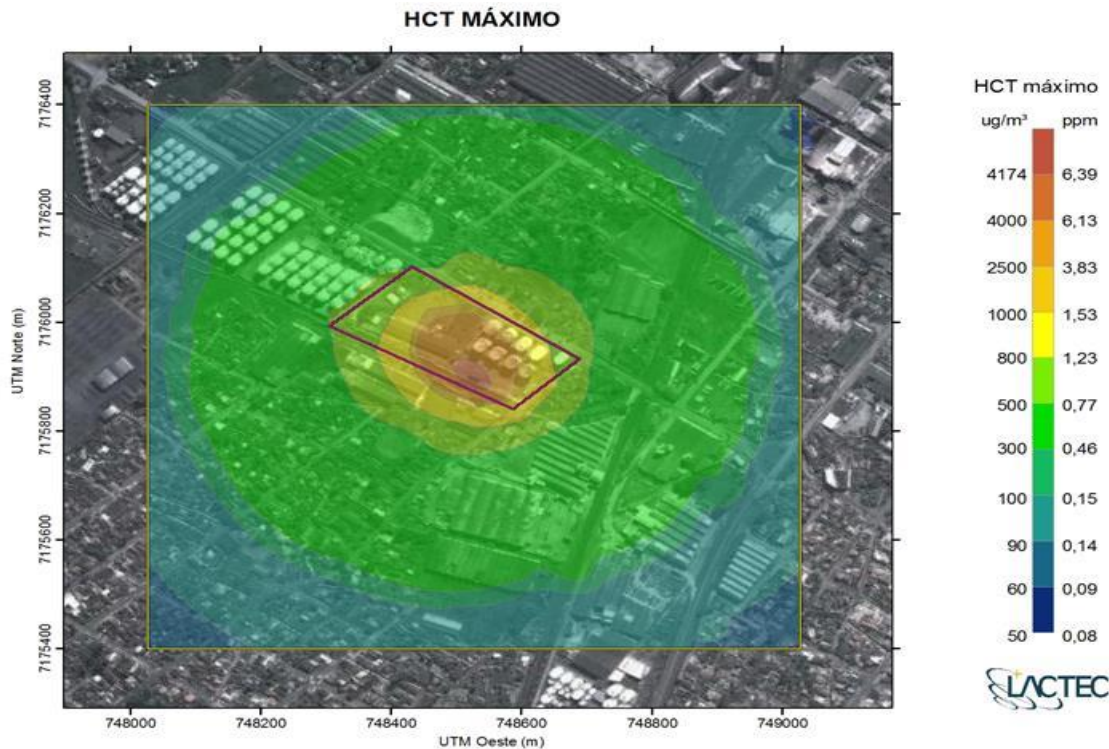


Figura 20 - Pluma das concentrações máximas horárias de HCT no cenário 1, para o período modelado (2007 - 2011).

As concentrações máximas horárias foram observadas dentro do pátio da CPA, entre o desembarque rodoferroviário e a casa de bombas, apresentando valor máximo de 4174  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (6,39 ppm). Já as concentrações máximas modeladas fora do terreno da empresa não excedem 2000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (3,06 ppm), valor superior ao encontrado no ambiente, mas ainda baixo para representar riscos à saúde e segurança dos trabalhadores e à população no entorno.

Cabe salientar que só ocorre a volatilização do álcool simultaneamente nos quatro locais de emissão, para a simulação. Outro aspecto a se considerar é que tal concentração provavelmente ocorre em uma condição meteorológica atípica e desfavorável a dispersão,

entre os cinco anos de dados meteorológicos, não refletindo, portanto, o padrão médio de dispersão na região. Em relação a pluma, observa-se que ela apresenta dispersão uniforme no entorno do centro da Figura 21. A Figura 22 apresenta os resultados das concentrações médias de HCT para o período modelado.

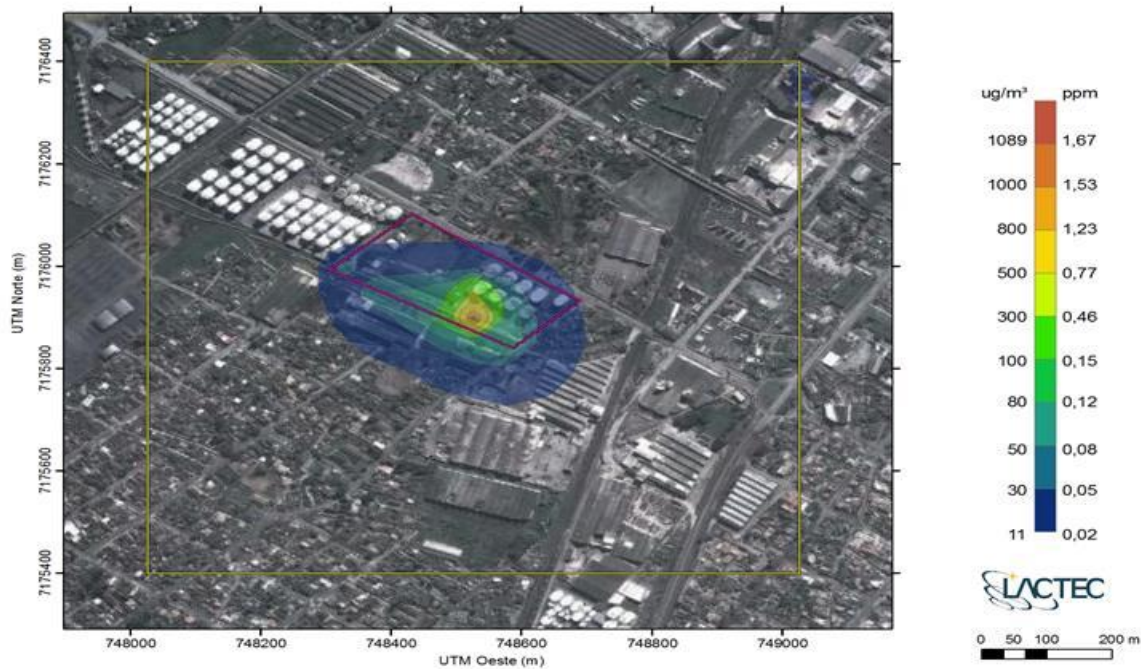


Figura 21 - Pluma das concentrações médias de HCT no cenário 1, para o período modelado (2007 - 2011)

As concentrações máximas observadas para média do período modelado igualmente ficaram entre o desembarque rodoferroviário e a casa de bombas, apresentando valor máximo de 1089  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (1,67 ppm). Já as concentrações máximas externas a CPA, estão todas abaixo de 500  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (0,77 ppm) o que é inferior a metade da concentração ambiente. Observa-se que a pluma tem uma leve tendência de dispersar no sentido noroeste.

## 8.2 CENÁRIO 2



A Figura 23 apresenta os resultados das concentrações máximas horárias de HCT para o período modelado.

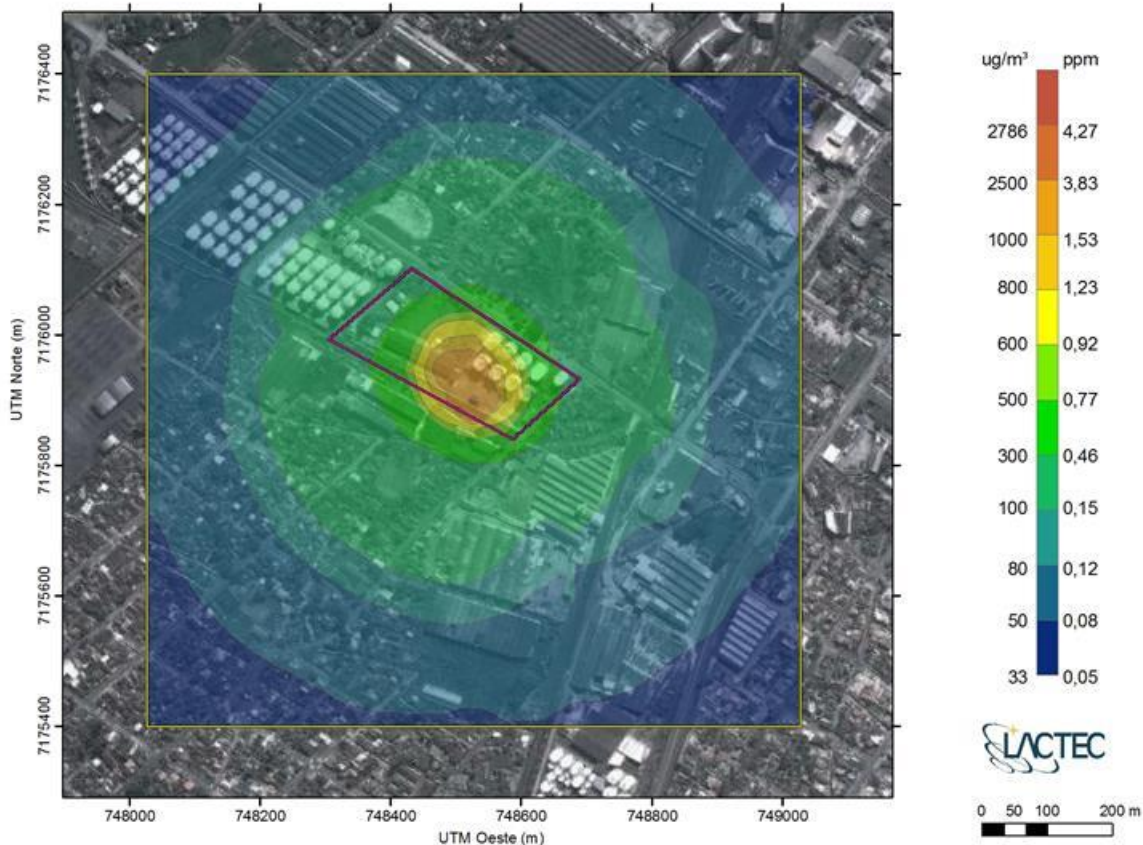


Figura 22 - Pluma das concentrações máximas horárias de HCT no cenário 2, para o período modelado (2007 - 2011)

A concentração máxima horária ocorreu próximo ao desembarque rodoferroviário, apresentando valor de 2786  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (4,27 ppm). Já as concentrações máximas modeladas fora do terreno da empresa são em torno de 800  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (1,23 ppm), A Figura 24 apresenta os resultados das concentrações médias de HCT para o período modelado.

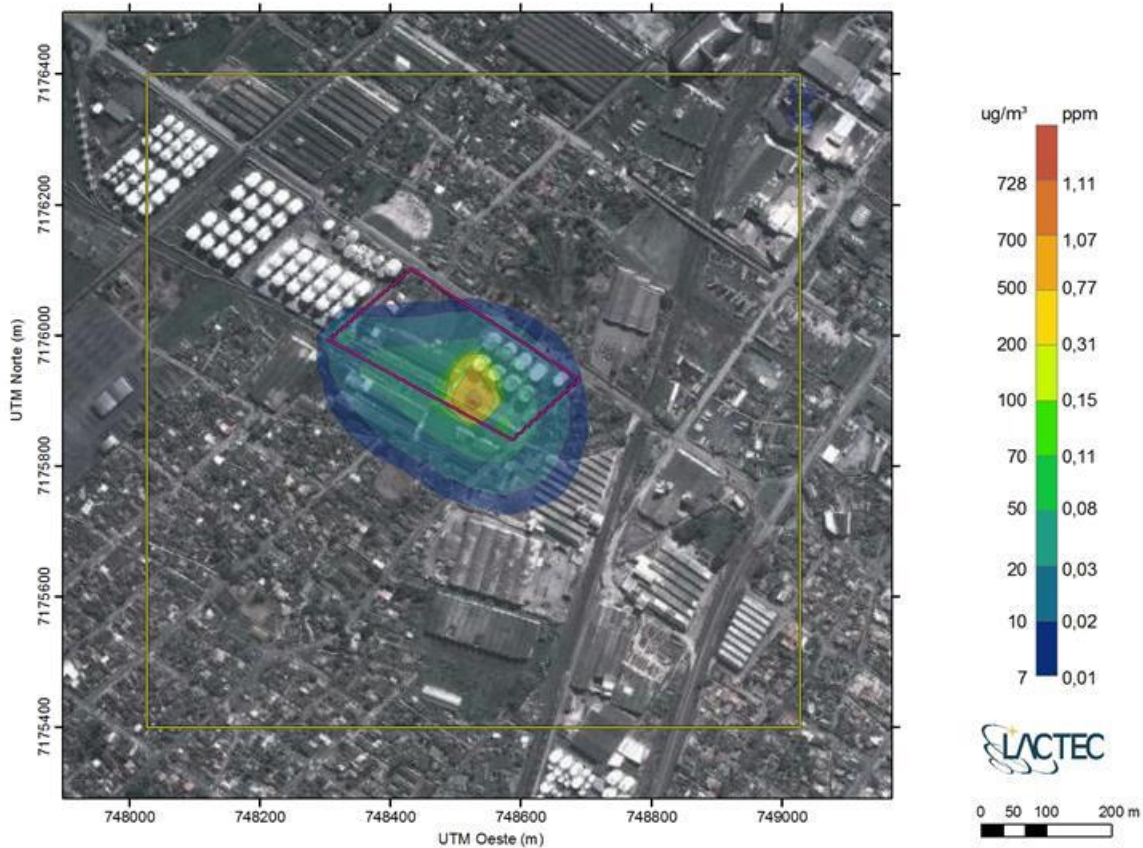


Figura 23 - Pluma das concentrações médias de HCT no cenário 2, para o período modelado (2007 - 2011).

A concentração máxima do período modelado, cujo valor foi de  $728 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (1,11 ppm), ocorreu próximo à casa de bombas e desvio ferroviário. Fora dos limites da empresa a concentração máxima foi de  $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (0,77 ppm). Nota-se uma tendência de dispersão da pluma no sentido noroeste.

### 8.3 CENÁRIO 3

A Figura 25 apresenta os resultados das concentrações máximas horárias de HCT para o período modelado.

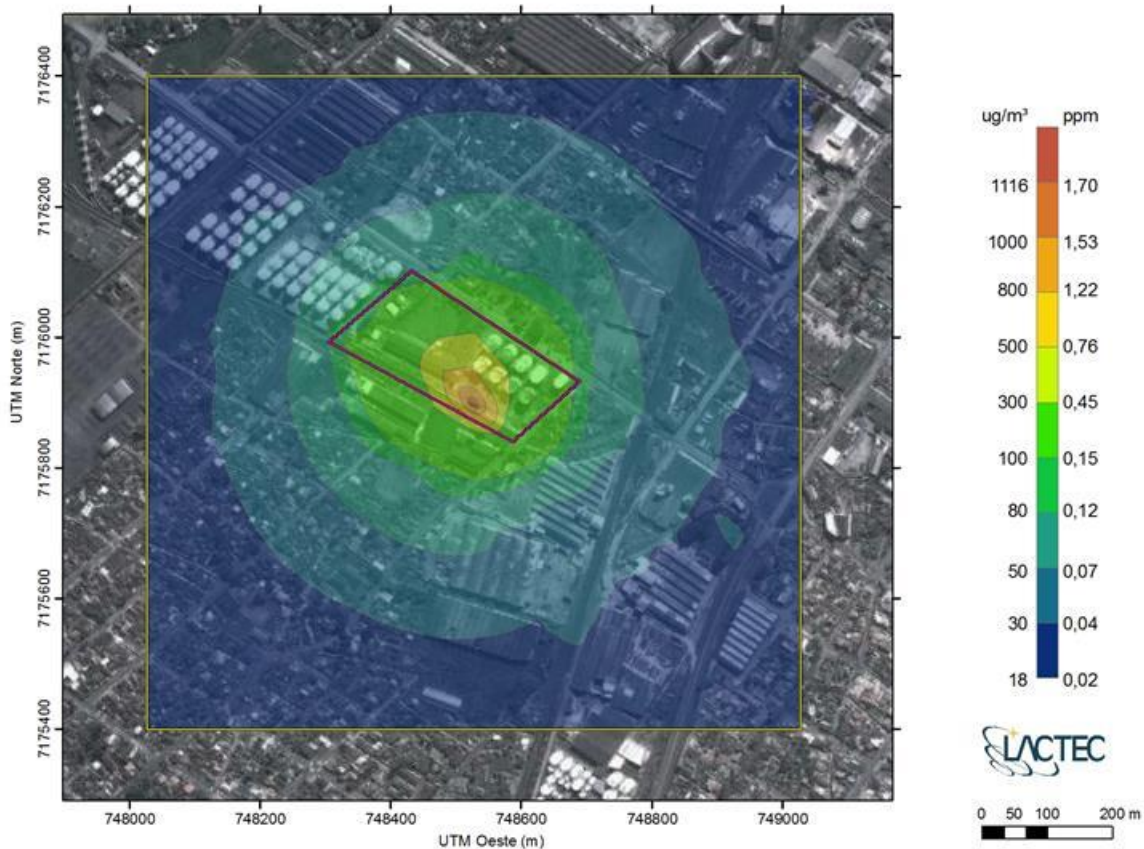


Figura 24 - Pluma das concentrações máximas horárias de HCT no cenário 3, para o período modelado (2007 - 2011).

A concentração máxima horária observada no interior do empreendimento, ocorrida entre o desvio ferroviário e a casa de bombas, foi de 1116 µg/m³ (1,7 ppm). No entorno a máxima é de 300 µg/m³ (0,45 ppm). A Figura 26 apresenta os resultados das concentrações médias de HCT para o período modelado.

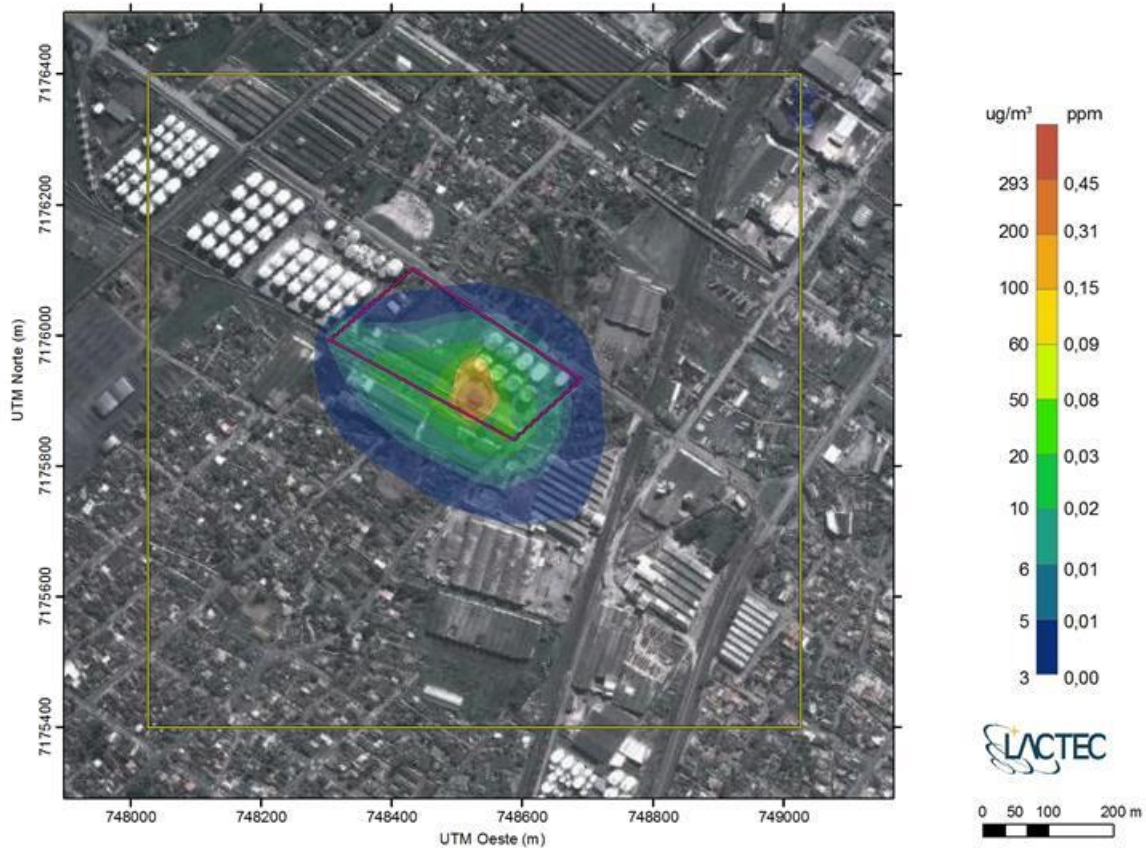


Figura 25 - Pluma das concentrações médias de HCT no cenário 3, para o período modelado (2007 - 2011).

A concentração máxima do período modelado, localizada próximo à casa de bombas e desvio ferroviário, foi de  $293 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (0,45 ppm). Fora dos limites da empresa a concentração máxima foi inferior a  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (0,15 ppm). Nota-se uma tendência de dispersão da pluma no sentido noroeste.

## 8.4 CENÁRIO 4

A Figura 27 apresenta os resultados das concentrações máximas horárias de HCT para o período modelado.

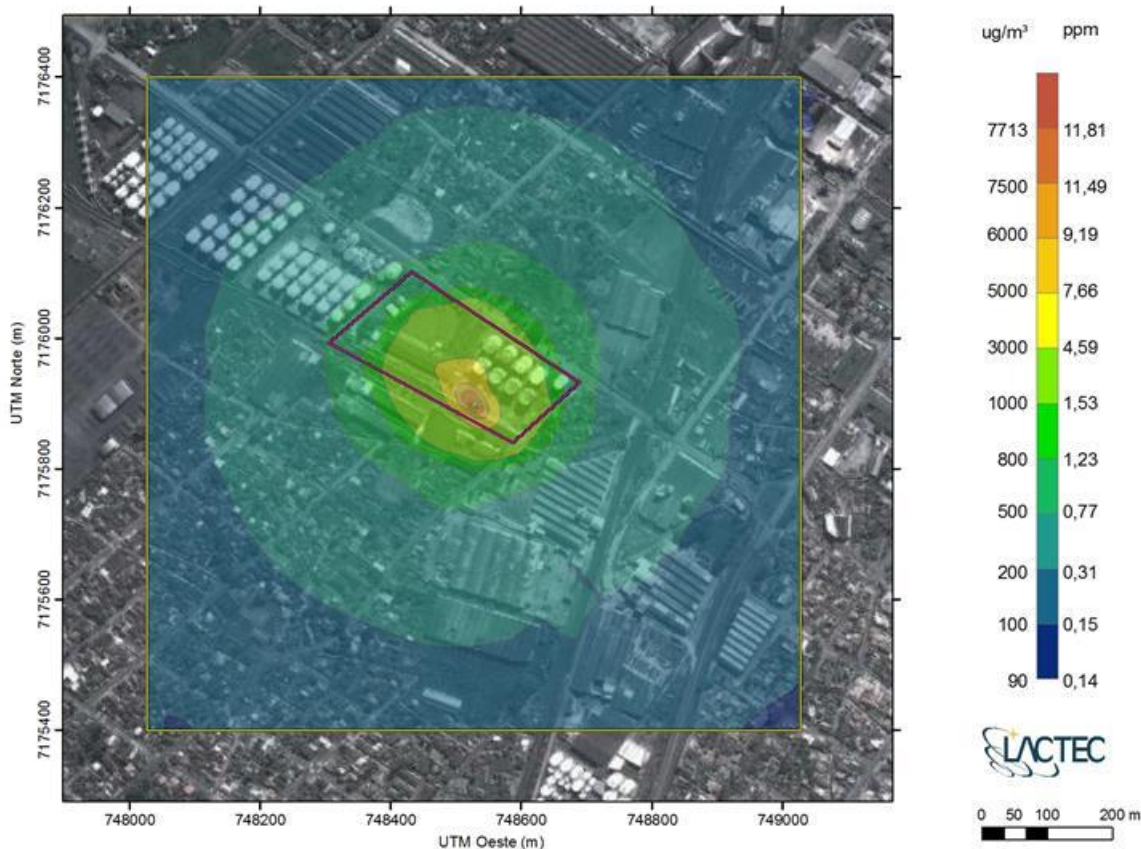


Figura 26 - Pluma das concentrações máximas horárias de HCT no cenário 4, para o período modelado (2007 - 2011)

A concentração máxima horária observada no interior do empreendimento, ocorrida entre o desvio ferroviário e a casa de bombas, foi de 7713  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (11,81 ppm). No entorno a máxima é de 3000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (4,59 ppm). A Figura 28 apresenta os resultados das concentrações médias de HCT para o período modelado.

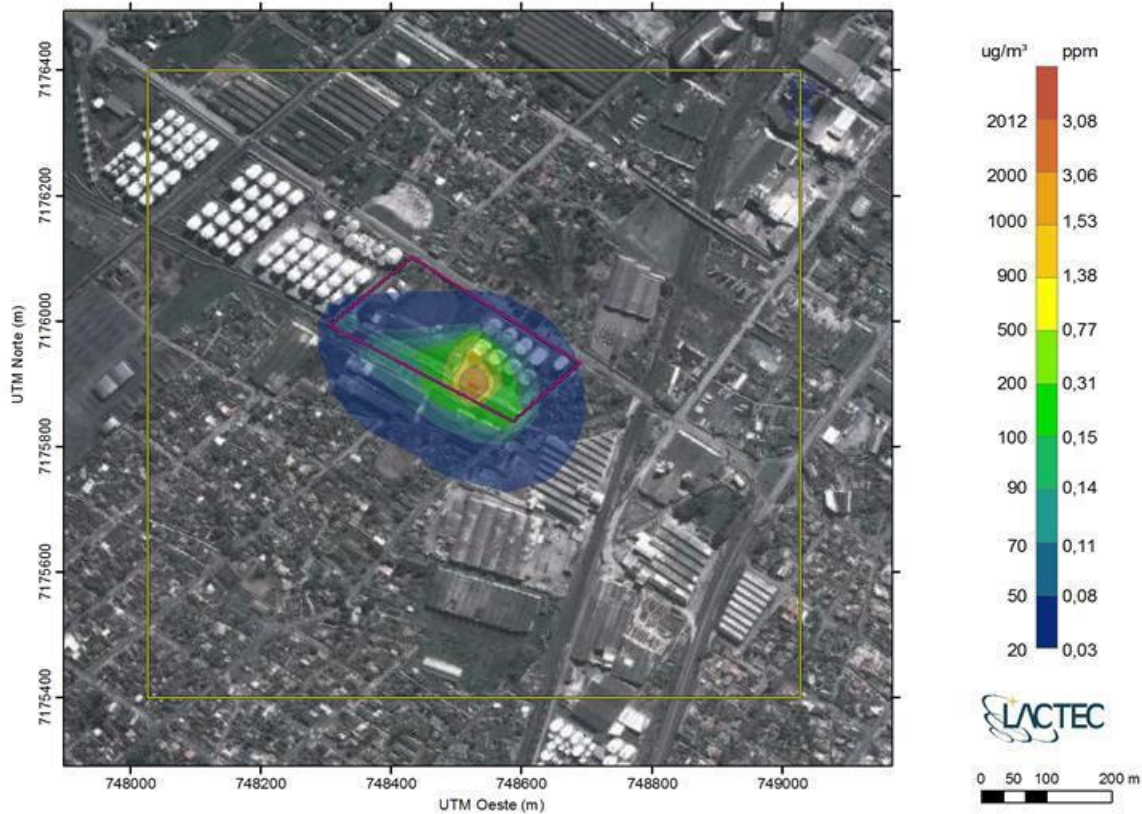


Figura 27 - Pluma das concentrações médias de HCT no cenário 4, para o período modelado (2007 - 2011)

A concentração máxima do período modelado ocorreu próximo à casa de bombas e desvio ferroviário, apresentando valor de  $2012 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (3,08 ppm). Fora dos limites da empresa, a concentração máxima foi inferior a  $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (0,77 ppm). Observa-se uma tendência de dispersão da pluma no sentido noroeste.

## 8.5 CENÁRIO 5

A Figura 29 apresenta os resultados das concentrações máximas horárias de HCT para o período modelado.

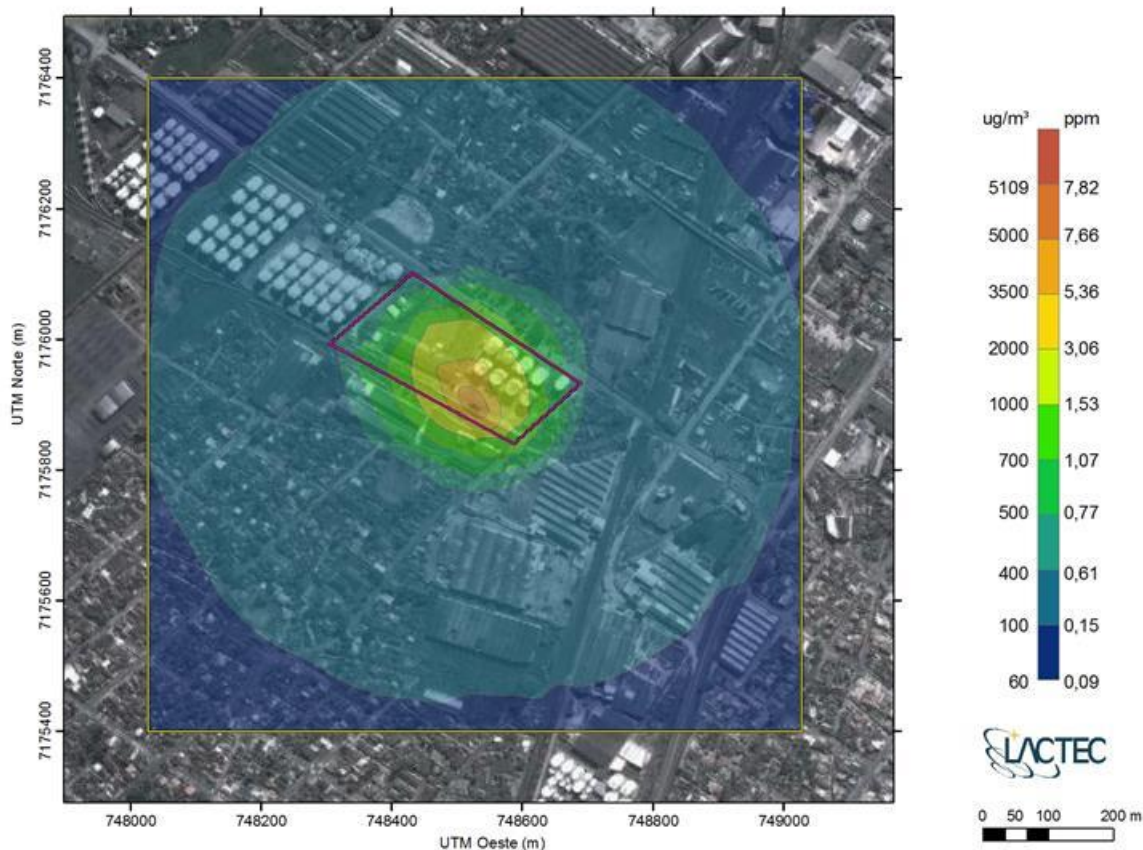


Figura 28 - Pluma das concentrações máximas horárias de HCT no cenário 5, para o período modelado (2007 - 2011)

A concentração máxima horária no interior da empresa, ocorrida entre a casa de bombas e o desvio ferroviário, foi de 5109 µg/m<sup>3</sup> (7,82 ppm) e fora de seus limites foi inferior a 2000 µg/m<sup>3</sup> (3,06 ppm). A Figura 30 apresenta os resultados das concentrações médias de HCT para o período modelado.

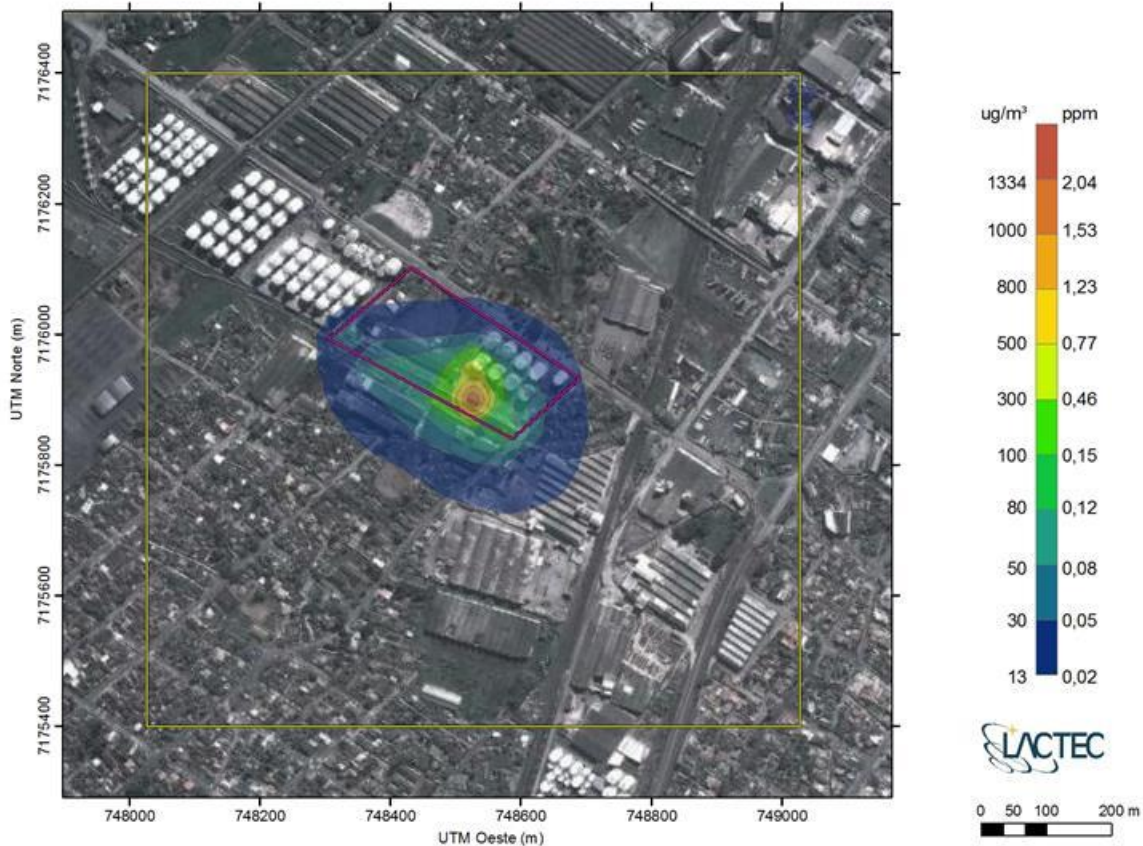


Figura 29 - Pluma das concentrações médias de HCT no cenário 5, para o período modelado (2007 - 2011).

No interior da empresa a concentração máxima do período modelado ocorreu entre a casa de bombas e desvio ferroviário, apresentando valor de 1334  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (2,04 ppm) e fora de seus limites foi inferior a 500  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (0,77 ppm).



## 8.6 CENÁRIO 6

A Figura 31 apresenta os resultados das concentrações máximas horárias de HCT para o período modelado.

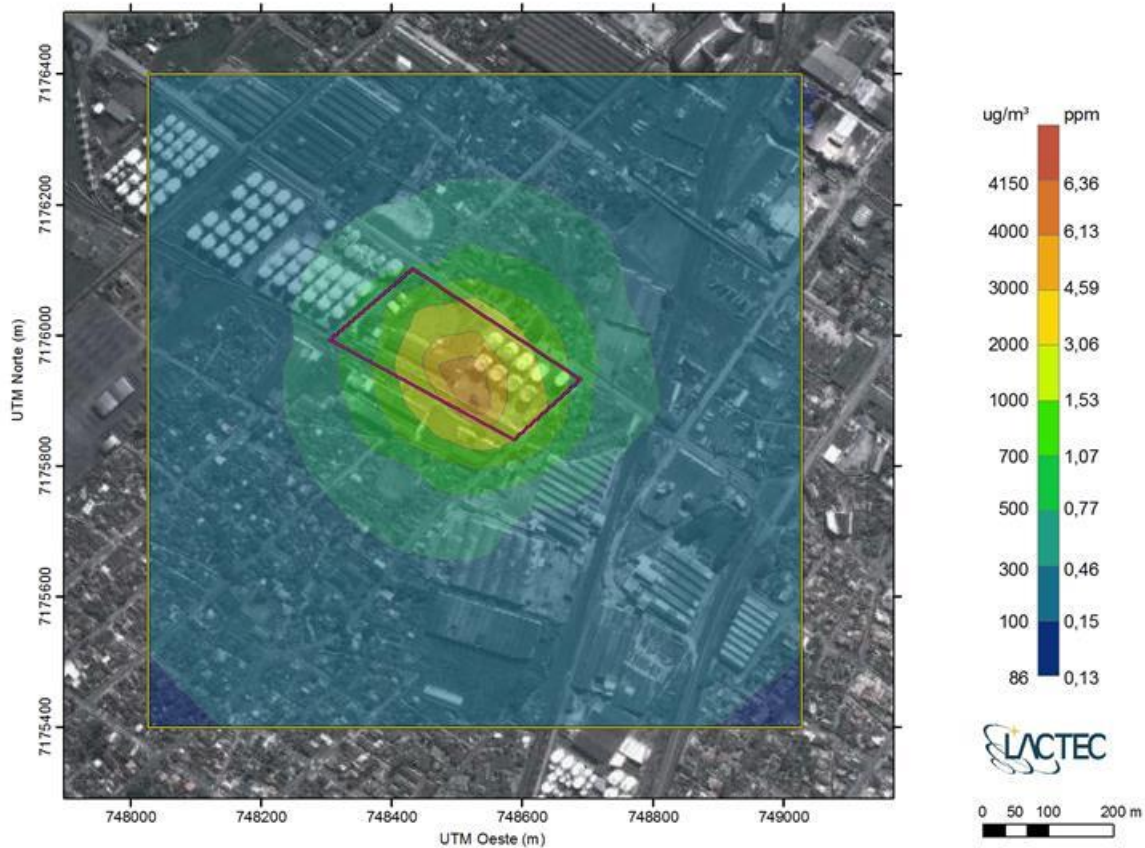


Figura 30 - Pluma das concentrações máximas horárias de HCT no cenário 6, para o período modelado (2007 - 2011).

No interior da CPA, a concentração máxima horária foi de 4150 µg/m<sup>3</sup> (6,36 ppm), localizada próximo ao desvio ferroviário e casa de bombas. Fora das dependências da empresa, a concentração mais elevada é inferior a 2000 µg/m<sup>3</sup> (3,06 ppm). A Figura 32 apresenta os resultados das concentrações médias de HCT para o período modelado.

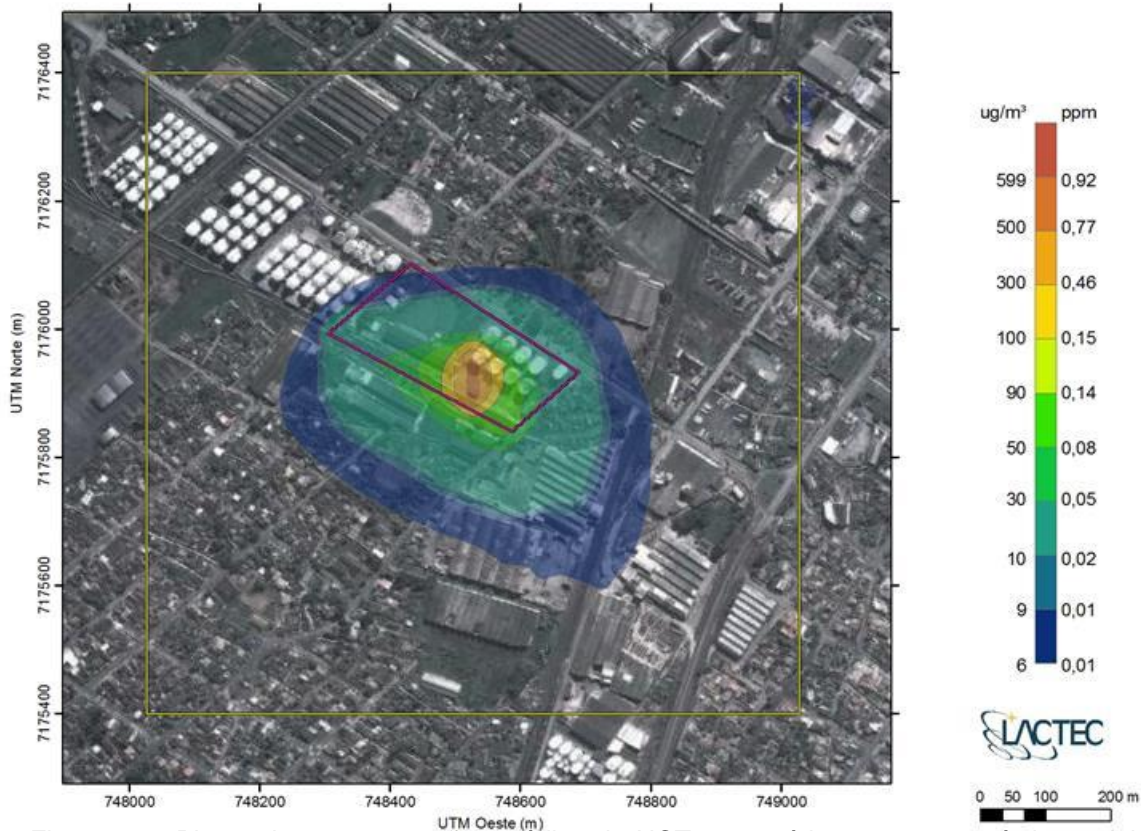


Figura 31 - Pluma das concentrações médias de HCT no cenário 6, para o período modelado (2007 - 2011).

Diferentemente das plumas dos demais cenários, a concentração máxima do período modelado para o cenário 6 ocorreu próximo a um dos tanques de armazenamento de álcool, estendendo-se até próximo a casa de bombas, ficando toda essa área com concentrações na faixa de 599  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (0,92 ppm). Isso pode ser justificado pelo fato de que nesse cenário 80% da taxa de emissão foram distribuídas entre os oito tanques. Fora dos limites da empresa, a concentração mais elevada é inferior a 300  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (0,46 ppm).

## 9 CONCLUSÃO

O Instituto Nacional de Saúde e Segurança Ocupacional (NIOSH), estabelece 1.000 ppm como limite máximo de exposição de metano, durante oito horas. Na ausência de limites máximos de exposição estabelecidos para os HCT e por esses serem compostos por aproximadamente 85% de metano, é plausível comparar a concentração máxima obtida pelas simulações com tal limite. Pela comparação verifica-se que o valor máximo fornecido pela modelagem nestes cenários foram inferiores ao limite (representando 0,639%), tal como ocorrido para todos os resultados apresentados neste trabalho.

Avaliando os cenários simulados conclui-se que a emissão fugitiva dos tanques de armazenamento, do processo de descarga de álcool, tanto ferroviário quanto rodoferroviário e exportação contribuem com pequeno aumento da concentração ambiente de HCT no entorno da empresa, mesmo no cenário mais crítico simulado. Os valores modelados dentro e no entorno da empresa não causam risco para a saúde da população no entorno e nem perigos para a segurança dos trabalhadores.

## 10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

EPA – ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **AERMOD description of model formulation**. EPA-454/R-03-004. 2004.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Resultados divulgados no Diário Oficial da União - 04/11/10**. Disponível em: <[www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)>. Acesso em: 18 out. 2013.

INTERGOVERNAMENTAL PAINEL OF CLIMATE CHANGE.IPCC. 2007. Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (eds.)]. Geneva, Switzerland, 2007. 104p.

**NR 15:** Atividades e operações insalubres.

PARANAGUÁ. Prefeitura Municipal. Disponível em: <<http://www.paranagua.pr.gov.br/conteudo/a-cidade/dados-gerais>>. Acesso em 18 out. de 2013.

CPA – Paraná Operações Portuárias. Disponível em: <<http://www.CPAParanagua.com.br/CPA/>>. Acesso em 17 de out. de 2013.

SILVA, Tamyris B.; NETO, Aurélio A. B. **Modelagem da dispersão de poluentes atmosféricos na região metropolitana da grande Vitória**. Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, Vitória, 2009. Disponível em <<http://www.cefetes.br>>. Acesso em 18 out. de 2013.



CONSELHO REGIONAL DE QUÍMICA DA IX REGIÃO  
PARANÁ

Rua Monsenhor Celso, 225 - 5º/6º/10º Andar - Caixa Postal 506 - CEP 80010-150 - Curitiba - Paraná  
Fone: (0\*\*41) 3224-6863 - Fax: (0\*\*41) 3233-7401 - e-mail: crq9@crq9.org.br - www.crq9.org.br

**CERTIFICADO DE ANOTAÇÃO DE  
FUNÇÃO TÉCNICA  
Nº 39549/13**

Certifico, conforme despacho do Senhor Presidente do Conselho Regional de Química - 9ª Região, que foi procedida a **Anotação de Função Técnica** do profissional **Jair Duarte**, registrado como **Engenheiro Químico** sob nº **09302137** e processo nº **15230/06** neste Conselho, relativamente ao **Terminal Pasa - Paranaguá** no **Monitoramento de HCT - Alcool Anidro Hidratado e Modelagem Matemática de Sua Dispersão Atmosférica.**

Curitiba, 11 de dezembro de 2013.

\_\_\_\_\_  
**Ana Lidia Gomes**  
Diretora Adm do CRQ-IX

\_\_\_\_\_  
**Karine Clotilde B. da Silva**  
Auxiliar Adm. do CRQ-IX