

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

JULIANA AKEMI IZUMI

**ESTUDO DA ESTIMATIVA DE DISPERSÃO ATMOSFÉRICA DO GÁS
AMÔNIA EM UM POSSÍVEL SINISTRO DE UMA AGROINDÚSTRIA
DA REGIÃO OESTE DO PARANÁ**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

MEDIANEIRA

2018

JULIANA AKEMI IZUMI

**ESTUDO DA ESTIMATIVA DE DISPERSÃO ATMOSFÉRICA DO GÁS
AMÔNIA EM UM POSSÍVEL SINISTRO DE UMA AGROINDÚSTRIA
DA REGIÃO OESTE DO PARANÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado como requisito parcial à obtenção do título Bacharel em Engenharia Ambiental, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Eyng

Co-orientador: Prof. Dr. Laercio Mantovani Frare

MEDIANEIRA

2018



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Medianeira
Diretoria de Graduação e Educação Profissional
Coordenação do Curso de Engenharia Ambiental



TERMO DE APROVAÇÃO

ESTUDO DA ESTIMATIVA DE DISPERSÃO ATMOSFÉRICA DO GÁS AMÔNIA
EM UM POSSÍVEL SINISTRO DE UMA AGROINDÚSTRIA DA REGIÃO OESTE
DO PARANÁ

por

JULIANA AKEMI IZUMI

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado às 8:20h do dia 22 de novembro de 2018, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Eduardo Eyng
Orientador

Prof. Dr. Laercio Mantovani Frare
Co-orientador

Prof. Dr. Dalésio Ostrovski
Membro titular

Prof. Dr. Fabio Orssatto
Membro titular

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso –

AGRADECIMENTOS

Primeiro, agradeço a Deus, por me conceder o dom da vida, e uma família que se fez presente em todos os momentos da construção do meu “eu”, pessoal e profissional.

Agradeço a todo o corpo docente da UTFPR que se fez presente em minha vida acadêmica, por todo o conhecimento transmitido, todas as observações construtivas, todas as avaliações tenebrosas que me desafiavam a sempre estudar mais e me dedicar melhor, e me ensinaram que as noites em claro, estudando para aquelas provas com os amigos, jamais serão esquecidas e de certa forma deixaram saudades.

Em especial, agradeço aos professores Drs. Eduardo Eyng e Laercio Mantovani Frare, por todo o conhecimento transmitido em aula, durante os projetos desenvolvidos e por sempre terem os melhores conselhos para nos instigar a melhorar sempre nessa jornada, e na vida. Parabéns por tanta garra, determinação e dedicação a formação de seres humanos e futuros engenheiros melhores.

Ah, os amigos! Vocês foram responsáveis por tornar o processo de morar longe de casa e da família, mais fácil e divertido. Formamos uma família, que sobreviverá a distância pós UTFPR. Obrigada Bruna Capra, Ana Royer, Leonardo Delgado, Flávia Manente, Ricardo/Iguape, por todos os momentos que estivemos juntos durante esse curso, seja desde o início ou agora, nesse final de vida acadêmica, o 7º, 8º e 9º período não teriam tido sintonia sem vocês e a Iguapinha.

Por fim, agradeço ao meu melhor amigo e companheiro, Lieverton, por sempre estar ao meu lado, me dando todo o suporte necessário, além de ter me presenteado com a incrível pessoinha que resume todo o nosso amor, a Clarinha.

RESUMO

IZUMI, Juliana Akemi. **Estudo da estimativa de dispersão atmosférica do gás amônia em um possível sinistro de uma agroindústria da região oeste do paraná.** 2018. 66 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2018.

Emissões de poluentes atmosféricos tem preocupado a sociedade nos últimos anos. Conhecer o comportamento da dispersão desses compostos se fez importante para a tomada de decisão em cenários de sinistros, onde é necessário que se aplique um plano de emergência. O modelo Gaussiano de dispersão de poluentes atmosféricos é um método clássico e muito utilizado para a simulação de dispersão de poluentes. Este trabalho teve o objetivo de simular a dispersão de gás amônia em um sinistro de uma agroindústria da região oeste do Paraná. Foi analisado a concentração na dispersão de amônia para as velocidades máxima e mínima, e para as estações do ano. Foi desenvolvido um software para realizar a modelagem em linguagem MatLab. Como resultados, foram obtidos os gráficos de concentração com longo das direções, x e y (comportamento da pluma de dispersão) bem como o perfil da concentração ao longo da distancia na direção do vento. Com isso concluiu-se que em velocidades elevadas, a dispersão é facilitada e que em períodos noturnos, a dispersão é dificultada, devido ao baixo gradiente de temperatura que não auxilia na convecção e movimentação do ar.

Palavras-chave: Dispersão de Gás Amônia. Emissões Atmosféricas. Modelo Gaussiano.

ABSTRACT

IZUMI, Juliana Akemi. **Study of the estimation of the atmospheric dispersion of the ammonia gas in a possible accident of an agroindustry of the western region of Paraná.** 2018. 66 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2018.

Emissions of air pollutants have been worrying in recent years. Knowing the behavior of the dispersion of these compounds is important for a decision making in scenarios of claims, where it is necessary to install an emergency plan. The Gaussian model of dispersion of atmospheric pollutants is a classic and widely used for a simulation of dispersion of pollutants. This work had the objective of simulating a dispersion of gas in an accident of an agroindustry of the western region of Paraná. It was analyzed for the first time in frequency dispersion for maximum and minimum velocity, and for the seasons. Software was developed to perform a MatLab language modeling. As the buttons were rounded up and up and up and up, with the sense of scattering up and down. With this it was concluded that the dispersion is facilitated and it is done in nocturnal periods, a dispersion is difficult, due to the low temperature gradient that does not aid in the convection and movement of the air.

Keywords: Ammonia Gas Dispersion. Atmospheric Emissions. Gaussian Model.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Comportamento da pluma de dispersão de uma emissão atmosférica em função da distribuição gaussiana	18
Figura 2 - Fluxograma da execução do programa de simulação de dispersão atmosférica de amônia pelo modelo Gaussiano.....	24
Figura 3 – Interface de usuário do programa	28
Figura 4 – Comportamento da concentração de amônia em ppm na direção Nordeste, para a velocidade mínima simulada.....	33
Figura 5 - Perfil da concentração de amônia na pluma de dispersão ao longo da distância da fonte emissora para a menor velocidade simulada	34
Figura 6 – Comportamento da concentração de amônia em ppm na direção Nordeste, para a velocidade máxima simulada.....	36
Figura 7 – Perfil da concentração de amônia na pluma de dispersão ao longo da distância da fonte emissora para a máxima velocidade simulada.....	37
Figura 8 – Perfil da concentração de amônia na pluma de dispersão <u>ao</u> longo da distância da fonte emissora simulado para o mês de fevereiro, no período das 12h às 17h45min.....	46
Figura 9 – Comportamento da concentração de amônia em ppm simulado para o mês de Fevereiro no período das 12h às 17h45min.	47
Figura 10 - Perfil da concentração de amônia na pluma de dispersão <u>ao</u> longo da distância da fonte emissora simulado para o mês de fevereiro, no período das 18h às 23h45min.....	47
Figura 11 – Comportamento da concentração de amônia em ppm simulado para o mês de Fevereiro no período das 18h às 23h45min.	48
Figura 12 - Perfil da concentração de amônia na pluma de dispersão <u>ao</u> longo da distância da fonte emissora simulado para o mês de maio, no período das 12h às 17h45min.....	48
Figura 13 – Comportamento da concentração de amônia em ppm simulado para o mês de maio no período das 12h às 17h45min.....	49
Figura 14 - Perfil da concentração de amônia na pluma de dispersão ao longo da distância da fonte emissora simulado para o mês de maio, no período das 18h às 23h45min.....	49
Figura 15 - Comportamento da concentração de amônia em ppm simulado para o mês de maio no período das 18h às 23h45min.....	50
Figura 16 – Perfil da concentração de amônia na pluma de dispersão ao longo da distância da fonte emissora simulado para o mês de agosto, no período das 12h às 17h45min.....	50
Figura 17 - Comportamento da concentração de amônia em ppm simulado para o mês de agosto no período das 12h às 17h45min.....	51
Figura 18 - Perfil da concentração de amônia na pluma de dispersão ao longo da distância da fonte emissora simulado para o mês de agosto, no período das 18h às 23h45min.....	51

Figura 19 - Comportamento da concentração de amônia em ppm simulado para o mês de agosto no período das 18h às 23h45min.....	52
Figura 20 – Perfil da concentração de amônia na pluma de dispersão ao longo da distância da fonte emissora simulado para o mês de novembro, no período das 12h às 17h45min.....	52
Figura 21 - Comportamento da concentração de amônia em ppm simulado para o mês de novembro no período das 12h às 17h45min.	53
Figura 22 – Perfil da concentração de amônia na pluma de dispersão ao longo da distância da fonte emissora simulado para o mês de novembro, no período das 18h às 23h45min.....	53
Figura 23 – Comportamento da concentração de amônia em ppm simulado para o mês de novembro no período das 18h às 23h45min.	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Parâmetros para dispersão urbana de Briggs para distâncias entre 100 e 10.000m	19
Tabela 2 - Tipos de categoria de estabilidade atmosférica para cálculo dos coeficientes de dispersão	20
Tabela 3 – Descrição da entrada de dados para o programa computacional desenvolvido em MatLab	23
Tabela 4 - Exemplificação da formatação da base de dados necessários para execução do programa.....	23
Tabela 5 – Faixas de graus para a determinação das direções de acordo com a Rosa dos Ventos	26
Tabela 6 – Cenários mais prováveis para cada período e mês	30
Tabela 7 – Dados de Dispersão de amônia simulados para o mês de abril.....	32
Tabela 8 – Dados de Dispersão de amônia simulados para o mês de outubro	35
Tabela 9 – Dados de Dispersão de amônia simulados que representam o Verão....	39
Tabela 10 – Dados de Dispersão de amônia simulados que representam o Outono	40
Tabela 11 – Dados de Dispersão de amônia simulados que representam o Inverno	41
Tabela 12– Dados de Dispersão de amônia simulados que representam a Primavera	42
Tabela 13 – Dados de Dispersão de amônia simulados que representam o mês de janeiro	55
Tabela 14– Dados de Dispersão de amônia simulados que representam o mês de fevereiro	56
Tabela 15 – Dados de Dispersão de amônia simulados que representam o mês de março	57
Tabela 16 – Dados de Dispersão de amônia simulados que representam o mês de abril	58
Tabela 17 – Dados de Dispersão de amônia simulados que representam o mês de maio	59
Tabela 18 – Dados de Dispersão de amônia simulados que representam o mês de junho	60
Tabela 19 – Dados de Dispersão de amônia simulados que representam o mês de julho.....	61
Tabela 20 – Dados de Dispersão de amônia simulados que representam o mês de agosto	62
Tabela 21 – Dados de Dispersão de amônia simulados que representam o mês de setembro	63
Tabela 22 – Dados de Dispersão de amônia simulados que representam o mês de outubro	64
Tabela 23 – Dados de Dispersão de amônia simulados que representam o mês de novembro	65

Tabela 24 – Dados de Dispersão de amônia simulados que representam o mês de dezembro	66
--	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	14
2.1 OBJETIVO GERAL	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1 POLUENTES ATMOSFÉRICO	15
3.2 AMÔNIA	16
3.2.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO GÁS AMÔNIA	16
3.4 USO INDUSTRIAL DE AMÔNIA	17
3.5 MODELO GAUSSIANO DE DISPERSÃO DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS	17
4 MATERIAIS E MÉTODOS	21
4.1 CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO	21
4.2 CARACTERIZAÇÃO DA INDÚSTRIA DO ESTUDO	21
4.3 OBTENÇÃO E PADRONIZAÇÃO DOS DADOS METEOROLÓGICOS	22
4.4 PROGRAMA COMPUTACIONAL PARA SIMULAÇÃO DA DISPERSÃO DA AMÔNIA	22
4.5 CONSIDERAÇÕES DA SIMULAÇÃO	25
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
5.1 INTERFACE DO PROGRAMA COMPUTACIONAL	28
5.2 MODELAGEM, SIMULAÇÃO DA DISPERSÃO	29
5.2.1 SIMULAÇÃO CONSIDERANDO OS EXTREMOS DE VELOCIDADE	31
5.2.1.1 SIMULAÇÃO PARA A VELOCIDADE MÍNIMA	31
5.2.1.2 SIMULAÇÃO PARA A VELOCIDADE MÁXIMA	35
5.2.2 SIMULAÇÃO PARA AS ESTAÇÕES CLIMÁTICAS DO ANO	38
5.2.2.1 VERÃO	38
5.2.2.3 INVERNO	40
5.2.2.3 PRIMAVERA	41
6 CONCLUSÕES	43
REFERÊNCIAS	44
APÊNDICES	46
APÊNDICE A – GRÁFICOS DE COMPORTAMENTO DA CONCENTRAÇÃO DE AMÔNIA NA PLUMA DE DISPERSÃO ATMOSFÉRICA SIMULADAS PARA UM MÊS REPRESENTANTE DE CADA ESTAÇÃO DO ANO	46
APÊNDICE B – TABELAS COM OS DADOS DE DISPERSÃO DE AMÔNIA SIMULADOS PARA CADA MÊS DO ANO	55

1 INTRODUÇÃO

Os níveis de emissão atmosférica de poluentes têm aumentado em um movimento gradual, acompanhando o avanço das necessidades da sociedade atrelado a evolução constante da tecnologia. Nos últimos anos, cresceu a preocupação com as emissões atmosféricas. Um exemplo é a emissão de automóveis, porém, não é a única fonte de emissão, nesse contexto, as indústrias têm uma contribuição significativa, emitindo diversos tipos de poluentes, muitas vezes, com níveis toxicológicos elevados.

A indústria alimentícia emite diversos tipos de poluentes, e a luz da legislação vigente, assume medidas para controle e tratamento dos poluentes antes de sua emissão em “chaminé” propriamente dito. Porém, no que trata de gases perigosos, que são essenciais e estão internos ao processo, ou seja, não são emitidos a atmosfera, conhecer o seu comportamento de dispersão atmosférica caso um acidente ocorra pode ser primordial para evitar prejuízos a organização e a sociedade.

O uso de amônia no processo de resfriamento de produtos frigoríficos ao longo de seu processamento, é extremamente eficiente, porém, se um sinistro acontece e há o vazamento de gás amônia, e entrar em contato com as pessoas, pode afetar a saúde das mesmas, e em casos mais graves levar a óbito. Então é importante poder estimar a dispersão desse poluente na atmosfera, a fim de tomar decisões mais seguras, além de elaborar um plano de emergência para sinistros, e evitar que haja feridos.

Existem, diversos métodos para estimar a dispersão de poluentes atmosféricos, porém, o modelo matemático mais comum para exercer essa tarefa, é o clássico modelo Gaussiano de dispersão de poluentes.

Este trabalho tem o intuito de realizar a modelagem de dispersão de poluentes, pelo modelo Gaussiano, simulando um acidente com vazamento de amônia de uma agroindústria, de modo que seja possível realizar análises do comportamento da pluma de dispersão e a determinação do perfil de concentração do poluente na atmosfera.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar, por meio de simulações, a dispersão de gás amônia na atmosfera em decorrência de um possível sinistro em um frigorífico e abatedouro de suínos.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar os dados meteorológicos da área de estudo
- Definir parâmetros para a análise em modelo Gaussiano de dispersão de poluentes atmosféricos;
- Elaborar um programa em MatLab, para simular a dispersão de amônia;
- Realizar simulações da dispersão da pluma de amônia, levando em consideração das sazonalidades por meio de análise probabilística.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 POLUENTES ATMOSFÉRICO

De acordo com a Lei nº 13806/02, art. 1º inciso I, do Instituto Ambiental do Paraná - IAP, entende-se por poluição atmosférica como:

“A degradação da qualidade da atmosfera resultante de atividades que direta ou indiretamente: prejudiquem a saúde, a segurança o bem-estar da população, ou criem condições adversas às atividades sociais e econômicas, ou afetem desfavoravelmente a biota, ou afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente, ou lancem matérias ou energias em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos.” (IAP, 2002).

Deste modo, tem-se por poluente atmosférico toda e qualquer forma de matéria, independente do estado físico em que se encontra, ou energia que disposto na atmosfera possa causar ou causa poluição atmosférica (IAP,2002).

Existem dois grandes tipos de fontes emissoras, segundo a resolução SEMA nº 16 de 15 de abril de 2014, são os fixos, que ocorrem em um ponto específico passível de identificação, e fontes móveis, que se dispersão pela comunidade (SANTOS, 2016). Os padrões de emissão e os limites de tolerância dos poluentes atmosféricos e suas emissões seguem o disposto na resolução SEMA nº 16 de 15 de abril de 2014, que define como limite de tolerância para gás amônia, a concentração de 10 ppm (SEMA nº 16 /2014).

Com relação aos tipos de poluentes, são classificados em dois tipos, os primários, que são emitidos diretamente das fontes, e os secundários, que são gerados na atmosfera a partir dos poluentes primários que sofreram transformações e reações fotoquímicas na baixa atmosfera. (LISBOA, 2007).

3.2 AMÔNIA

3.2.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO GÁS AMÔNIA

Amônia anidra, também conhecido como gás amônia ou amônia industrial, é um gás incolor, em alta pressão encontra-se no estado líquido. Possui ponto de fusão em -78°C , ponto de ebulição em -33°C à 760mmHg. É solúvel em água, metanol, éter, califórnia e etanol. Apresenta alta toxicidade por contato e/ou inalação, sua percepção odorífera ocorre em baixas concentrações, a partir de 5 ppm. (FISPQ – Petrobras, 2013)

3.3. PRECAUÇÕES DE USO E RISCO A SAÚDE HUMANA

Os riscos a saúde humana, variam de acordo com a concentração de modo que em 10 ppm já é possível sentir irritação na laringe, e ardência nas narinas e nos olhos. Mas em casos de contato com a pele, ou em concentrações mais elevadas, é possível que cause estenose da laringe, causando perda parcial da capacidade de fala.

Além de afetar a laringe, a inalação de gás amônia pode causar Bronquiectasias, provocar uma bronquite crônica, broncopneumonia, traqueopneumonia, faringite entre outras doenças. Quando o indivíduo é exposto a altas concentrações, existe o risco eminente de morte por sufocamento, uma vez que a amônia, quando chega aos pulmões, causa o inchaço excessivo dos bronquíolos que ficam com suas funções de troca gasosa comprometidas. (COSTA, et al., 1995)

3.4 USO INDUSTRIAL DE AMÔNIA

Utilizado pela primeira vez em 1876, para resfriar uma máquina de compressão a vapor, por Carl Von Linde. Foi deixado de lado com o desenvolvimento dos CFCs (Clorofluorcarbonos) em 1920, voltou a ser utilizado após o protocolo de Montreal, em 1990, devido aos danos para a atmosfera causados pelos CFCs, a amônia retorna ao cenário industrial, principalmente para processos de resfriamento. Seus benefícios no resfriamento são: possui alta eficiência energética, não necessita de tubulações grandes, tem melhor transferência de calor, tem preço de mercado mais em conta e é considerado o refrigerante mais ecológico, uma vez que ele não contribui para o efeito estufa. (LOPES, et al, 2015).

3.5 MODELO GAUSSIANO DE DISPERSÃO DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS

O modelo gaussiano, estima que a distribuição da concentração do poluente tenha um comportamento normal, de modo que o pico de concentração do poluente ocorra ao longo da linha de centro da pluma desta maneira, de acordo com a Figura 1, σ_y representa a dispersão na direção horizontal e σ_z na vertical (BOÇON, 1998).

Para Moreira e Tirabassi, 2004, este modelo tem por fundamento o pressuposto teórico na solução da equação de transporte e difusão na atmosfera, de maneira exata, porém não real, onde o coeficiente de difusão turbulenta e a velocidade do vento são constantes com a altura. No entanto, este modelo pode ser forçado a representar uma situação real, com o emprego dos sigmas, que configuram a amplitude do cone da pluma, na direção do vento (MOREIRA, et al, 2004).

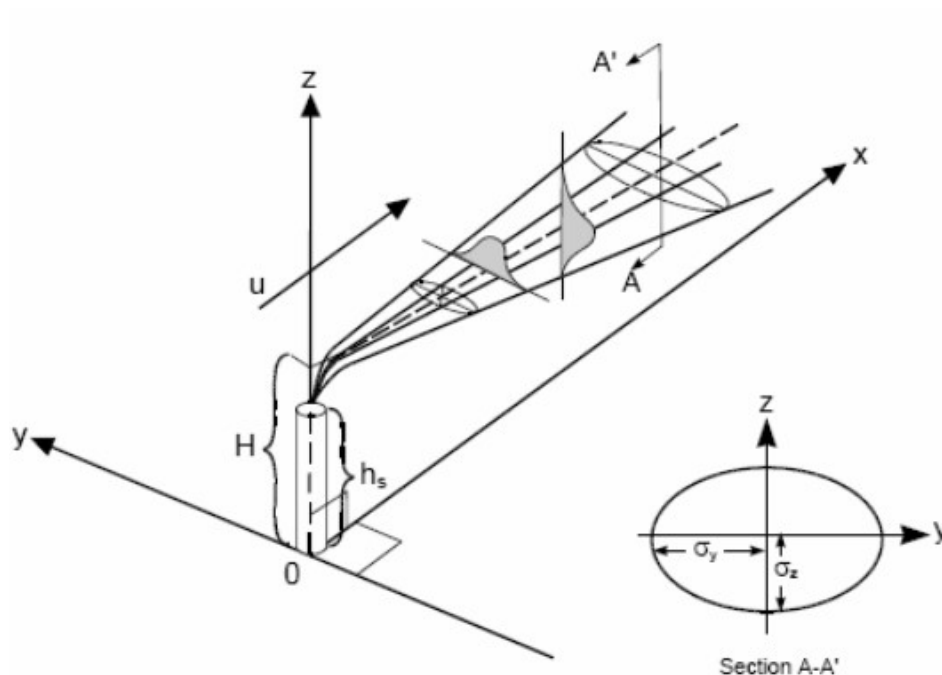


Figura 1 - Comportamento da pluma de dispersão de uma emissão atmosférica em função da distribuição gaussiana

Fonte: Adaptado de Turner, 1970

O modelo matemático utilizado para calcular a concentração do componente gasoso para um receptor localizado a uma distância “x”, em direção ao vento, deslocado “y” em relação à linha central e de altura “z”, está descrito pela Equação 1

$$C_{(x,y,z)} = \frac{Q}{2\pi V \sigma_y \sigma_z} \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) * \left[\exp\left(-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2}\right)\right] \quad (1)$$

Onde:

- C é a concentração do componente gasoso no ponto de coordenadas (x, y, z);
- x é a distância da fonte emissora na direção do vento, em m;
- y é o deslocamento lateral em relação à linha central na direção do vento, em m;
- z é a altura do receptor, em m;
- Q é a vazão mássica da emissão gasosa, em g.s⁻¹;

- v é a velocidade do vento na altura da fonte, em $m.s^{-1}$;
- σ_y e σ_z são as dispersões, em m;
- H a altura efetiva da fonte emissora, em m.

Para realizar o cálculo dos sigmas, consideram-se os parâmetros de Briggs para dispersão urbana disposto na Tabela 1.

Tabela 1 – Parâmetros para dispersão urbana de Briggs para distâncias entre 100 e 10.000m

Categoria	σ_y	σ_z
A – B	$0,32 * x * (1 + 0,0004)^{-0,5}$	$0,24 * x * (1 + 0,001x)^{-0,5}$
C	$0,22 * x * (1 + 0,0004)^{-0,5}$	$0,20 * x$
D	$0,16 * x * (1 + 0,0004)^{-0,5}$	$0,14 * x * (1 + 0,0003x)^{-0,5}$
E – F	$0,11 * x * (1 + 0,0004)^{-0,5}$	$0,08 * x * (1 + 0,0015x)^{-0,5}$

Fonte: Autoria Própria, 2018

Para definir a categoria, observa-se a Tabela 2, que traz a descrição de cada categoria.

Tabela 2 - Tipos de categoria de estabilidade atmosférica para cálculo dos coeficientes de dispersão

Velocidade do vento (a 10 m) m/s	Dia			Noite	
	Entrada de radiação solar (luz do sol)			Maior parte do céu coberto ou $\geq 4/8$ coberto por nuvens	Maior parte do céu limpo ou $\leq 3/8$ coberto por nuvens
	Forte	Moderada	Leve		
< 2	A	A – B	B	-	-
2 – 3	A – B	B	C	E	F
3 – 5	B	B – C	C	D*	E
5 – 6	C	C – D	D	D	D
> 6	C	D	D	D	D

*A categoria neutra, D, deve ser considerada para condições de céu nublado durante o dia

Fonte: Vesilind e Morgan, 2011

Em que:

A – Extremamente instável

B – Moderadamente instável

C – Levemente instável

D – Neutra

E – Levemente estável

F – Moderadamente estável

Salazar, 2016, realizou uma análise comparativa entre os diversos modelos de dispersão de poluente, em que o modelo gaussiano obteve resultados satisfatórios. (Salazar, 2016) Outros estudos, também fizeram uso deste modelo, como o estudo realizado pela Envex E Similar, 2009, que utilizaram da modelagem computacional deste modelo para simular a dispersão de poluentes atmosféricos de uma usina termoelétrica, a fim de estimar o impacto que esse empreendimento causaria na localidade. (Malheiros, et. al, 2009)

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Medianeira, está localizado a 25°17'40", latitude sul e a 54°05'30", longitude oeste, na região oeste do estado do Paraná, possui 41.817 habitantes de acordo com o censo do ano de 2010 do IBGE, desses, 37.403 residem na área urbana, em 11.362 domicílios, e 4.427, residem na área rural do município, em 1.308 domicílios. Está a 402 metros de altitude, com seu ponto mais alto à 608 metros e o ponto mais baixo, 275 metros. Faz fronteira ao norte, com o município de Missal, a oeste, com São Miguel do Iguaçu, ao sul, com Serranópolis do Iguaçu, e a leste, com o município de Matelândia (MEDIANEIRA, 2018). Pertence ao Terceiro Planalto Paranaense (MINEROPAR, 2006). Quanto ao clima, foi classificado como Clima Subtropical Úmido, Cfa, segundo a metodologia de Köppen e Geiger. (BILSKI, 2011).

4.2 CARACTERIZAÇÃO DA INDÚSTRIA DO ESTUDO

A indústria está inserida no perímetro urbano do município. Opera para o abate e processamento diário de 6000 suínos, e utiliza em seu processo o resfriamento a base de amônia. Para isso, possui duas salas de máquinas, com 4 Reservatórios de Líquido (RL) e 11 Separadores de Líquido (SL), instalados e distribuídos na planta. Os equipamentos possuem capacidades volumétricas diferentes, de modo que o maior volume dos reservatórios de líquido é de 21000 L e apenas 2 reservatórios possuem tal capacidade, já 3 Separadores de Líquido apresentam capacidade de 22000L, que é o maior volume desse tipo de equipamento. Durante o funcionamento operacional normal da indústria, os reservatórios possuem de 20 à 30 % de sua capacidade preenchida, de modo que somente terão sua capacidade máxima utilizada em momentos de recolha das linhas de amônia. Já os Separadores de Líquido operam de 4 à 5% de seus volumes totais com amônia líquida

e o volume restante com amônia gasosa.

4.3 OBTENÇÃO E PADRONIZAÇÃO DOS DADOS METEOROLÓGICOS

Para realizar a estimativa de dispersão pelo Modelo Gaussiano, foi necessário a obtenção de dados meteorológicos relativos à velocidade média e direção do vento, temperaturas máxima e mínima, do município de Medianeira. Os dados foram obtidos na estação meteorológica digital, localizada nas dependências da UTFPR, que faz os registros dos cenários a cada 15 minutos, automaticamente e disponibiliza em uma plataforma online.

Os dados foram organizados em uma planilha, ordenados em colunas e intituladas respectivamente, como data, no formato dd/mm/aa, horário, no formato de hh:mm:ss, direção do vento, em graus, temperatura máxima, temperatura mínima, ambas em °C e a velocidade do vento, em m/s.

4.4 PROGRAMA COMPUTACIONAL PARA SIMULAÇÃO DA DISPERSÃO DA AMÔNIA

O programa computacional foi elaborado no *software* MatLab, versão 2013, com o auxílio do Excel, tem as entradas de dados descritas na Tabela 3.

Tabela 3 – Descrição da entrada de dados para o programa computacional desenvolvido em MatLab

Dados de Entrada	Observações
Altura (m)	Tanque + suporte, (Altura do vazamento)
Diâmetro (m)	Diâmetro da tubulação maior de alimentação do tanque
Mês	Mês a ser simulado
Intervalo (h)	Escolher uma das faixas abaixo que compreende o horário do início do vazamento: 00:00:00 às 05:45:00 06:00:00 às 11:45:00 12:00:00 às 17:45:00 18:00:00 às 23:45:00

Fonte: Autoria Própria, 2018

O programa necessita de uma base de dados em formato específico em Excel conforme a Tabela 4, para sua execução.

Tabela 4 - Exemplo da formatação da base de dados adotada para a execução do programa

estacao_id	data	hora	dir_vento_10	temp_ar_max	temp_ar_min	vel_vento_max_10
MED01	02/02/2017	16:15:00	6,46	26,81	26,7	1,4

Fonte: Autoria Própria, 2018

A lógica geral do programa está descrito na Figura 2 de modo que ele lê os dados meteorológicos da base de dados, realiza a classificação dos mesmos em 4 períodos do dia, e realiza a média diária dos dados.

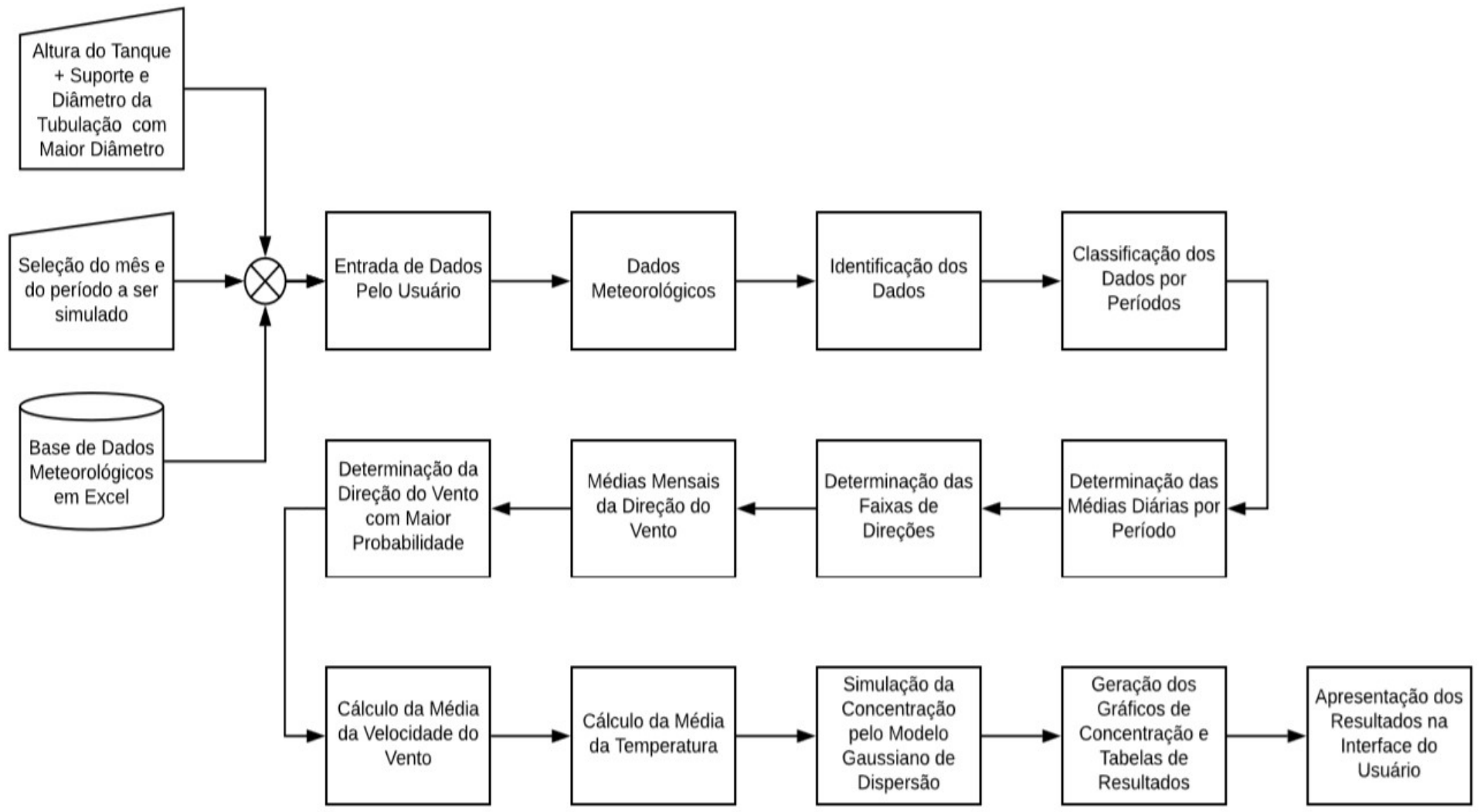


Figura 2 - Fluxograma da execução do programa de simulação de dispersão atmosférica de amônia pelo modelo Gaussiano

Fonte: Autoria Própria, 2018

Após isso é realizado a probabilidade da direção do vento para cada mês e cada período, conforme Equação 2.

$$\frac{\text{Frequência de incidência para determinada direção}}{\text{Somatório das frequências de todas as direções}} \quad (2)$$

A média da velocidade do vento e da temperatura para cada direção do vento é realizada a seguir. Só então é gerado a simulação da dispersão pelo modelo Gaussiano, e é gerado os gráficos e tabelas de concentração por distância e tempo, sendo tais produtos são apresentados aos usuários, pela sua interface.

4.5 CONSIDERAÇÕES DA SIMULAÇÃO

Para realizar as simulações, foi utilizado o modelo de dispersão de curva gaussiana. Como características do possível vazamento, considerou-se a altura da parte superior do reservatório de líquido (Amônia), 5,3 m (tanque + suporte) e o diâmetro da maior tubulação, 14" (0,3556 m). Para a velocidade de vazamento foi considerado o valor de 30 m.s⁻¹, segundo documento do Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2009). A densidade de amônia a -30 °C foi considerada igual a 680,544 kg.m⁻³ (PERRY et al, 1990). A classe de estabilidade de Pasquill utilizada foi a B, para os períodos com presença solar, e E-F para simular os períodos noturnos.

O cálculo da vazão mássica (Q) está descrito na Equação 3 e considera amônia como gás ideal, pressão atmosférica (P) de 1 atm. Com relação a temperatura, o programa calcula a temperatura média com base no banco de dados do período de fevereiro de 2017 a setembro de 2018, da Estação Meteorológica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná Campus Medianeira-PR, de maneira automática, assim como realiza o cálculo da vazão mássica.

$$Q = \frac{G.P.PM}{R.T} \quad (3)$$

Onde G é a vazão volumétrica dos gases em L/s, R é a constante dos gases ideais com valor de 0,08205 atm.L.mol⁻¹.K⁻¹; PM é o peso molecular da amônia igual a 17 g.mol⁻¹ e T a temperatura ambiente, em kelvin.

Todas as simulações utilizaram z = 0 (altura do receptor). Os valores de x foram calculados na direção do vento considerando uma distância de fonte de 2000

m. O deslocamento lateral, valor de y, teve amplitude de 50 m.

Os dados estruturais assumidos foram referentes ao Reservatório de Líquido com volume igual a 21.000 L, uma vez que apresenta a maior massa de amônia, tendo em vista que seu volume é completo em situações de recolha, por amônia líquida, e nos separadores, durante o funcionamento, apenas 5% da capacidade do equipamento está preenchido por amônia líquida. Tem-se a capacidade do reservatório de amônia igual a 14226,66 kg, uma taxa mássica de 2351,51405 kg.h⁻¹ e o tempo de esvaziamento completo do reservatório, igual a 6,05h.

Na Tabela 5, são apresentadas as faixas, em graus, adotadas para classificar as direções do vento de acordo com a rosa dos ventos.

Tabela 5 – Faixas de graus para a determinação das direções de acordo com a Rosa dos Ventos

Direção	Faixa de Graus
Norte	$\geq 349,75^\circ$ até $\leq 360^\circ$ e $\geq 0^\circ$ até $< 12,25^\circ$
Note-Nordeste	De $12,25^\circ$ (inclusive) até $34,75^\circ$
Nordeste	De $34,75^\circ$ (inclusive) até $< 57,25^\circ$
Leste-Nordeste	De $57,25^\circ$ (inclusive) até $< 79,75^\circ$
Leste	De $79,25^\circ$ (inclusive) até $< 102,25^\circ$
Leste-Sudeste	De $102,25^\circ$ (inclusive) até $< 124,75^\circ$
Sudeste	De $124,75^\circ$ (inclusive) até $< 147,25^\circ$
Sul-Sudeste	De $147,25^\circ$ (inclusive) até $< 169,75^\circ$
Sul	De $169,75^\circ$ (inclusive) até $< 192,25^\circ$
Sul-Sudoeste	De $192,25^\circ$ (inclusive) até $< 214,75^\circ$
Sudoeste	De $214,75^\circ$ (inclusive) até $< 237,25^\circ$
Oeste-Sudoeste	De $237,25^\circ$ (inclusive) até $< 259,75^\circ$
Oeste	De $259,75^\circ$ (inclusive) até $< 282,25^\circ$
Oeste-Noroeste	De $282,25^\circ$ (inclusive) até $< 304,75^\circ$
Noroeste	De $304,75^\circ$ (inclusive) até $< 327,25^\circ$
Norte-Noroeste	De $327,25^\circ$ (inclusive) até $< 349,75^\circ$

Fonte: Aatoria Própria, 2018

4.6 DESCRIÇÃO DAS SIMULAÇÕES

Foram simulados diferentes cenários para um possível vazamento de amônia, a citar:

- Cenário extremo, com velocidade do vento máxima;
- Cenário extremo, com velocidade do vento mínima;
- Mês representativo da estação “verão”, fevereiro;
- Mês representativo da estação “outono”, maio;
- Mês representativo da estação “inverno”, agosto;
- Mês representativo da estação “primavera”, novembro.

Além das análises acima, é possível simular o comportamento da pluma em todos os meses do ano, uma vez que o programa gerado possibilita realizar estimativas para todos os meses do ano, com base nos registros históricos que constam na base de dados, carregada no programa, bem como para todos os 4 períodos do dia, deste modo, é possível estimar um cenário próximo do real em caso de vazamento de amônia, em qualquer período do ano, a fim de facilitar e auxiliar na ação de emergência, prevenindo maiores danos a vida dos colaboradores, da comunidade e do ambiente.

Todas as simulações aqui realizadas, foram com base na análise probabilística da direção do vento e das médias das variáveis, velocidade do vento e temperatura, que também se basearam nessa probabilidade para serem executadas.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 INTERFACE DO PROGRAMA COMPUTACIONAL

O programa feito em ambiente MatLab, gerou um instalador para o software desenvolvido neste trabalho, que permite ao usuário uma relação mais objetiva e facilitada. Por meio de caixas de diálogo e escolha, o usuário determina as condições em que se deseja estimar a dispersão do poluente atmosférico, no caso, gás amônia.

É permitido ao usuário que carregue um planilha Excel com os dados meteorológicos no formato descrito no Item 4.3 deste documento, determine o mês e o período a ser simulado, bem como a altura do vazamento a partir do chão, além do diâmetro da tubulação do vazamento. Conforme a Figura 3 ilustra, o programa, retorna ao usuário, informações a respeito da direção do vento mais provável, temperatura e velocidade do vento estimada, além dos perfis gráficos da concentração de amônia e do comportamento da pluma de dispersão e seu alcance. Gera também uma planilha de retorno dos resultados da dispersão, que contém a distância em metros, a concentração e o tempo para cada posição na direção do vento, em intervalos de 25 metros.

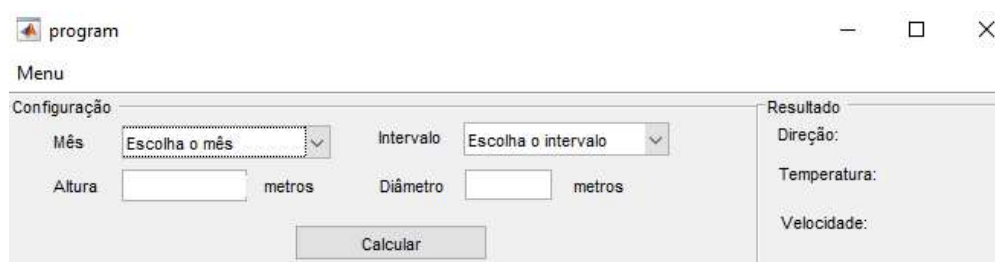


Figura 3 – Interface de usuário do programa
Fonte: Aatoria Própria, 2018

5.2 MODELAGEM, SIMULAÇÃO DA DISPERSÃO

Para a realização das simulações, foram realizadas a probabilidade da direção do vento para cada período e para cada mês, de modo que as variáveis, velocidade e temperatura foram geradas com base no resultado dessa probabilidade. Conforme a Tabela 6, em que é possível identificar, as direções mais prováveis para cada período e para cada mês, e as médias da velocidade do vento e temperatura nessas direções.

Tabela 6 – Cenários mais prováveis para cada período e mês

Mês	Período	Direção	Velocidade (m/s)	Temperatura (°C)
Janeiro	00:00 - 05:45	Nordeste	3,07	23,76
	06:00 - 11:45	Norte-Nordeste	4,12	24,45
	12:00 - 17:45	Sudoeste	4,93	27,70
	18:00 - 23:45	Leste-Sudeste	2,33	23,83
Fevereiro	00:00 - 05:45	Nordeste	2,64	25,37
	06:00 - 11:45	Sul-Sudeste	2,51	24,56
	12:00 - 17:45	Sul-sudoeste	3,64	30,24
	18:00 - 23:45	Leste-Sudeste	2,25	26,85
Março	00:00 - 05:45	Nordeste	3,4	25,07
	06:00 - 11:45	Sul	2,26	23,72
	12:00 - 17:45	Sul-Sudoeste	3,43	28,06
	18:00 - 23:45	Leste-Sudeste	2,08	24,86
Abril	00:00 - 05:45	Nordeste	3,24	23,41
	06:00 - 11:45	Sul	1,82	20,27
	12:00 - 17:45	Sul-Sudoeste	2,83	26,61
	18:00 - 23:45	Leste-Nordeste	1,28	25,06
Maio	00:00 - 05:45	Nordeste	3,86	21,24
	06:00 - 11:45	Norte-Nordeste	4,96	23,13
	12:00 - 17:45	Norte-Nordeste	4,72	26,62
	18:00 - 23:45	Nordeste	2,91	22,65
Junho	00:00 - 05:45	Nordeste	4,90	18,94
	06:00 - 11:45	Norte-Nordeste	4,68	21,58
	12:00 - 17:45	Sul-Sudoeste	2,90	18,81
	18:00 - 23:45	Nordeste	4,09	21,24
Julho	00:00 - 05:45	Nordeste	5,04	20,19
	06:00 - 11:45	Nordeste	4,61	21,06
	12:00 - 17:45	Norte-Nordeste	6,64	28,30
	18:00 - 23:45	Nordeste	3,56	22,66
Agosto	00:00 - 05:45	Nordeste	5,25	22,18
	06:00 - 11:45	Sul	1,88	14,13
	12:00 - 17:45	Norte-Nordeste	6,92	29,68
	18:00 - 23:45	Nordeste	4,64	24,00
Setembro	00:00 - 05:45	Nordeste	5,13	24,10
	06:00 - 11:45	Sul-Sudeste	2,69	21,89
	12:00 - 17:45	Sul	4,06	25,56
	18:00 - 23:45	Nordeste	3,74	24,88
Outubro	00:00 - 05:45	Nordeste	5,34	25,59
	06:00 - 11:45	Norte-Nordeste	8,75	28,22
	12:00 - 17:45	Sul-sudoeste	6,28	25,93
	18:00 - 23:45	Sudeste	5,83	21,17
Novembro	00:00 - 05:45	Nordeste	5,37	23,87
	06:00 - 11:45	Leste-Nordeste	6,21	25,18
	12:00 - 17:45	Sul	4,15	28,17
	18:00 - 23:45	Sul	3,15	20,53
Dezembro	00:00 - 05:45	Leste	2,66	23,67
	06:00 - 11:45	Leste-Nordeste	5,21	24,37
	12:00 - 17:45	Sul-Sudoeste	5,47	31,49
	18:00 - 23:45	Leste-Sudeste	1,91	25,24

Fonte: Autoria Própria, 2018

Pela Tabela 6, também é possível determinar que o mês com a maior velocidade média do vento é outubro, no período das 06:00:00 às 11:45:00, direção do vento sentido Norte-Nordeste, velocidade igual a 8,75 m/s e temperatura média igual a 28,22°C. Também é notável que a menor velocidade do vento é de 1,28 m/s, na direção Leste-Nordeste, no período das 18:00:00 às 23:45:00, com temperatura médias de 25,06°C, e pertence ao mês de abril. Os cenários acima descritos foram simulados conforme retratado no item 4.6 deste documento.

Com base nos dados da Tabela 6, foram realizadas simulações para dois meses compreendidos completamente em cada estação do ano, considerando os períodos de 12h às 17h45min e 18h às 23h45min para simular condições diurnas e noturnas, a fim de analisar a concentração de amônia e o comportamento da pluma de dispersão de acordo com as características de cada estação do ano. Para ilustrar, foram gerados os gráficos do terceiro mês de cada estação, para facilitar a compreensão das análises. Esses gráficos encontram-se no Apêndice A deste documento.

No Apêndice B encontram-se as tabelas que descrevem a concentração de amônia, em ppm, a cada distância percorrida pela pluma, em metros, na direção do vento e o tempo decorrido para o avanço da respectiva distância, para todos os meses do ano e todos os períodos do dia.

5.2.1 SIMULAÇÃO CONSIDERANDO OS EXTREMOS DE VELOCIDADE

5.2.1.1 Simulação Para a Velocidade Mínima

A Tabela 7, descreve a concentração de acordo com a distância de 0 a 2000m da fonte emissora na direção predominante do vento, e o respectivo tempo necessário para atingi-la, para cada período do dia, simulada para o mês de abril.

Tabela 7 – Dados de Dispersão de amônia simulados para o mês de abril

00:00:00 às 05:45:00 Velocidade: 3,24 m/s			06:00:00 às 11:45:00 Velocidade: 1,82 m/s			12:00:00 às 17:45:00 Velocidade: 2,83			18:00:00 às 23:45:00 Velocidade: 1,28		
x (m)	C (ppm)	Tempo (min)	x (m)	C (ppm)	Tempo (min)	x (m)	C (ppm)	Tempo (min)	x (m)	C (ppm)	Tempo (min)
25	0,20	0,13	25	512,15	0,23	25	792,89	0,15	25	2,9E-10	0,33
50	320,30	0,26	50	761,57	0,46	50	594,28	0,29	50	3,23	0,65
75	757,26	0,39	75	479,35	0,69	75	328,94	0,44	75	150,10	0,98
100	783,42	0,51	100	308,22	0,91	100	202,09	0,59	100	448,96	1,30
125	675,34	0,64	125	211,78	1,14	125	135,93	0,74	125	638,21	1,63
150	557,77	0,77	150	153,99	1,37	150	97,68	0,88	150	694,97	1,95
175	459,12	0,90	175	117,04	1,60	175	73,71	1,03	175	677,75	2,28
200	381,27	1,03	200	92,08	1,83	200	57,72	1,18	200	629,46	2,60
225	320,52	1,16	225	74,47	2,06	225	46,53	1,32	225	572,09	2,93
250	272,87	1,28	250	61,59	2,29	250	38,39	1,47	250	515,45	3,25
275	235,09	1,41	275	51,87	2,52	275	32,28	1,62	275	463,41	3,58
300	204,74	1,54	300	44,37	2,74	300	27,57	1,77	300	417,09	3,90
350	159,74	1,80	350	33,68	3,20	350	20,89	2,06	350	341,06	4,55
400	128,58	2,05	400	26,58	3,66	400	16,46	2,35	400	283,30	5,20
450	106,14	2,31	450	21,60	4,12	450	13,37	2,65	450	239,09	5,86
500	89,42	2,57	500	17,98	4,57	500	11,12	2,94	500	204,74	6,51
600	66,58	3,08	600	13,14	5,49	600	8,12	3,53	600	155,86	7,81
700	52,03	3,60	700	10,12	6,40	700	6,25	4,12	700	123,51	9,11
800	42,13	4,11	800	8,11	7,32	800	5,00	4,71	800	100,97	10,41
900	35,05	4,62	900	6,68	8,23	900	4,12	5,30	900	84,59	11,71
1000	29,80	5,14	1000	5,64	9,15	1000	3,48	5,88	1000	72,28	13,01
1250	21,27	6,42	1250	3,96	11,43	1250	2,45	7,36	1250	52,03	16,26
1500	16,26	7,71	1500	3,00	13,72	1500	1,85	8,83	1500	39,99	19,52
1750	13,03	8,99	1750	2,38	16,01	1750	1,47	10,30	1750	32,15	22,77
2000	10,80	10,27	2000	1,96	18,29	2000	1,21	11,77	2000	26,70	26,02

Fonte: Autoria Própria, 2018

Ao observar a Figura 4, nota-se a variação da concentração de amônia na pluma de dispersão, no mês de abril no período de 18h à 23h45min, ao longo de x que representa a distância em metros, na direção do vento, do ponto da emissão, até 2000 metros, e y equivale a concentração de amônia em ppm.

A curva em vermelho, representa a concentração da emissão acidental de amônia simulada, de modo que é notório que seu pico de concentração está aproximadamente a 175 m da fonte emissora e decai de maneira gradual acentuado, até 500 metros da fonte, onde começa a estabilizar a diluição da concentração de amônia de maneira mais vagarosa, e não reduz a menos de 10 ppm, até os 2000 m

do ponto de vazamento, onde possui concentração de 26,7 ppm de amônia, de acordo com a Tabela 7.

É possível constatar, também, que a dispersão de poluentes nos períodos noturnos, ocorre de maneira lenta, de modo que para a velocidade mínima, de acordo com a Tabela 7, leva em torno de 26 minutos para atingir 2000 m de distância da fonte do vazamento, e a diluição da concentração de amônia também é afetada, de modo que mesmo com uma velocidade superior a 3 m/s, como é o caso do período das 0h às 5h 45min, a 2000m, a concentração é bastante próxima ao valor do limite de tolerância, porém ainda é superior aos 10ppm, o mesmo ocorre no período das 18h às 23h45min, em que a concentração se aproxima do limite tolerável, porém ainda é elevado.

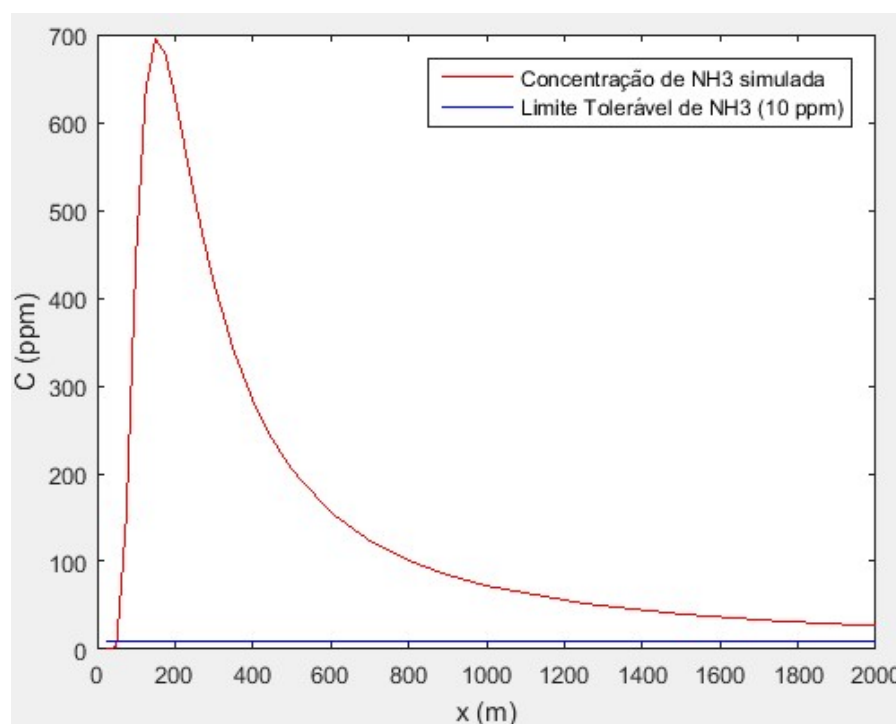


Figura 4 – Comportamento da concentração de amônia em ppm na direção Nordeste, para a velocidade mínima simulada no mês de abril

Fonte: Autoria Própria, 2018

Na Figura 5 é possível observar o comportamento da concentração de amônia, em ppm, na pluma de dispersão, considerando as direções x e y, de modo que, x corresponde a distância percorrida pela amônia durante sua dispersão na direção do vento predominante, já a variável y equivale a mudança da concentração lateralmente, ou seja, no raio de dispersão a partir do ponto em que ocorreu o vazamento, considerando que os valores negativos e positivos representam o lado esquerdo e o lado direito, respectivamente, a linha central da direção do vento.

É possível notar que as maiores concentrações do poluente estão em um raio de 20 m para y, com o maior valor no centro 0 do eixo y, que representa a linha do ponto de emissão. É nítido que tal concentração diminui gradativamente, conforme a pluma se distancia da fonte emissora, variando as cores das curvas, de amarelo forte (concentração elevada) até azul escuro (concentração inferior a 100 ppm).

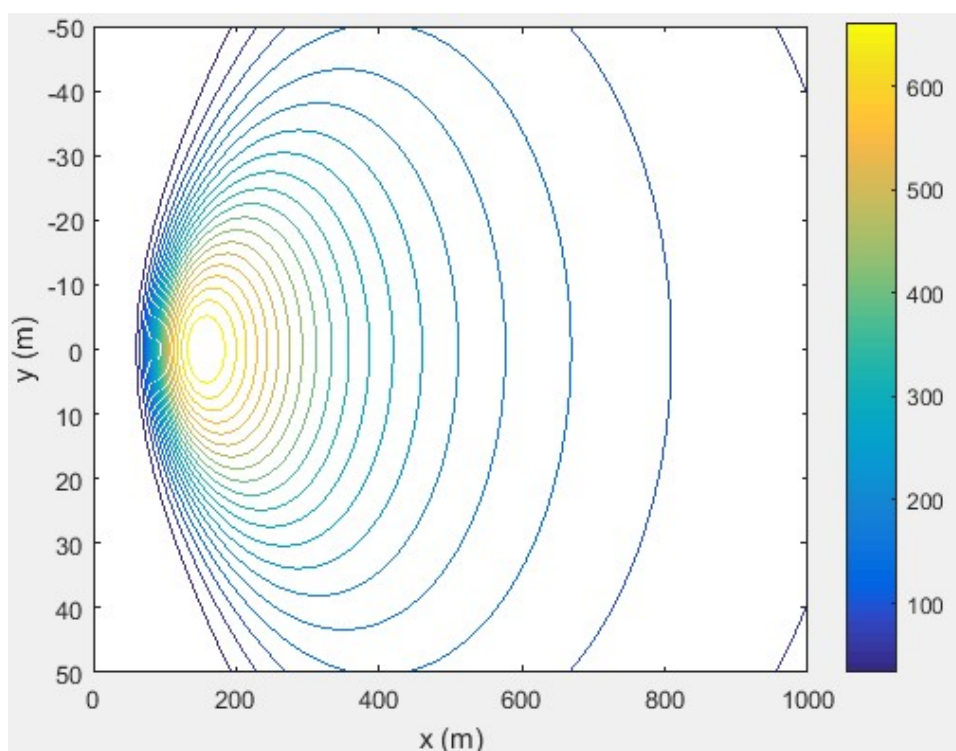


Figura 5 - Perfil da concentração de amônia na pluma de dispersão ao longo da distância da fonte emissora para a menor velocidade simulada no mês de abril

Fonte: Autoria Própria, 2018.

5.2.1.2 Simulação Para a Velocidade Máxima

A concentração ao longo da distancia percorrida pela pluma de dispersão na direção predominante do vento e o tempo de demora para atingi-las, em cada período do dia simulados para o mês de outubro, é descrito pela Tabela 8.

Tabela 8 – Dados de Dispersão de amônia simulados para o mês de outubro

00:00:00 às 05:45:00 Velocidade: 5,34 m/s			06:00:00 às 11:45:00 Velocidade: 8,75 m/s			12:00:00 às 17:45:00 Velocidade: 6,28 m/s			18:00:00 às 23:45:00 Velocidade: 5,83 m/s		
x (m)	C (ppm)	Tempo (min)	x (m)	C (ppm)	Tempo (min)	x (m)	C (ppm)	Tempo (min)	x (m)	C (ppm)	Tempo (min)
25	5,32	0,08	25	557,30	0,05	25	693,81	0,07	25	7,24	0,07
50	511,48	0,16	50	232,85	0,10	50	318,55	0,13	50	530,87	0,14
75	711,87	0,23	75	115,50	0,14	75	160,83	0,20	75	702,01	0,21
100	609,71	0,31	100	68,25	0,19	100	95,64	0,27	100	590,40	0,29
125	480,84	0,39	125	45,08	0,24	125	63,35	0,33	125	461,63	0,36
150	378,07	0,47	150	32,07	0,29	150	45,15	0,40	150	361,25	0,43
175	301,96	0,55	175	24,06	0,33	175	33,89	0,46	175	287,68	0,50
200	245,81	0,62	200	18,76	0,38	200	26,45	0,53	200	233,74	0,57
225	203,80	0,70	225	15,08	0,43	225	21,28	0,60	225	193,53	0,64
250	171,76	0,78	250	12,42	0,48	250	17,52	0,66	250	162,95	0,71
275	146,86	0,86	275	10,43	0,52	275	14,72	0,73	275	139,23	0,79
300	127,16	0,94	300	8,90	0,57	300	12,56	0,80	300	120,48	0,86
350	98,38	1,09	350	6,73	0,67	350	9,50	0,93	350	93,14	1,00
400	78,75	1,25	400	5,30	0,76	400	7,48	1,06	400	74,51	1,14
450	64,75	1,40	450	4,30	0,86	450	6,07	1,19	450	61,24	1,29
500	54,39	1,56	500	3,57	0,95	500	5,05	1,33	500	51,43	1,43
600	40,34	1,87	600	2,61	1,14	600	3,68	1,59	600	38,13	1,72
700	31,44	2,18	700	2,01	1,33	700	2,83	1,86	700	29,71	2,00
800	25,42	2,50	800	1,61	1,52	800	2,27	2,12	800	24,02	2,29
900	21,12	2,81	900	1,32	1,72	900	1,87	2,39	900	19,96	2,57
1000	17,94	3,12	1000	1,12	1,91	1000	1,58	2,65	1000	16,95	2,86
1250	12,79	3,90	1250	0,78	2,38	1250	1,11	3,32	1250	12,08	3,57
1500	9,77	4,68	1500	0,59	2,86	1500	0,84	3,98	1500	9,23	4,29
1750	7,82	5,46	1750	0,47	3,34	1750	0,67	4,64	1750	7,39	5,00
2000	6,48	6,24	2000	0,39	3,81	2000	0,55	5,31	2000	6,12	5,72

Fonte: Autoria Própria, 2018

A Figura 6 mostra a variação da concentração de amônia na pluma de dispersão, no mês de outubro no período de 06h à 11h45min. A curva em vermelho, representa a concentração da emissão acidental de amônia simulada, de modo que é notório que seu pico de concentração está aproximadamente a 25 m da fonte emissora e decai de maneira acentuada, até 180 metros da fonte, onde começa a estabilizar a diluição da concentração de amônia de maneira mais vagarosa, e reduz a menos de 10 ppm, a 300 m do ponto de vazamento, onde possui concentração de 8,9 ppm de amônia.

É possível constatar, também, que a dispersão de poluentes ocorre de maneira acelerada, de modo que para a velocidade máxima influencia diretamente na dispersão e concentração do poluente, de acordo com Tabela 8, leva cerca de 3,81 minutos para atingir 2000 m de distância da fonte do vazamento, e a diluição da concentração de amônia fica abaixo do limite de tolerância em menos de um minuto.

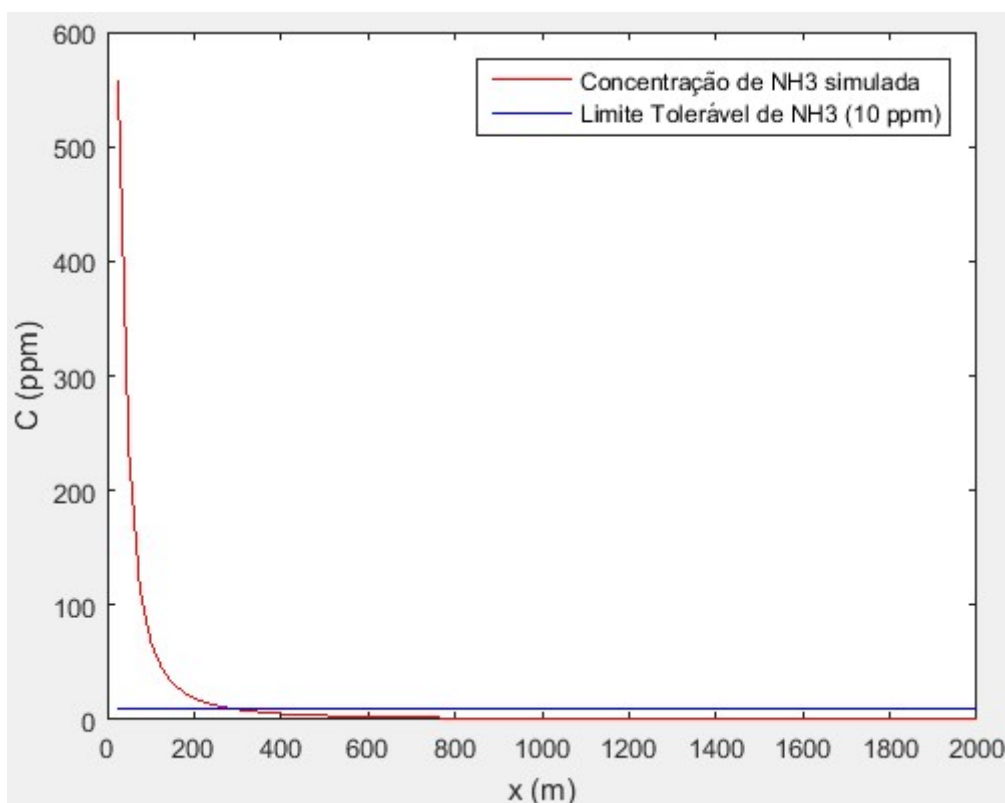


Figura 6 – Comportamento da concentração de amônia em ppm na direção Nordeste, para a velocidade máxima simulada no mês de outubro

Fonte: Autoria Própria, 2018

Na Figura 7 é possível observar o comportamento da concentração de amônia, em ppm, na pluma de dispersão, considerando as direções x e y. É possível notar que as maiores concentrações do poluente estão dentro do raio de 10 m para y, com o maior valor no centro 0 do eixo y, que representa a linha do ponto de emissão. É nítido que tal concentração diminui rapidamente, comprovando a influência da velocidade do vento na diluição do poluente e dispersão da pluma, conforme a esta se distancia da fonte emissora, variando as cores das curvas, de amarelo forte (concentração elevada) até azul escuro (concentração inferior a 100 ppm).

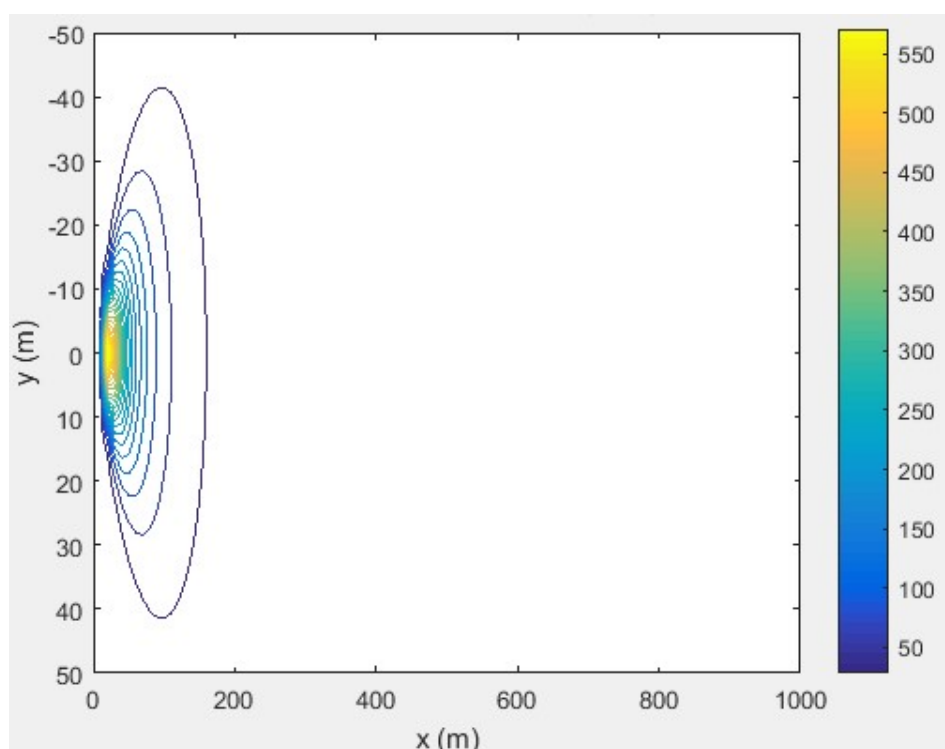


Figura 7 – Perfil da concentração de amônia na pluma de dispersão ao longo da distância da fonte emissora para a máxima velocidade simulada no mês de outubro

Fonte: Autoria Própria, 2018.

Para ambos os casos de velocidade é possível constatar que existe uma influência exercida sobre a concentração da amônia na pluma de dispersão, pelos períodos diurnos, em que a dispersão ocorre de forma rápida e facilitada, uma vez

que para todos os períodos diurnos em ambos os casos, o poluente foi diluído até concentrações inferiores aos 10ppm do limite de tolerância, antes dos 2000m. Certo que a velocidade do vento quando elevada, facilita e acelera tal processo, porém mesmo em velocidade menores, a diluição acontece.

Já em períodos noturnos, o oposto é verificado, de modo que a dispersão e diluição se torna mais lenta em ambos os casos, porém, quando isto é associado a velocidades baixas, a diluição do poluente a concentrações inferiores ao limite de tolerância é comprometido, porém, quando associado a velocidade elevadas, dentro do limite de distancia de 2000m, o poluente é diluído a valores inferiores ao limite de tolerância, apesar de levar mais tempo do que quando comparado com os períodos diurnos.

5.2.2 SIMULAÇÃO PARA AS ESTAÇÕES CLIMÁTICAS DO ANO

5.2.2.1 Verão

A dispersão para os meses de janeiro e fevereiro, de acordo com a Tabela 9, ocorreu de modo que para os períodos noturnos, a concentração de amônia, se mantém superior ao limite de tolerância para uma distancia de 2000m da fonte de emissão e demora aproximadamente 15 min para tal. Já nos períodos diurnos, a concentração é diluída a um valor inferior a 10 ppm entre 400 e 500m de distância, e atinge valor próximo de 1 ppm na distância de 2000m do ponto de emissão e leva entre 6 á 10 min.

Tabela 9 – Dados de Dispersão de amônia simulados que representam o Verão

Verão								
Fevereiro					Janeiro			
x (m)	12:00:00 às 17:45:00		18:00:00 às 23:45:00		12:00:00 às 17:45:00		18:00:00 às 23:45:00	
	C (ppm)	Tempo (min)	C (ppm)	Tempo (min)	C (ppm)	Tempo (min)	C (ppm)	Tempo (min)
25	814,03	0,11	0,002	0,19	768,48	0,08	0,003	0,18
50	487,85	0,23	126,38	0,37	388,00	0,17	139,96	0,36
75	258,93	0,34	594,68	0,56	199,42	0,25	618,23	0,54
100	156,73	0,46	786,29	0,74	119,34	0,34	799,22	0,72
125	104,69	0,57	760,86	0,93	79,29	0,42	765,21	0,90
150	74,94	0,69	669,87	1,11	56,59	0,51	669,75	1,07
175	56,42	0,80	573,42	1,30	42,53	0,59	571,27	1,25
200	44,12	0,92	488,66	1,48	33,22	0,68	485,67	1,43
225	35,53	1,03	418,27	1,67	26,73	0,76	415,03	1,61
250	29,29	1,15	360,79	1,85	22,02	0,84	357,56	1,79
275	24,61	1,26	313,91	2,04	18,50	0,93	310,81	1,97
300	21,01	1,37	275,48	2,23	15,78	1,01	272,57	2,15
350	15,91	1,60	217,27	2,60	11,95	1,18	214,76	2,51
400	12,53	1,83	176,16	2,97	9,41	1,35	174,02	2,86
450	10,17	2,06	146,16	3,34	7,64	1,52	144,31	3,22
500	8,46	2,29	123,60	3,71	6,35	1,69	122,00	3,58
600	6,17	2,75	92,51	4,45	4,63	2,03	91,26	4,30
700	4,75	3,21	72,52	5,19	3,57	2,36	71,52	5,01
800	3,81	3,67	58,85	5,94	2,85	2,70	58,03	5,73
900	3,14	4,12	49,05	6,68	2,35	3,04	48,35	6,45
1000	2,65	4,58	41,74	7,42	1,98	3,38	41,15	7,16
1250	1,86	5,73	29,85	9,27	1,39	4,22	29,42	8,95
1500	1,41	6,87	22,85	11,13	1,05	5,07	22,52	10,74
1750	1,12	8,02	18,33	12,98	0,84	5,91	18,06	12,53
2000	0,92	9,16	15,19	14,84	0,69	6,76	14,97	14,32

Fonte: Autoria Própria, 2018

5.2.2.2 Outono

Para os meses de abril e maio, de acordo com a Tabela 10, para os períodos noturnos, a concentração de amônia, se mantém superior ao limite de tolerância para uma distância de 2000m da fonte de emissão e demora de 11 min à 26 min para tal. Já nos períodos diurnos, a concentração é diluída a um valor inferior a 10 ppm entre 400 e 600m de distância, e atinge valor próximo de 1 ppm na distância de 2000m do

ponto de emissão e leva em torno de 11min.

Tabela 10 – Dados de Dispersão de amônia simulados que representam o Outono

Outono								
Abril					Maio			
12:00:00 às 17:45:00			18:00:00 às 23:45:00		12:00:00 às 17:45:00		18:00:00 às 23:45:00	
x (m)	C (ppm)	Tempo (min)	C (ppm)	Tempo (min)	C (ppm)	Tempo (min)	C (ppm)	Tempo (min)
25	792,89	0,15	3E-10	0,33	784,43	0,09	0,06	0,14
50	594,28	0,29	3,23	0,65	405,30	0,18	258,43	0,29
75	328,94	0,44	150,10	0,98	209,21	0,26	729,84	0,43
100	202,09	0,59	448,96	1,30	125,39	0,35	804,45	0,57
125	135,93	0,74	638,21	1,63	83,37	0,44	714,48	0,72
150	97,68	0,88	694,97	1,95	59,53	0,53	599,92	0,86
175	73,71	1,03	677,75	2,28	44,75	0,62	498,83	1,00
200	57,72	1,18	629,46	2,60	34,95	0,71	417,02	1,15
225	46,53	1,32	572,09	2,93	28,13	0,79	352,22	1,29
250	38,39	1,47	515,45	3,25	23,18	0,88	300,87	1,43
275	32,28	1,62	463,41	3,58	19,47	0,97	259,87	1,58
300	27,57	1,77	417,09	3,90	16,62	1,06	226,77	1,72
350	20,89	2,06	341,06	4,55	12,58	1,24	177,42	2,01
400	16,46	2,35	283,30	5,20	9,90	1,41	143,08	2,29
450	13,37	2,65	239,09	5,86	8,04	1,59	118,26	2,58
500	11,12	2,94	204,74	6,51	6,68	1,77	99,73	2,87
600	8,12	3,53	155,86	7,81	4,88	2,12	74,36	3,44
700	6,25	4,12	123,51	9,11	3,75	2,47	58,15	4,01
800	5,00	4,71	100,97	10,41	3,01	2,83	47,12	4,58
900	4,12	5,30	84,59	11,71	2,48	3,18	39,22	5,16
1000	3,48	5,88	72,28	13,01	2,09	3,53	33,35	5,73
1250	2,45	7,36	52,03	16,26	1,47	4,41	23,81	7,16
1500	1,85	8,83	39,99	19,52	1,11	5,30	18,22	8,60
1750	1,47	10,30	32,15	22,77	0,88	6,18	14,60	10,03
2000	1,21	11,77	26,70	26,02	0,73	7,06	12,10	11,46

Fonte: Autoria Própria, 2018

5.2.2.3 Inverno

Para os meses de julho e agosto, de acordo com a Tabela 11, para os períodos noturnos, a concentração de amônia, tem valores inferiores ao limite de tolerância para uma distância de 2000 m da fonte de emissão e demora de 7 min à

10 min para tal. Já nos períodos diurnos, a concentração é diluída a um valor inferior a 10 ppm em 350 m de distância, e atinge valor próximo de 1 ppm na distância de 2000m do ponto de emissão o que leva em torno de 5 min.

Tabela 11 – Dados de Dispersão de amônia simulados que representam o Inverno

Inverno								
Julho					Agosto			
12:00:00 às 17:45:00			18:00:00 às 23:45:00		12:00:00 às 17:45:00		18:00:00 às 23:45:00	
x (m)	C (ppm)	Tempo (min)	C (ppm)	Tempo (min)	C (ppm)	Tempo (min)	C (ppm)	Tempo (min)
25	664,22	0,06	0,45	0,12	644,00	0,06	2,68	0,09
50	298,67	0,13	369,83	0,23	285,64	0,12	479,12	0,18
75	150,21	0,19	771,19	0,35	143,28	0,18	749,58	0,27
100	89,20	0,25	762,91	0,47	85,01	0,24	669,35	0,36
125	59,05	0,31	643,93	0,58	56,25	0,30	538,34	0,45
150	42,06	0,38	525,67	0,70	40,06	0,36	427,91	0,54
175	31,57	0,44	429,62	0,82	30,07	0,42	344,04	0,63
200	24,64	0,50	355,09	0,94	23,46	0,48	281,31	0,72
225	19,81	0,56	297,53	1,05	18,87	0,54	233,94	0,81
250	16,32	0,63	252,70	1,17	15,54	0,60	197,61	0,90
275	13,70	0,69	217,32	1,29	13,05	0,66	169,24	0,99
300	11,69	0,75	189,00	1,40	11,13	0,72	146,73	1,08
350	8,85	0,88	147,16	1,64	8,42	0,84	113,73	1,26
400	6,96	1,00	118,30	1,87	6,63	0,96	91,15	1,44
450	5,65	1,13	97,56	2,10	5,38	1,08	75,01	1,62
500	4,70	1,25	82,14	2,34	4,47	1,20	63,05	1,80
600	3,43	1,51	61,10	2,81	3,26	1,45	46,80	2,16
700	2,64	1,76	47,72	3,27	2,51	1,69	36,50	2,51
800	2,11	2,01	38,62	3,74	2,01	1,93	29,52	2,87
900	1,74	2,26	32,13	4,21	1,66	2,17	24,54	3,23
1000	1,47	2,51	27,30	4,68	1,40	2,41	20,84	3,59
1250	1,03	3,14	19,48	5,85	0,98	3,01	14,86	4,49
1500	0,78	3,76	14,89	7,02	0,74	3,61	11,36	5,39
1750	0,62	4,39	11,93	8,19	0,59	4,22	9,09	6,29
2000	0,51	5,02	9,89	9,35	0,49	4,82	7,53	7,18

Fonte: Autoria Própria, 2018

5.2.2.3 Primavera

Para os meses de julho e agosto, de acordo com a Tabela 12, para os períodos noturnos, a concentração de amônia está entre 6,12 e 11,33 ppm, a uma distância de 2000 m da fonte de emissão e demora de 5 min à 10 min para tal. Já nos

períodos diurnos, a concentração é diluída a um valor inferior a 10 ppm entre 350 e 450 m de distância, e atinge valor próximo de 1 ppm na distância de 2000m do ponto de emissão o que leva entre 5 à 8 min.

Tabela 12– Dados de Dispersão de amônia simulados que representam a Primavera

Primavera								
Outubro					Novembro			
x (m)	12:00:00 às 17:45:00		18:00:00 às 23:45:00		12:00:00 às 17:45:00		18:00:00 às 23:45:00	
	C (ppm)	Tempo (min)	C (ppm)	Tempo (min)	C (ppm)	Tempo (min)	C (ppm)	Tempo (min)
25	693,81	0,07	7,24	0,07	806,72	0,10	0,14	0,13
50	318,55	0,13	530,87	0,14	446,15	0,20	302,44	0,26
75	160,83	0,20	702,01	0,21	233,26	0,30	757,18	0,40
100	95,64	0,27	590,40	0,29	140,44	0,40	799,50	0,53
125	63,35	0,33	461,63	0,36	93,57	0,50	695,86	0,66
150	45,15	0,40	361,25	0,43	66,89	0,60	577,78	0,79
175	33,89	0,46	287,68	0,50	50,32	0,70	477,15	0,93
200	26,45	0,53	233,74	0,57	39,32	0,80	397,09	1,06
225	21,28	0,60	193,53	0,64	31,65	0,90	334,32	1,19
250	17,52	0,66	162,95	0,71	26,09	1,01	284,94	1,32
275	14,72	0,73	139,23	0,79	21,92	1,11	245,68	1,45
300	12,56	0,80	120,48	0,86	18,71	1,21	214,10	1,59
350	9,50	0,93	93,14	1,00	14,16	1,41	167,19	1,85
400	7,48	1,06	74,51	1,14	11,15	1,61	134,66	2,12
450	6,07	1,19	61,24	1,29	9,06	1,81	111,20	2,38
500	5,05	1,33	51,43	1,43	7,53	2,01	93,72	2,64
600	3,68	1,59	38,13	1,72	5,49	2,41	69,81	3,17
700	2,83	1,86	29,71	2,00	4,23	2,81	54,57	3,70
800	2,27	2,12	24,02	2,29	3,39	3,22	44,19	4,23
900	1,87	2,39	19,96	2,57	2,79	3,62	36,78	4,76
1000	1,58	2,65	16,95	2,86	2,35	4,02	31,26	5,29
1250	1,11	3,32	12,08	3,57	1,65	5,03	22,32	6,61
1500	0,84	3,98	9,23	4,29	1,25	6,03	17,07	7,93
1750	0,67	4,64	7,39	5,00	0,99	7,04	13,68	9,26
2000	0,55	5,31	6,12	5,72	0,82	8,04	11,33	10,58

Fonte: Autoria Própria, 2018

6 CONCLUSÕES

Com relação a utilização do modelo para o sinistro simulado (vazamento do gás amônia), é notório que o modelo Gaussiano de dispersão de poluentes já é consagrado, e permite a simulação com dados meteorológicos que em geral estão disponíveis ou podem ser mensurados, além de considerar as condições de terreno.

Ficou nítido a influência da velocidade do vento sobre a dispersão de amônia, uma vez que com maiores velocidades a dispersão é facilitada e o oposto ocorre para velocidades baixas. Além da velocidade, as condições diurnas e noturnas também interferem, de modo que durante o dia, a dispersão é facilitada devido ao maior gradiente de temperatura, que gera turbulência e facilita a dispersão.

Ao analisar todas as estações do ano, é notável que durante o inverno, a dispersão de poluente é favorecida nos períodos noturnos, de modo que, foi a única estação do ano em que a concentração de amônia ficou abaixo do limite de tolerância de 10ppm, dentro de 2000 m de distância da fonte. Já, durante o outono, a dispersão e diluição de poluentes é dificultada, para os períodos noturnos e diurnos, além de levar mais tempo para atingir 2000m de distância.

Com relação ao programa produzido, a facilidade de uso é um ponto forte, e desde que obedecido o formato da base de dados, ele permite que sejam utilizados dados de qualquer região, o que facilita sua aplicação em qualquer local, além de o programa suportar a expansão do banco de dados, de modo que, ao se aplicar uma série histórica maior, os resultados das simulações seriam mais robustos. O fato de ser um programa computacional, possibilita a geração de quantas simulações o usuário desejar, de modo, rápido e facilitado, e apresenta de forma clara, em seus gráficos gerados, o que permite uma análise rápida da concentração da poluente amônia ao longo da distância.

Sugestões aos futuros trabalhos, seria o aprimoramento do programa, de modo a abranger as demais condições de estabilidade da atmosfera, além de reduzir e aprimorar o código, a fim de reduzir o tempo de processamento. Seria possível acrescentar na entrada de dados, dados do poluente, como o peso molecular e a densidade, e assim possibilitar a simulação para outros poluentes além da amônia, aumentando a aplicabilidade do programa.

REFERÊNCIAS

BILSKI, Joyce Gracielle Chies. **Avaliação da distribuição das chuvas em municípios da região oeste no Estado do Paraná**. 2011. 50 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Gestão Ambiental), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2011.

BOÇON, Fernando Tadeu. **Modelagem matemática do escoamento e da dispersão de poluentes na microescala atmosférica**. 1998. 307 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998. Disponível em: <<http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/78075>>. Acesso em: 08/11/2018.

COSTA, Maria Do Rosário Da S.R., RODRIGUES, Milton Jr., JAMNICK, Sérgio, et al. **Bronquiectasias por inalação de gás amônia**. *Jornal de Pneumologia*, vol. 21, nº 4, São Paulo, 1995. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=HFtivfznCsYC&oi=fnd&pg=PA205&dq=g%C3%A1s+am%C3%B4nia+acidentes&ots=r45LaFI98r&sig=aICX9R0RhYxUm1DJURbU1WazSyo#v=onepage&q=g%C3%A1s%20am%C3%B4nia%20acidentes&f=false> Acesso em: 31/10/2018.

DAVIS, M.L.; MASTEN, S.J. **Princípios de Engenharia Ambiental**. 3 ed. Porto Alegre: AMGH Editora, 2016.

MALHEIROS, A.L.; NOCKO, H.R.; GRAUER, A. **Estudo da dispersão atmosférica de poluentes, utilizando o modelo ISCST3 (Industrial Source Complex) para a usina termelétrica de agudos do sul (município de Agudos Do Sul/Pr)**. EnVeX Engenharia e Consultoria Ambiental & SIMILAR Controle de Emissões Atmosféricas. Curitiba, 2009. Disponível em: http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/EIA_RIMA/USINA_TERMOELETRICA_KCC/Estudo_de_Dispersao_Atmosferica_KCC_22102009.pdf. Acesso em: 06/12/2018.

IBGE – Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística. **Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/medianeira/pesquisa/23/27652?detalhes=true>. Acesso em: 05/10/2018.

LISBOA, Henrique de Melo. **Controle da poluição atmosférica**. Cap. 1, 1 ed. Florianópolis : Montreal, 2007

MEDIANEIRA, Prefeitura Municipal. **Dados do Município de Medianeira**. Medianeira, 2018. Disponível em: <http://www.medianeira.pr.gov.br/?dados>. Acesso em: 05/10/2018.

LOPES, Jefferson, BARROS, Ricardo, et al. **Análise de risco aplicada a instalações industriais que utilizam amônia**. ssn 2236 1170 - V. 19, n. 1, jan.- abr. 2015, p.160-166 *Revista do Centro do Ciências Naturais e Exatas - UFSM, Santa Maria Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental – ReGe*. Santa Maria, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5902/2236117016368> Acesso em: 02/11/2018

MINEROPAR, Minerais do Paraná. **Atlas Geomorfológico do estado do Paraná**. Secretaria de Estado da Indústria, do Comércio e Assuntos do Mercosul, p. 63, Curitiba, 2006. Disponível em: http://www.mineropar.pr.gov.br/arquivos/File/MapasPDF/Geomorfologicos/atlas_geomorforlogico.pdf. Acesso em: 17/10/2018.

Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Recomendações de projeto para operação segura de sistemas de refrigeração por amônia**. Brasília, 2009.

MOREIRA, D. M.; TIRABASSI, T. **Modelo matemático de dispersão de poluentes na atmosfera: um instrumento técnico para a gestão ambiental**. Ambiente & Sociedade, v. 7, n. 2, p. 159-171, Campinas, 2004. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/228462887>. Acesso em: 25/10/2018.

PERRY, R. H.; CHILTON, C. H. **Chemical engineers' handbook**. 5th ed. [S.l.]: McGraw-Hill, 1973.

PETROBRAS. **Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico – FISPQ: Amônia**. BR740, Cidade Nova, RJ, 2017. Disponível em: <http://www.br.com.br/wcm/connect/ec153f2d-5c32-4d28-b6f0-a5180a1065bf/fispq-quim-amonia-industrial.pdf?MOD=AJPERES&CVID=IGIEXpa> Acesso em: 15/10/2018.

Secretaria Estadual de Meio Ambiente (SEMA). **Resolução nº 16, de 26 de março de 2014**. Curitiba, PR: Diário Oficial, 15 abr. 2014. n. 9187. Disponível em: <https://www.legislacao.pr.gov.br/legislacao/listarAtosAno.do?action=exibir&codAto=117128&codTipoAto=&tipoVisualizacao=original>. Acesso em: 02 out. 2018.

SALAZAR, Márcio Piovezan. **Estudo sobre a modelagem da dispersão atmosférica de gases densos decorrente de liberações acidentais em análise quantitativa de risco**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2016. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/escolasuperior/wp-content/uploads/sites/30/2018/02/MarcioPiovezanSalazar-Disserta%C3%A7%C3%A3o-de-Mestrado.pdf>. Acesso em: 25/11/2018.

SANTOS, Thainá Louzada dos. **Emissões de poluentes por veículos automotores**. Fundação Cecierj: Educação Pública, Rio de Janeiro, v. 1, n. 1, 31 mar. 2016. Disponível em: <http://educacaopublica.cederj.edu.br/revista/artigos/emissoes-de-poluentes-por-veiculos-automotores>. Acesso em: 27 out. 2018.

TURNER, D. B. **Workbook of atmospheric dispersion estimates**. Cincinnati, U.S. Department of Health and Education Welfare, 1970.

VESILIND, P. A.; MORGAN, S. M. **Introdução à Engenharia Ambiental**. cap. 12 p. 317, 2. ed.: São Paulo: Cengage Learning, 2011.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Gráficos de Comportamento da concentração de amônia na pluma de dispersão atmosférica simuladas para um mês representante de cada estação do ano

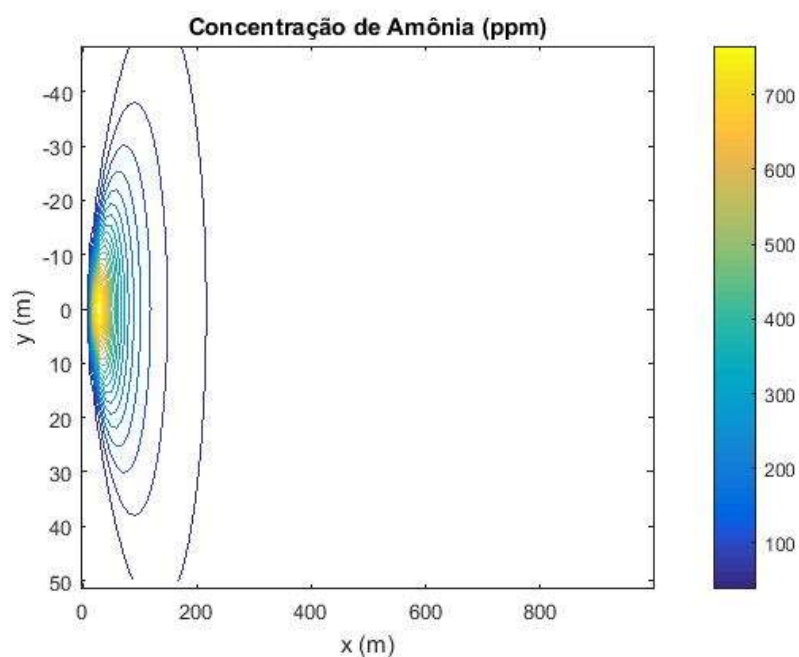


Figura 8 – Perfil da concentração de amônia na pluma de dispersão ao longo da distância da fonte emissora simulado para o mês de fevereiro, no período das 12h às 17h45min.

Fonte: Autoria Própria, 2018.

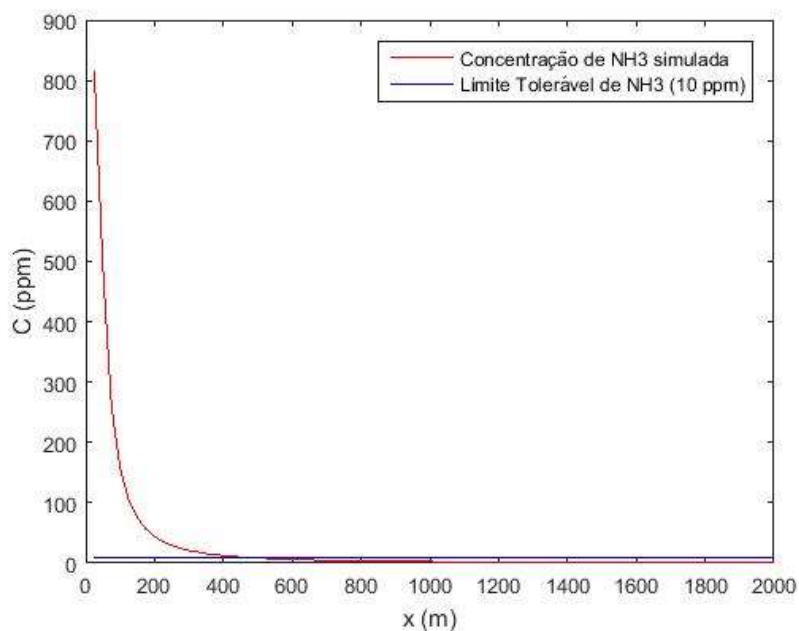


Figura 9 – Comportamento da concentração de amônia em ppm simulado para o mês de Fevereiro no período das 12h às 17h45min.

Fonte: Autoria Própria, 2018.

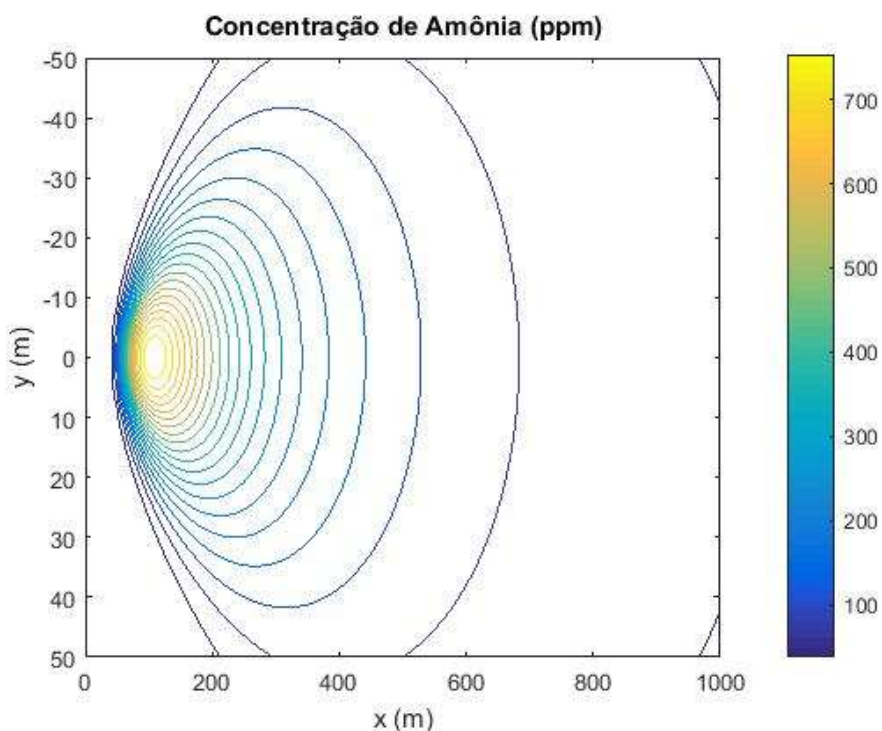


Figura 10 - Perfil da concentração de amônia na pluma de dispersão ao longo da distância da fonte emissora simulado para o mês de fevereiro, no período das 18h às 23h45min.

Fonte: Autoria Própria, 2018.

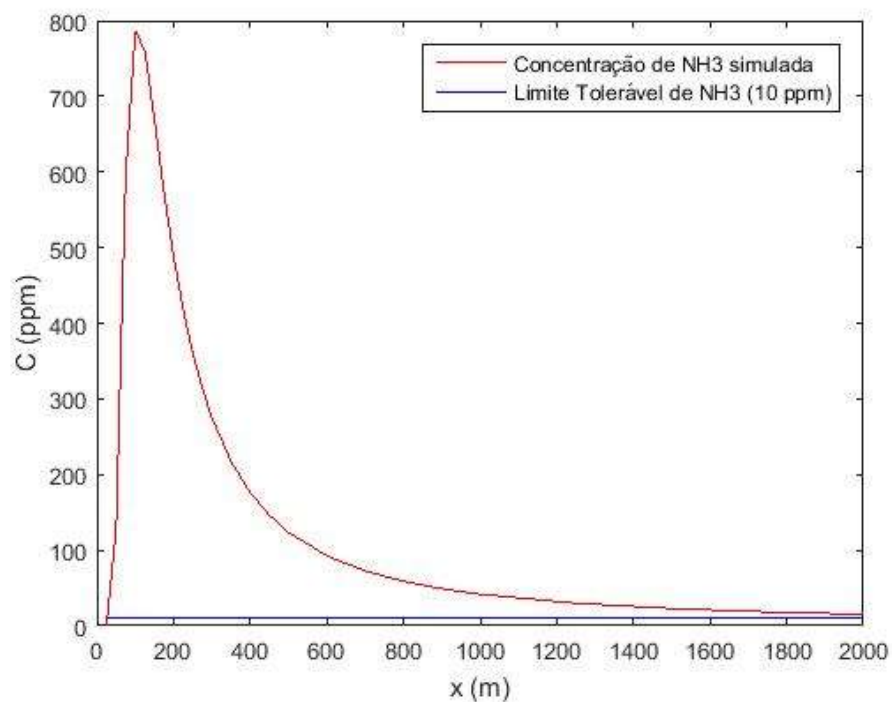


Figura 11 – Comportamento da concentração de amônia em ppm simulado para o mês de Fevereiro no período das 18h às 23h45min.

Fonte: Autoria Própria, 2018

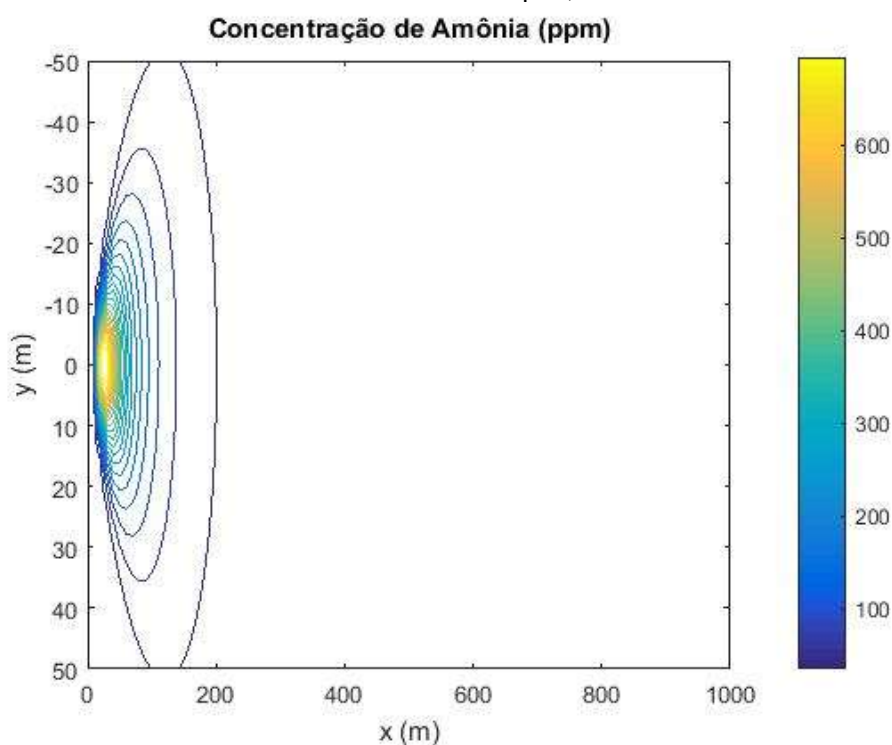


Figura 12 - Perfil da concentração de amônia na pluma de dispersão ao longo da distância da fonte emissora simulado para o mês de maio, no período das 12h às 17h45min.

Fonte: Aatoria Própria, 2018

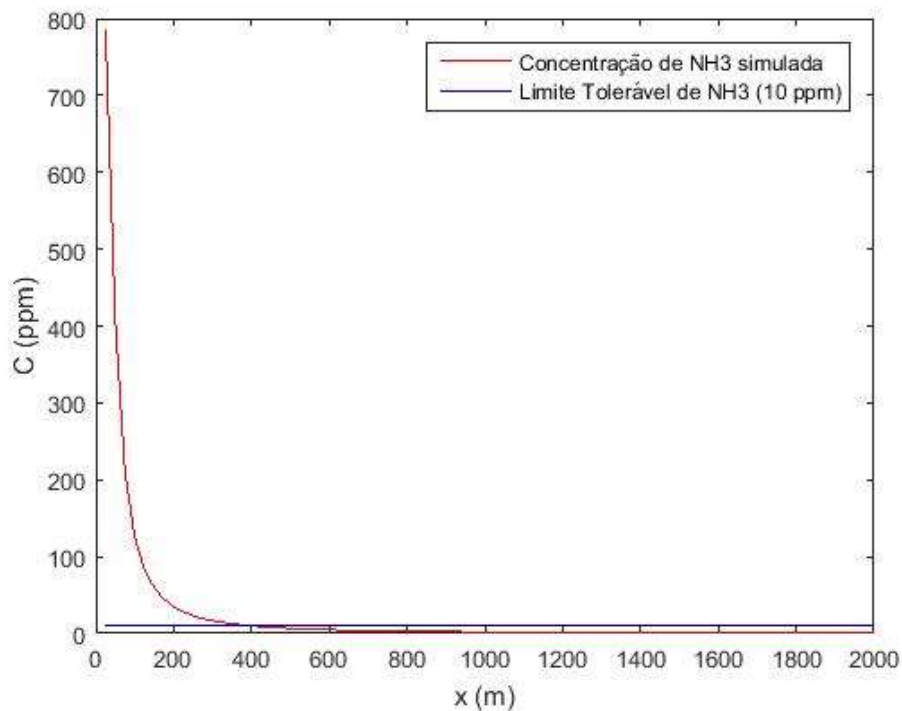


Figura 13 – Comportamento da concentração de amônia em ppm simulado para o mês de maio no período das 12h às 17h45min.
Fonte: Aatoria Própria, 2018.

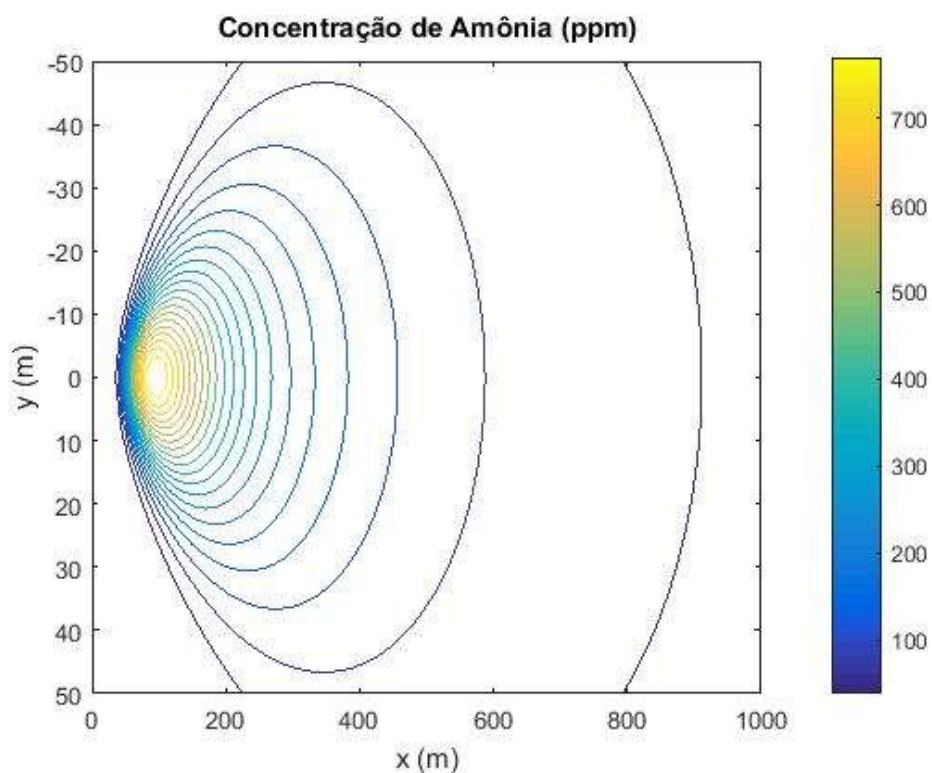
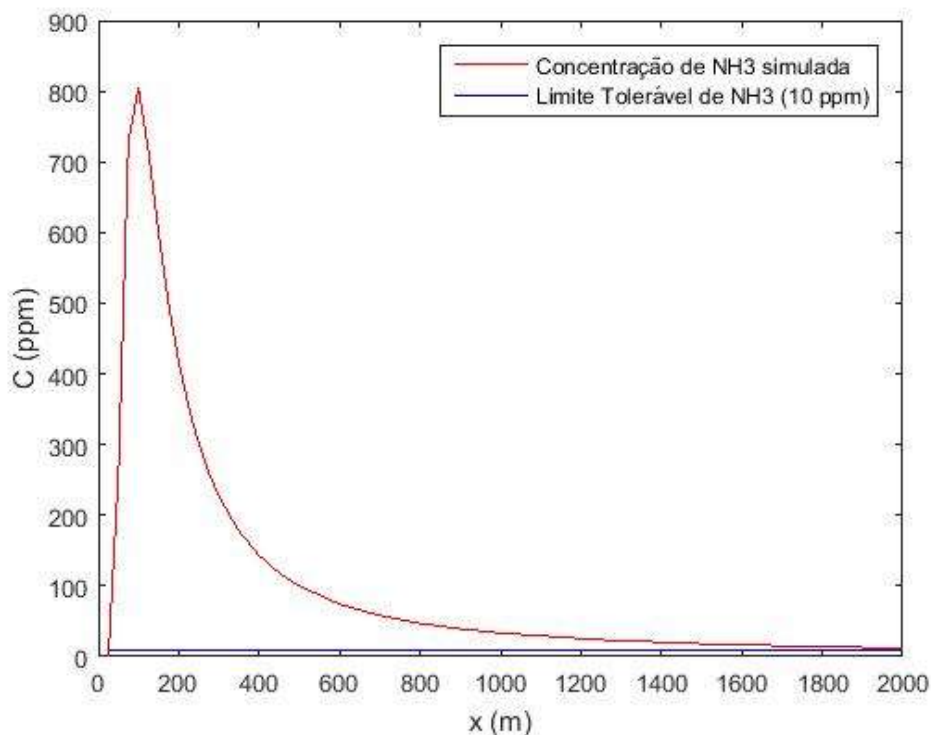
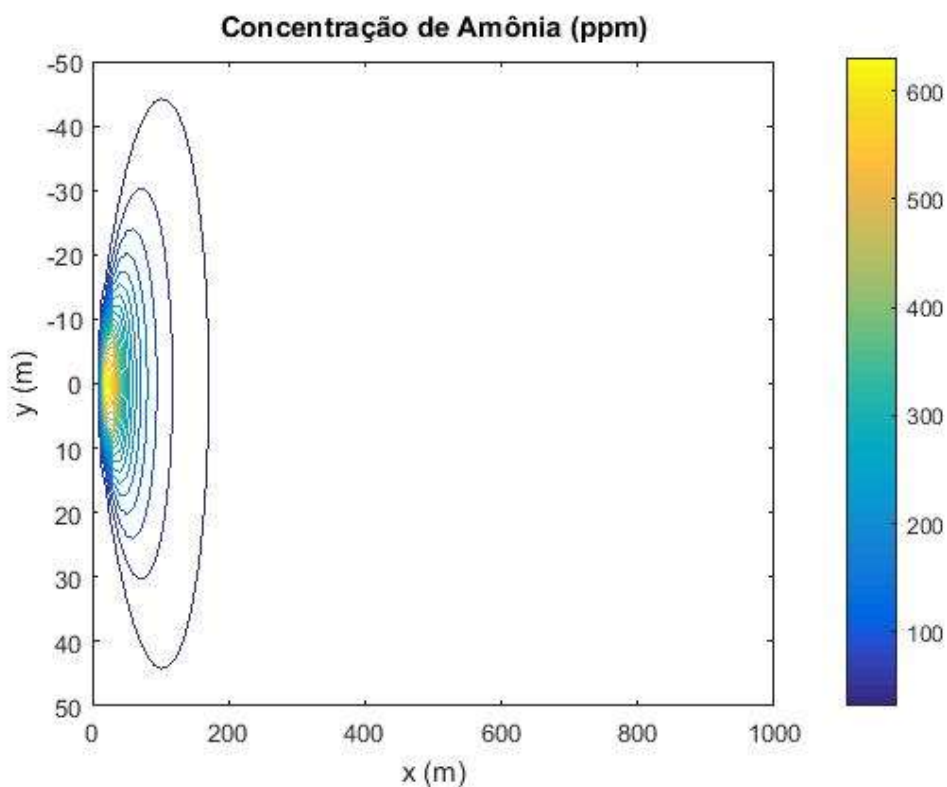


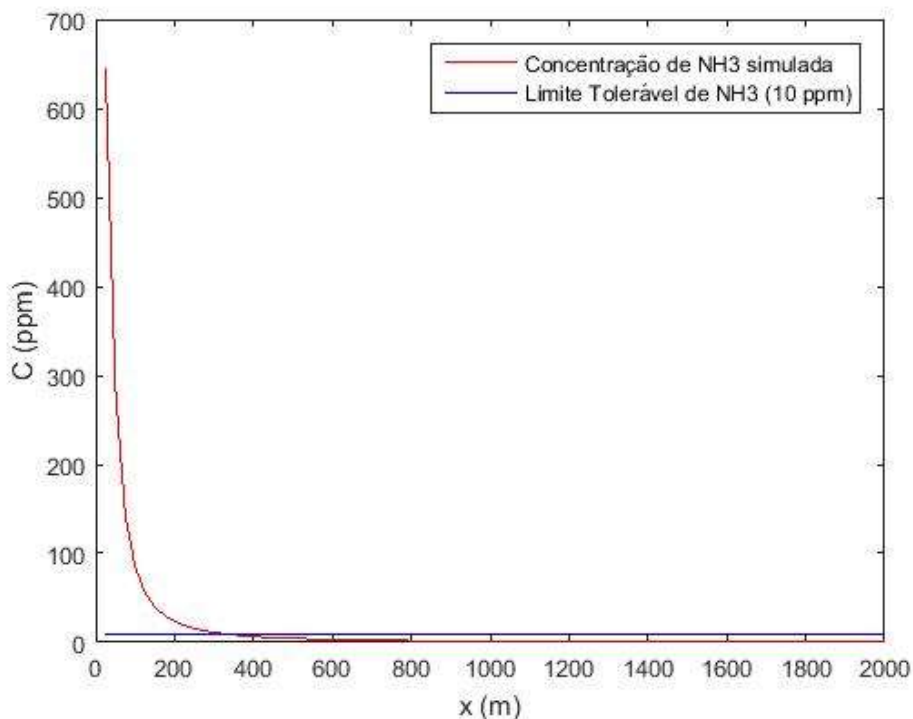
Figura 14 - Perfil da concentração de amônia na pluma de dispersão ao longo da distância da fonte emissora simulado para o mês de maio, no período das 18h às 23h45min.
Fonte: Aatoria Própria, 2018.



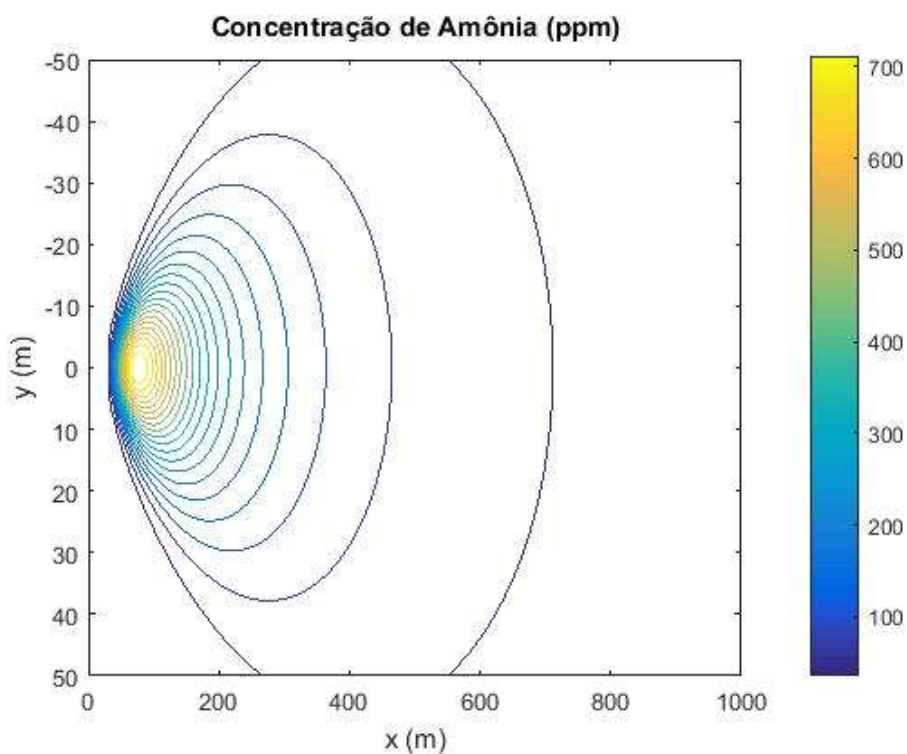
**Figura 15 - Comportamento da concentração de amônia em ppm simulado para o mês de maio no período das 18h às 23h45min.
Fonte: Autoria Própria, 2018.**



**Figura 16 – Perfil da concentração de amônia na pluma de dispersão ao longo da distância da fonte emissora simulado para o mês de agosto, no período das 12h às 17h45min
Fonte: Autoria Própria, 2018.**



**Figura 17 - Comportamento da concentração de amônia em ppm simulado para o mês de agosto no período das 12h às 17h45min.
Fonte: Autoria Própria, 2018.**



**Figura 18 - Perfil da concentração de amônia na pluma de dispersão ao longo da distância da fonte emissora simulado para o mês de agosto, no período das 18h às 23h45min.
Fonte: Autoria Própria, 2018.**

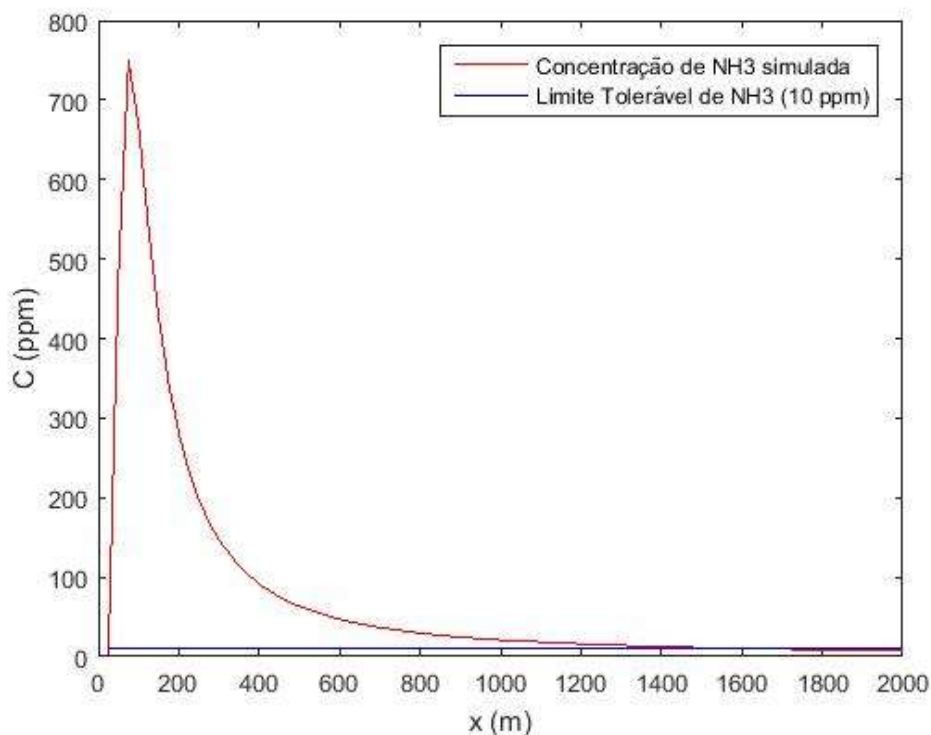


Figura 19 - Comportamento da concentração de amônia em ppm simulado para o mês de agosto no período das 18h às 23h45min.
Fonte: Autoria Própria, 2018.

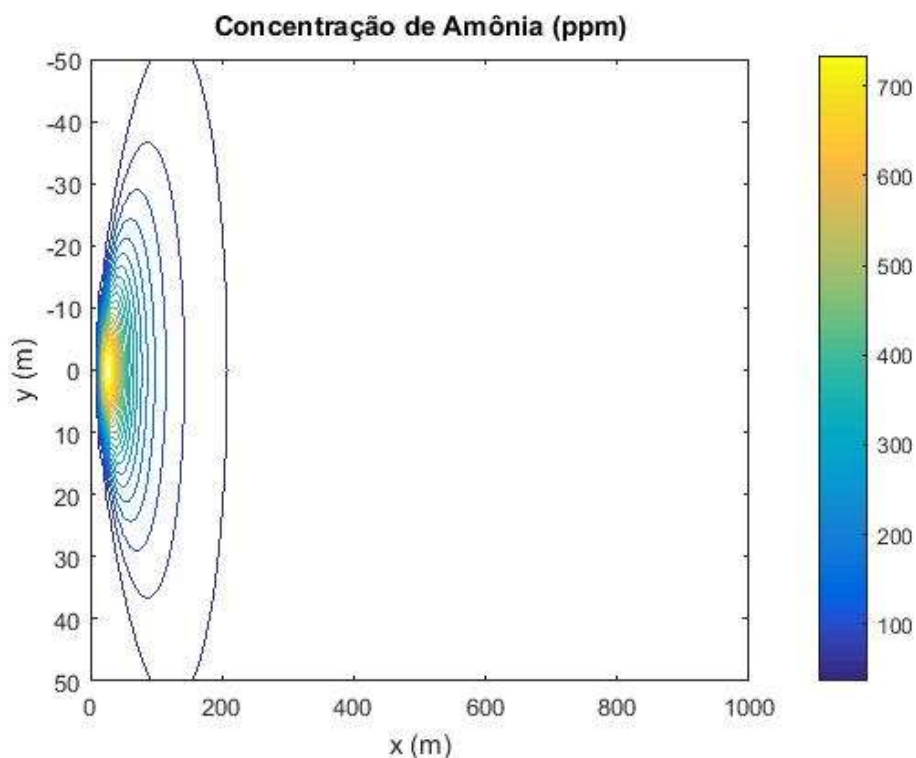


Figura 20 – Perfil da concentração de amônia na pluma de dispersão ao longo da distância da fonte emissora simulado para o mês de novembro, no período das 12h às 17h45min.
Fonte: Autoria Própria, 2018.

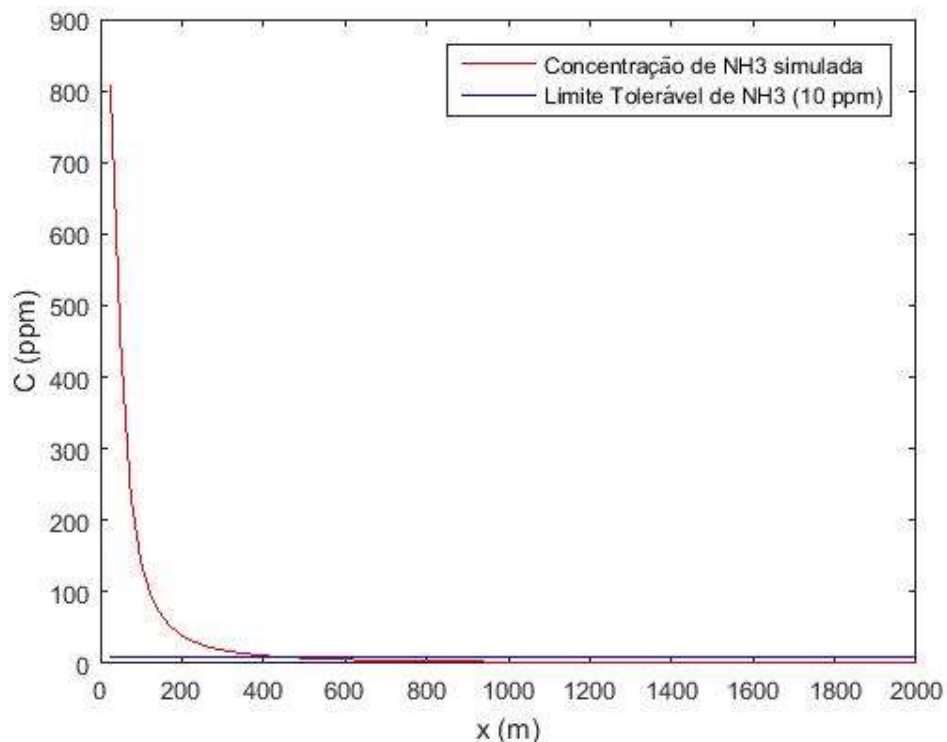


Figura 21 - Comportamento da concentração de amônia em ppm simulado para o mês de novembro no período das 12h às 17h45min.

Fonte: Autoria Própria, 2018.

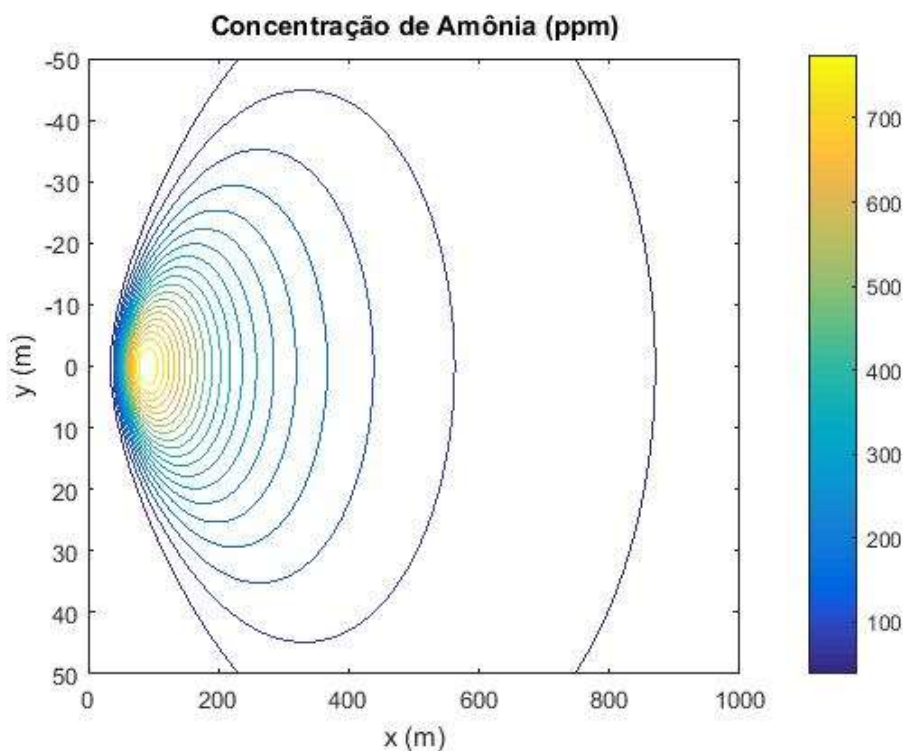
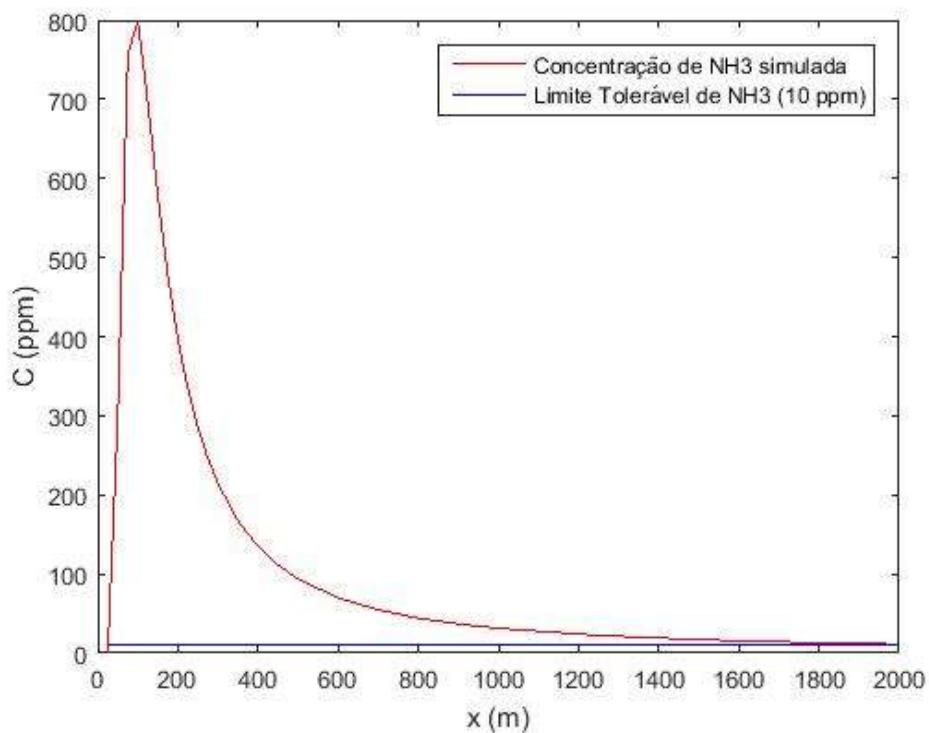


Figura 22 – Perfil da concentração de amônia na pluma de dispersão ao longo da distância da fonte emissora simulado para o mês de novembro, no período das 18h às 23h45min.

Fonte: Autoria Própria, 2018.



**Figura 23 – Comportamento da concentração de amônia em ppm simulado para o mês de novembro no período das 18h às 23h45min.
Fonte: Autoria Própria, 2018.**

APÊNDICE B – Tabelas com os Dados de Dispersão de amônia simulados para cada mês do ano

Tabela 13 – Dados de Dispersão de amônia simulados que representam o mês de janeiro

00:00:00 às 05:45:00			06:00:00 às 11:45:00			12:00:00 às 17:45:00			18:00:00 às 23:45:00		
3,07 m/s Nordeste			4,12 m/s Norte-Nordeste			4,93 m/s Sudoeste			2,33 m/s Leste-Sudeste		
x (m)	C (ppm)	Tempo (min)	x (m)	C (ppm)	Tempo (min)	x (m)	C (ppm)	Tempo (min)	x (m)	C (ppm)	Tempo (min)
25	0,12	0,14	25	748,29	0,17	25	768,48	0,08	25	0,003	0,18
50	290,17	0,27	50	646,45	0,33	50	388,00	0,17	50	139,96	0,36
75	744,34	0,41	75	367,48	0,50	75	199,42	0,25	75	618,23	0,54
100	792,78	0,54	100	227,91	0,66	100	119,34	0,34	100	799,22	0,72
125	692,83	0,68	125	153,97	0,83	125	79,29	0,42	125	765,21	0,90
150	576,57	0,81	150	110,92	0,99	150	56,59	0,51	150	669,75	1,07
175	476,80	0,95	175	83,82	1,16	175	42,53	0,59	175	571,27	1,25
200	397,17	1,09	200	65,71	1,33	200	33,22	0,68	200	485,67	1,43
225	334,60	1,22	225	53,01	1,49	225	26,73	0,76	225	415,03	1,61
250	285,31	1,36	250	43,75	1,66	250	22,02	0,84	250	357,56	1,79
275	246,09	1,49	275	36,80	1,82	275	18,50	0,93	275	310,81	1,97
300	214,51	1,63	300	31,44	1,99	300	15,78	1,01	300	272,57	2,15
350	167,58	1,90	350	23,83	2,32	350	11,95	1,18	350	214,76	2,51
400	135,01	2,17	400	18,78	2,65	400	9,41	1,35	400	174,02	2,86
450	111,51	2,44	450	15,26	2,98	450	7,64	1,52	450	144,31	3,22
500	93,99	2,71	500	12,69	3,32	500	6,35	1,69	500	122,00	3,58
600	70,03	3,26	600	9,27	3,98	600	4,63	2,03	600	91,26	4,30
700	54,74	3,80	700	7,14	4,64	700	3,57	2,36	700	71,52	5,01
800	44,34	4,34	800	5,71	5,30	800	2,85	2,70	800	58,03	5,73
900	36,90	4,88	900	4,71	5,97	900	2,35	3,04	900	48,35	6,45
1000	31,37	5,43	1000	3,97	6,63	1000	1,98	3,38	1000	41,15	7,16
1250	22,39	6,78	1250	2,79	8,29	1250	1,39	4,22	1250	29,42	8,95
1500	17,13	8,14	1500	2,11	9,95	1500	1,05	5,07	1500	22,52	10,74
1750	13,73	9,49	1750	1,68	11,60	1750	0,84	5,91	1750	18,06	12,53
2000	11,37	10,85	2000	1,38	13,26	2000	0,69	6,76	2000	14,97	14,32

Fonte: Autoria Própria, 2018.

Tabela 14– Dados de Dispersão de amônia simulados que representam o mês de fevereiro

00:00:00 às 05:45:00			06:00:00 às 11:45:00			12:00:00 às 17:45:00			18:00:00 às 23:45:00		
2,64 m/s Nordeste			2,51 m/s Sul-Sudeste			3,64 m/s Sul-Sudoeste			2,25 m/s Leste-Sudeste		
x (m)	C (ppm)	Tempo (min)	x (m)	C (ppm)	Tempo (min)	x (m)	C (ppm)	Tempo (min)	x (m)	C (ppm)	Tempo (min)
25	0,02	0,16	25	748,29	0,17	25	814,03	0,11	25	0,002	0,19
50	206,37	0,32	50	646,45	0,33	50	487,85	0,23	50	126,38	0,37
75	686,88	0,47	75	367,48	0,50	75	258,93	0,34	75	594,68	0,56
100	802,76	0,63	100	227,91	0,66	100	156,73	0,46	100	786,29	0,74
125	732,92	0,79	125	153,97	0,83	125	104,69	0,57	125	760,86	0,93
150	624,85	0,95	150	110,92	0,99	150	74,94	0,69	150	669,87	1,11
175	524,45	1,11	175	83,82	1,16	175	56,42	0,80	175	573,42	1,30
200	441,15	1,26	200	65,71	1,33	200	44,12	0,92	200	488,66	1,48
225	374,20	1,42	225	53,01	1,49	225	35,53	1,03	225	418,27	1,67
250	320,66	1,58	250	43,75	1,66	250	29,29	1,15	250	360,79	1,85
275	277,61	1,74	275	36,80	1,82	275	24,61	1,26	275	313,91	2,04
300	242,69	1,90	300	31,44	1,99	300	21,01	1,37	300	275,48	2,23
350	190,37	2,21	350	23,83	2,32	350	15,91	1,60	350	217,27	2,60
400	153,79	2,53	400	18,78	2,65	400	12,53	1,83	400	176,16	2,97
450	127,27	2,84	450	15,26	2,98	450	10,17	2,06	450	146,16	3,34
500	107,42	3,16	500	12,69	3,32	500	8,46	2,29	500	123,60	3,71
600	80,19	3,79	600	9,27	3,98	600	6,17	2,75	600	92,51	4,45
700	62,76	4,42	700	7,14	4,64	700	4,75	3,21	700	72,52	5,19
800	50,88	5,05	800	5,71	5,30	800	3,81	3,67	800	58,85	5,94
900	42,37	5,69	900	4,71	5,97	900	3,14	4,12	900	49,05	6,68
1000	36,04	6,32	1000	3,97	6,63	1000	2,65	4,58	1000	41,74	7,42
1250	25,75	7,90	1250	2,79	8,29	1250	1,86	5,73	1250	29,85	9,27
1500	19,70	9,48	1500	2,11	9,95	1500	1,41	6,87	1500	22,85	11,13
1750	15,79	11,06	1750	1,68	11,60	1750	1,12	8,02	1750	18,33	12,98
2000	13,09	12,64	2000	1,38	13,26	2000	0,92	9,16	2000	15,19	14,84

Fonte: Autoria Própria, 2018.

Tabela 15 – Dados de Dispersão de amônia simulados que representam o mês de março

00:00:00 às 05:45:00			06:00:00 às 11:45:00			12:00:00 às 17:45:00			18:00:00 às 23:45:00		
3,4 m/s Nordeste			2,26 m/s Sul			3,43 m/s Sul-Sudoeste			2,08 m/s Leste-Sudeste		
x (m)	C (ppm)	Tempo (min)	x (m)	C (ppm)	Tempo (min)	x (m)	C (ppm)	Tempo (min)	x (m)	C (ppm)	Tempo (min)
25	0,32	0,12	25	687,05	0,18	25	820,65	0,12	25	0,000	0,20
50	346,25	0,25	50	687,39	0,37	50	516,00	0,24	50	92,74	0,40
75	760,64	0,37	75	401,66	0,55	75	276,35	0,36	75	540,87	0,60
100	766,59	0,49	100	251,55	0,74	100	167,81	0,49	100	772,04	0,80
125	652,73	0,61	125	170,72	0,92	125	112,25	0,61	125	774,50	1,00
150	535,44	0,74	150	123,30	1,11	150	80,43	0,73	150	695,60	1,20
175	438,90	0,86	175	93,32	1,29	175	60,58	0,85	175	602,78	1,40
200	363,47	0,98	200	73,23	1,47	200	47,38	0,97	200	517,84	1,60
225	304,97	1,10	225	59,11	1,66	225	38,17	1,09	225	445,75	1,80
250	259,27	1,23	250	48,82	1,84	250	31,47	1,21	250	386,06	2,00
275	223,14	1,35	275	41,08	2,03	275	26,45	1,34	275	336,93	2,20
300	194,18	1,47	300	35,10	2,21	300	22,58	1,46	300	296,38	2,40
350	151,32	1,72	350	26,62	2,58	350	17,10	1,70	350	234,55	2,80
400	121,71	1,96	400	20,99	2,95	400	13,47	1,94	400	190,61	3,20
450	100,41	2,21	450	17,05	3,32	450	10,94	2,19	450	158,40	3,60
500	84,56	2,45	500	14,18	3,69	500	9,10	2,43	500	134,11	4,00
600	62,93	2,94	600	10,36	4,42	600	6,64	2,91	600	100,53	4,80
700	49,16	3,43	700	7,98	5,16	700	5,11	3,40	700	78,89	5,60
800	39,79	3,92	800	6,39	5,90	800	4,09	3,88	800	64,06	6,40
900	33,11	4,41	900	5,27	6,64	900	3,37	4,37	900	53,42	7,20
1000	28,14	4,90	1000	4,44	7,37	1000	2,84	4,86	1000	45,48	7,99
1250	20,08	6,13	1250	3,12	9,22	1250	2,00	6,07	1250	32,54	9,99
1500	15,35	7,35	1500	2,36	11,06	1500	1,51	7,28	1500	24,92	11,99
1750	12,30	8,58	1750	1,88	12,90	1750	1,20	8,50	1750	19,99	13,99
2000	10,19	9,80	2000	1,54	14,75	2000	0,99	9,71	2000	16,58	15,99

Fonte: Autoria Própria, 2018.

Tabela 16 – Dados de Dispersão de amônia simulados que representam o mês de abril

00:00:00 às 05:45:00			06:00:00 às 11:45:00			12:00:00 às 17:45:00			18:00:00 às 23:45:00		
3,24 m/s Nordeste			1,82 m/s Sul			2,83 m/s Sul-Sudoeste			1,28 m/s Leste-Nordeste		
x (m)	C (ppm)	Tempo (min)	x (m)	C (ppm)	Tempo (min)	x (m)	C (ppm)	Tempo (min)	x (m)	C (ppm)	Tempo (min)
25	0,20	0,13	25	512,15	0,23	25	792,89	0,15	25	2,9E-10	0,33
50	320,30	0,26	50	761,57	0,46	50	594,28	0,29	50	3,23	0,65
75	757,26	0,39	75	479,35	0,69	75	328,94	0,44	75	150,10	0,98
100	783,42	0,51	100	308,22	0,91	100	202,09	0,59	100	448,96	1,30
125	675,34	0,64	125	211,78	1,14	125	135,93	0,74	125	638,21	1,63
150	557,77	0,77	150	153,99	1,37	150	97,68	0,88	150	694,97	1,95
175	459,12	0,90	175	117,04	1,60	175	73,71	1,03	175	677,75	2,28
200	381,27	1,03	200	92,08	1,83	200	57,72	1,18	200	629,46	2,60
225	320,52	1,16	225	74,47	2,06	225	46,53	1,32	225	572,09	2,93
250	272,87	1,28	250	61,59	2,29	250	38,39	1,47	250	515,45	3,25
275	235,09	1,41	275	51,87	2,52	275	32,28	1,62	275	463,41	3,58
300	204,74	1,54	300	44,37	2,74	300	27,57	1,77	300	417,09	3,90
350	159,74	1,80	350	33,68	3,20	350	20,89	2,06	350	341,06	4,55
400	128,58	2,05	400	26,58	3,66	400	16,46	2,35	400	283,30	5,20
450	106,14	2,31	450	21,60	4,12	450	13,37	2,65	450	239,09	5,86
500	89,42	2,57	500	17,98	4,57	500	11,12	2,94	500	204,74	6,51
600	66,58	3,08	600	13,14	5,49	600	8,12	3,53	600	155,86	7,81
700	52,03	3,60	700	10,12	6,40	700	6,25	4,12	700	123,51	9,11
800	42,13	4,11	800	8,11	7,32	800	5,00	4,71	800	100,97	10,41
900	35,05	4,62	900	6,68	8,23	900	4,12	5,30	900	84,59	11,71
1000	29,80	5,14	1000	5,64	9,15	1000	3,48	5,88	1000	72,28	13,01
1250	21,27	6,42	1250	3,96	11,43	1250	2,45	7,36	1250	52,03	16,26
1500	16,26	7,71	1500	3,00	13,72	1500	1,85	8,83	1500	39,99	19,52
1750	13,03	8,99	1750	2,38	16,01	1750	1,47	10,30	1750	32,15	22,77
2000	10,80	10,27	2000	1,96	18,29	2000	1,21	11,77	2000	26,70	26,02

Fonte: Autoria Própria, 2018

Tabela 17 – Dados de Dispersão de amônia simulados que representam o mês de maio

00:00:00 às 05:45:00			06:00:00 às 11:45:00			12:00:00 às 17:45:00			18:00:00 às 23:45:00		
3,86 m/s Nordeste			4,96 m/s Norte-Nordeste			4,72 m/s Norte-Nordeste			2,91 m/s Nordeste		
x (m)	C (ppm)	Tempo (min)	x (m)	C (ppm)	Tempo (min)	x (m)	C (ppm)	Tempo (min)	x (m)	C (ppm)	Tempo (min)
25	0,81	0,11	25	783,65	0,08	25	784,43	0,09	25	0,06333	0,14
50	408,88	0,22	50	397,24	0,17	50	405,30	0,18	50	258,43	0,29
75	777,48	0,32	75	204,32	0,25	75	209,21	0,26	75	729,84	0,43
100	744,25	0,43	100	122,30	0,34	100	125,39	0,35	100	804,45	0,57
125	618,53	0,54	125	81,27	0,42	125	83,37	0,44	125	714,48	0,72
150	500,63	0,65	150	58,01	0,50	150	59,53	0,53	150	599,92	0,86
175	407,01	0,76	175	43,60	0,59	175	44,75	0,62	175	498,83	1,00
200	335,24	0,86	200	34,05	0,67	200	34,95	0,71	200	417,02	1,15
225	280,22	0,97	225	27,40	0,76	225	28,13	0,79	225	352,22	1,29
250	237,58	1,08	250	22,57	0,84	250	23,18	0,88	250	300,87	1,43
275	204,04	1,19	275	18,96	0,92	275	19,47	0,97	275	259,87	1,58
300	177,28	1,30	300	16,18	1,01	300	16,62	1,06	300	226,77	1,72
350	137,83	1,51	350	12,25	1,18	350	12,58	1,24	350	177,42	2,01
400	110,70	1,73	400	9,64	1,34	400	9,90	1,41	400	143,08	2,29
450	91,23	1,94	450	7,83	1,51	450	8,04	1,59	450	118,26	2,58
500	76,77	2,16	500	6,51	1,68	500	6,68	1,77	500	99,73	2,87
600	57,07	2,59	600	4,75	2,02	600	4,88	2,12	600	74,36	3,44
700	44,55	3,02	700	3,66	2,35	700	3,75	2,47	700	58,15	4,01
800	36,05	3,45	800	2,93	2,69	800	3,01	2,83	800	47,12	4,58
900	29,98	3,89	900	2,41	3,02	900	2,48	3,18	900	39,22	5,16
1000	25,47	4,32	1000	2,03	3,36	1000	2,09	3,53	1000	33,35	5,73
1250	18,17	5,40	1250	1,43	4,20	1250	1,47	4,41	1250	23,81	7,16
1500	13,89	6,48	1500	1,08	5,04	1500	1,11	5,30	1500	18,22	8,60
1750	11,13	7,56	1750	0,86	5,88	1750	0,88	6,18	1750	14,60	10,03
2000	9,22	8,63	2000	0,71	6,72	2000	0,73	7,06	2000	12,10	11,46

Fonte: Autoria Própria, 2018.

Tabela 18 – Dados de Dispersão de amônia simulados que representam o mês de junho

00:00:00 às 05:45:00			06:00:00 às 11:45:00			12:00:00 às 17:45:00			18:00:00 às 23:45:00		
4,9 m/s Nordeste			4,68 m/s Norte-Nordeste			2,9 m/s Sul-Sudoeste			4,09 m/s Nordeste		
x (m)	C (ppm)	Tempo (min)	x (m)	C (ppm)	Tempo (min)	x (m)	C (ppm)	Tempo (min)	x (m)	C (ppm)	Tempo (min)
25	3,35	0,09	25	804,97	0,09	25	815,46	0,14	25	1,206	0,10
50	499,81	0,17	50	420,94	0,18	50	612,27	0,29	50	434,08	0,20
75	755,93	0,26	75	217,78	0,27	75	339,01	0,43	75	775,10	0,31
100	666,93	0,34	100	130,63	0,36	100	208,30	0,58	100	725,54	0,41
125	533,36	0,43	125	86,88	0,44	125	140,11	0,72	125	596,64	0,51
150	422,62	0,51	150	62,05	0,53	150	100,69	0,86	150	480,10	0,61
175	339,14	0,60	175	46,65	0,62	175	75,98	1,01	175	388,93	0,71
200	276,94	0,68	200	36,44	0,71	200	59,50	1,15	200	319,59	0,82
225	230,11	0,77	225	29,33	0,80	225	47,97	1,29	225	266,70	0,92
250	194,24	0,85	250	24,17	0,89	250	39,58	1,44	250	225,85	1,02
275	166,28	0,94	275	20,30	0,98	275	33,28	1,58	275	193,79	1,12
300	144,10	1,02	300	17,33	1,07	300	28,42	1,73	300	168,25	1,22
350	111,64	1,19	350	13,11	1,25	350	21,53	2,01	350	130,69	1,43
400	89,44	1,36	400	10,33	1,42	400	16,97	2,30	400	104,89	1,63
450	73,58	1,53	450	8,38	1,60	450	13,78	2,59	450	86,40	1,84
500	61,84	1,70	500	6,97	1,78	500	11,46	2,88	500	72,68	2,04
600	45,90	2,04	600	5,09	2,14	600	8,37	3,45	600	54,00	2,45
700	35,79	2,38	700	3,92	2,49	700	6,44	4,03	700	42,14	2,86
800	28,94	2,72	800	3,13	2,85	800	5,16	4,60	800	34,09	3,26
900	24,05	3,06	900	2,58	3,20	900	4,25	5,18	900	28,35	3,67
1000	20,43	3,40	1000	2,18	3,56	1000	3,59	5,75	1000	24,09	4,08
1250	14,56	4,25	1250	1,53	4,45	1250	2,52	7,19	1250	17,18	5,10
1500	11,13	5,10	1500	1,16	5,34	1500	1,91	8,63	1500	13,13	6,12
1750	8,91	5,95	1750	0,92	6,23	1750	1,51	10,07	1750	10,52	7,14
2000	7,38	6,80	2000	0,76	7,12	2000	1,25	11,51	2000	8,71	8,16

Fonte: Autoria Própria, 2018

Tabela 19 – Dados de Dispersão de amônia simulados que representam o mês de julho

00:00:00 às 05:45:00			06:00:00 às 11:45:00			12:00:00 às 17:45:00			18:00:00 às 23:45:00		
5,04 m/s Nordeste			4,61 m/s Nordeste			6,64 m/s Norte-Nordeste			3,56 m/s Nordeste		
x (m)	C (ppm)	Tempo (min)	x (m)	C (ppm)	Tempo (min)	x (m)	C (ppm)	Tempo (min)	x (m)	C (ppm)	Tempo (min)
25	3,90	0,08	25	810,41	0,09	25	664,22	0,06	25	0,45189	0,12
50	505,87	0,17	50	427,33	0,18	50	298,67	0,13	50	369,83	0,23
75	745,13	0,25	75	221,43	0,27	75	150,21	0,19	75	771,19	0,35
100	651,24	0,33	100	132,90	0,36	100	89,20	0,25	100	762,91	0,47
125	518,51	0,41	125	88,41	0,45	125	59,05	0,31	125	643,93	0,58
150	409,84	0,50	150	63,15	0,54	150	42,06	0,38	150	525,67	0,70
175	328,39	0,58	175	47,48	0,63	175	31,57	0,44	175	429,62	0,82
200	267,90	0,66	200	37,09	0,72	200	24,64	0,50	200	355,09	0,94
225	222,44	0,74	225	29,85	0,81	225	19,81	0,56	225	297,53	1,05
250	187,68	0,83	250	24,60	0,90	250	16,32	0,63	250	252,70	1,17
275	160,60	0,91	275	20,66	0,99	275	13,70	0,69	275	217,32	1,29
300	139,14	0,99	300	17,64	1,08	300	11,69	0,75	300	189,00	1,40
350	107,75	1,16	350	13,35	1,26	350	8,85	0,88	350	147,16	1,64
400	86,30	1,32	400	10,51	1,44	400	6,96	1,00	400	118,30	1,87
450	70,99	1,49	450	8,53	1,63	450	5,65	1,13	450	97,56	2,10
500	59,65	1,65	500	7,10	1,81	500	4,70	1,25	500	82,14	2,34
600	44,26	1,98	600	5,18	2,17	600	3,43	1,51	600	61,10	2,81
700	34,51	2,31	700	3,99	2,53	700	2,64	1,76	700	47,72	3,27
800	27,90	2,64	800	3,19	2,89	800	2,11	2,01	800	38,62	3,74
900	23,19	2,97	900	2,63	3,25	900	1,74	2,26	900	32,13	4,21
1000	19,70	3,31	1000	2,22	3,61	1000	1,47	2,51	1000	27,30	4,68
1250	14,04	4,13	1250	1,56	4,51	1250	1,03	3,14	1250	19,48	5,85
1500	10,73	4,96	1500	1,18	5,42	1500	0,78	3,76	1500	14,89	7,02
1750	8,59	5,78	1750	0,94	6,32	1750	0,62	4,39	1750	11,93	8,19
2000	7,12	6,61	2000	0,77	7,22	2000	0,51	5,02	2000	9,89	9,35

Fonte: Autoria Própria, 2018

Tabela 20 – Dados de Dispersão de amônia simulados que representam o mês de agosto

00:00:00 às 05:45:00			06:00:00 às 11:45:00			12:00:00 às 17:45:00			18:00:00 às 23:45:00		
5,25 m/s Nordeste			1,88 m/s Sul			6,92 m/s Norte-Nordeste			4,64 m/s Nordeste		
x (m)	C (ppm)	Tempo (min)	x (m)	C (ppm)	Tempo (min)	x (m)	C (ppm)	Tempo (min)	x (m)	C (ppm)	Tempo (min)
25	4,78	0,08	25	536,44	0,22	25	644,00	0,06	25	2,68172	0,09
50	512,56	0,16	50	776,97	0,44	50	285,64	0,12	50	479,12	0,18
75	728,14	0,24	75	486,64	0,66	75	143,28	0,18	75	749,58	0,27
100	628,23	0,32	100	312,36	0,89	100	85,01	0,24	100	669,35	0,36
125	497,15	0,40	125	214,45	1,11	125	56,25	0,30	125	538,34	0,45
150	391,64	0,48	150	155,86	1,33	150	40,06	0,36	150	427,91	0,54
175	313,16	0,56	175	118,42	1,55	175	30,07	0,42	175	344,04	0,63
200	255,13	0,63	200	93,16	1,77	200	23,46	0,48	200	281,31	0,72
225	211,64	0,71	225	75,33	1,99	225	18,87	0,54	225	233,94	0,81
250	178,44	0,79	250	62,29	2,22	250	15,54	0,60	250	197,61	0,90
275	152,61	0,87	275	52,47	2,44	275	13,05	0,66	275	169,24	0,99
300	132,17	0,95	300	44,87	2,66	300	11,13	0,72	300	146,73	1,08
350	102,29	1,11	350	34,06	3,10	350	8,42	0,84	350	113,73	1,26
400	81,90	1,27	400	26,87	3,55	400	6,63	0,96	400	91,15	1,44
450	67,35	1,43	450	21,84	3,99	450	5,38	1,08	450	75,01	1,62
500	56,58	1,59	500	18,18	4,43	500	4,47	1,20	500	63,05	1,80
600	41,97	1,90	600	13,28	5,32	600	3,26	1,45	600	46,80	2,16
700	32,72	2,22	700	10,23	6,21	700	2,51	1,69	700	36,50	2,51
800	26,45	2,54	800	8,20	7,09	800	2,01	1,93	800	29,52	2,87
900	21,98	2,86	900	6,76	7,98	900	1,66	2,17	900	24,54	3,23
1000	18,67	3,17	1000	5,70	8,87	1000	1,40	2,41	1000	20,84	3,59
1250	13,31	3,97	1250	4,01	11,08	1250	0,98	3,01	1250	14,86	4,49
1500	10,17	4,76	1500	3,03	13,30	1500	0,74	3,61	1500	11,36	5,39
1750	8,14	5,56	1750	2,41	15,51	1750	0,59	4,22	1750	9,09	6,29
2000	6,74	6,35	2000	1,98	17,73	2000	0,49	4,82	2000	7,53	7,18

Fonte: Autoria Própria, 2018

Tabela 21 – Dados de Dispersão de amônia simulados que representam o mês de setembro

00:00:00 às 05:45:00			06:00:00 às 11:45:00			12:00:00 às 17:45:00			18:00:00 às 23:45:00		
5,13 m/s Nordeste			2,69 m/s Sul-Sedeste			4,06 m/s Sul			3,74 m/s Nordeste		
x (m)	C (ppm)	Tempo (min)	x (m)	C (ppm)	Tempo (min)	x (m)	C (ppm)	Tempo (min)	x (m)	C (ppm)	Tempo (min)
25	4,41	0,08	25	782,72	0,15	25	818,81	0,10	25	0,689	0,11
50	505,52	0,16	50	630,34	0,31	50	461,16	0,21	50	393,70	0,22
75	727,21	0,24	75	353,63	0,46	75	241,93	0,31	75	767,18	0,33
100	630,23	0,32	100	218,30	0,62	100	145,84	0,41	100	740,85	0,45
125	499,79	0,41	125	147,16	0,77	125	97,22	0,51	125	618,24	0,56
150	394,18	0,49	150	105,88	0,93	150	69,53	0,62	150	501,53	0,67
175	315,42	0,57	175	79,96	1,08	175	52,31	0,72	175	408,31	0,78
200	257,09	0,65	200	62,65	1,24	200	40,88	0,82	200	336,62	0,89
225	213,33	0,73	225	50,52	1,39	225	32,91	0,92	225	281,56	1,00
250	179,91	0,81	250	41,69	1,55	250	27,13	1,03	250	238,82	1,11
275	153,90	0,89	275	35,06	1,70	275	22,79	1,13	275	205,18	1,23
300	133,30	0,97	300	29,95	1,86	300	19,46	1,23	300	178,32	1,34
350	103,19	1,14	350	22,70	2,17	350	14,73	1,44	350	138,70	1,56
400	82,63	1,30	400	17,89	2,48	400	11,60	1,64	400	111,42	1,78
450	67,95	1,46	450	14,53	2,79	450	9,42	1,85	450	91,84	2,01
500	57,09	1,62	500	12,08	3,10	500	7,83	2,05	500	77,29	2,23
600	42,36	1,95	600	8,82	3,72	600	5,71	2,47	600	57,47	2,68
700	33,02	2,27	700	6,79	4,34	700	4,40	2,88	700	44,87	3,12
800	26,69	2,60	800	5,44	4,96	800	3,52	3,29	800	36,31	3,57
900	22,19	2,92	900	4,48	5,58	900	2,90	3,70	900	30,19	4,01
1000	18,84	3,25	1000	3,78	6,20	1000	2,45	4,11	1000	25,66	4,46
1250	13,43	4,06	1250	2,66	7,75	1250	1,72	5,14	1250	18,30	5,57
1500	10,26	4,87	1500	2,01	9,30	1500	1,30	6,16	1500	13,99	6,69
1750	8,22	5,68	1750	1,60	10,85	1750	1,03	7,19	1750	11,21	7,80
2000	6,81	6,49	2000	1,31	12,40	2000	0,85	8,22	2000	9,29	8,92

Fonte: Autoria Própria, 2018.

Tabela 22 – Dados de Dispersão de amônia simulados que representam o mês de outubro

00:00:00 às 05:45:00			06:00:00 às 11:45:00			12:00:00 às 17:45:00			18:00:00 às 23:45:00		
5,34 m/s Nordeste			8,75 m/s Norte-Nordeste			6,28 m/s Sul-Sudoeste			5,83 m/s Sudeste		
x (m)	C (ppm)	Tempo (min)	x (m)	C (ppm)	Tempo (min)	x (m)	C (ppm)	Tempo (min)	x (m)	C (ppm)	Tempo (min)
25	5,32	0,08	25	557,30	0,05	25	693,81	0,07	25	7,24	0,07
50	511,48	0,16	50	232,85	0,10	50	318,55	0,13	50	530,87	0,14
75	711,87	0,23	75	115,50	0,14	75	160,83	0,20	75	702,01	0,21
100	609,71	0,31	100	68,25	0,19	100	95,64	0,27	100	590,40	0,29
125	480,84	0,39	125	45,08	0,24	125	63,35	0,33	125	461,63	0,36
150	378,07	0,47	150	32,07	0,29	150	45,15	0,40	150	361,25	0,43
175	301,96	0,55	175	24,06	0,33	175	33,89	0,46	175	287,68	0,50
200	245,81	0,62	200	18,76	0,38	200	26,45	0,53	200	233,74	0,57
225	203,80	0,70	225	15,08	0,43	225	21,28	0,60	225	193,53	0,64
250	171,76	0,78	250	12,42	0,48	250	17,52	0,66	250	162,95	0,71
275	146,86	0,86	275	10,43	0,52	275	14,72	0,73	275	139,23	0,79
300	127,16	0,94	300	8,90	0,57	300	12,56	0,80	300	120,48	0,86
350	98,38	1,09	350	6,73	0,67	350	9,50	0,93	350	93,14	1,00
400	78,75	1,25	400	5,30	0,76	400	7,48	1,06	400	74,51	1,14
450	64,75	1,40	450	4,30	0,86	450	6,07	1,19	450	61,24	1,29
500	54,39	1,56	500	3,57	0,95	500	5,05	1,33	500	51,43	1,43
600	40,34	1,87	600	2,61	1,14	600	3,68	1,59	600	38,13	1,72
700	31,44	2,18	700	2,01	1,33	700	2,83	1,86	700	29,71	2,00
800	25,42	2,50	800	1,61	1,52	800	2,27	2,12	800	24,02	2,29
900	21,12	2,81	900	1,32	1,72	900	1,87	2,39	900	19,96	2,57
1000	17,94	3,12	1000	1,12	1,91	1000	1,58	2,65	1000	16,95	2,86
1250	12,79	3,90	1250	0,78	2,38	1250	1,11	3,32	1250	12,08	3,57
1500	9,77	4,68	1500	0,59	2,86	1500	0,84	3,98	1500	9,23	4,29
1750	7,82	5,46	1750	0,47	3,34	1750	0,67	4,64	1750	7,39	5,00
2000	6,48	6,24	2000	0,39	3,81	2000	0,55	5,31	2000	6,12	5,72

Fonte: Autoria Própria, 2018.

Tabela 23 – Dados de Dispersão de amônia simulados que representam o mês de novembro

00:00:00 às 05:45:00			06:00:00 às 11:45:00			12:00:00 às 17:45:00			18:00:00 às 23:45:00		
5,37 m/s Nordeste			6,21 m/s Leste-Nordeste			4,15 m/s Sul			3,15 m/s Sul		
x (m)	C (ppm)	Tempo (min)	x (m)	C (ppm)	Tempo (min)	x (m)	C (ppm)	Tempo (min)	x (m)	C (ppm)	Tempo (min)
25	5,35	0,08	25	700,78	0,07	25	806,72	0,10	25	0,14	0,13
50	514,70	0,16	50	323,27	0,13	50	446,15	0,20	50	302,44	0,26
75	716,31	0,23	75	163,36	0,20	75	233,26	0,30	75	757,18	0,40
100	613,50	0,31	100	97,18	0,27	100	140,44	0,40	100	799,50	0,53
125	483,83	0,39	125	64,38	0,34	125	93,57	0,50	125	695,86	0,66
150	380,42	0,47	150	45,88	0,40	150	66,89	0,60	150	577,78	0,79
175	303,83	0,54	175	34,45	0,47	175	50,32	0,70	175	477,15	0,93
200	247,34	0,62	200	26,89	0,54	200	39,32	0,80	200	397,09	1,06
225	205,07	0,70	225	21,62	0,60	225	31,65	0,90	225	334,32	1,19
250	172,83	0,78	250	17,81	0,67	250	26,09	1,01	250	284,94	1,32
275	147,77	0,85	275	14,96	0,74	275	21,92	1,11	275	245,68	1,45
300	127,95	0,93	300	12,76	0,80	300	18,71	1,21	300	214,10	1,59
350	98,99	1,09	350	9,66	0,94	350	14,16	1,41	350	167,19	1,85
400	79,24	1,24	400	7,60	1,07	400	11,15	1,61	400	134,66	2,12
450	65,15	1,40	450	6,17	1,21	450	9,06	1,81	450	111,20	2,38
500	54,73	1,55	500	5,13	1,34	500	7,53	2,01	500	93,72	2,64
600	40,59	1,86	600	3,74	1,61	600	5,49	2,41	600	69,81	3,17
700	31,64	2,17	700	2,88	1,88	700	4,23	2,81	700	54,57	3,70
800	25,58	2,48	800	2,31	2,15	800	3,39	3,22	800	44,19	4,23
900	21,25	2,79	900	1,90	2,41	900	2,79	3,62	900	36,78	4,76
1000	18,05	3,10	1000	1,60	2,68	1000	2,35	4,02	1000	31,26	5,29
1250	12,86	3,88	1250	1,13	3,35	1250	1,65	5,03	1250	22,32	6,61
1500	9,83	4,66	1500	0,85	4,02	1500	1,25	6,03	1500	17,07	7,93
1750	7,87	5,43	1750	0,68	4,69	1750	0,99	7,04	1750	13,68	9,26
2000	6,52	6,21	2000	0,56	5,37	2000	0,82	8,04	2000	11,33	10,58

Fonte: Autoria Própria, 2018.

Tabela 24 – Dados de Dispersão de amônia simulados que representam o mês de dezembro

00:00:00 às 05:45:00			06:00:00 às 11:45:00			12:00:00 às 17:45:00			18:00:00 às 23:45:00		
2,66 m/s Leste			5,21 m/s Leste-Nordeste			5,47 m/s Sul-Sudoeste			1,91 m/s Leste-Sudeste		
x (m)	C (ppm)	Tempo (min)	x (m)	C (ppm)	Tempo (min)	x (m)	C (ppm)	Tempo (min)	x (m)	C (ppm)	Tempo (min)
25	0,02	0,16	25	764,63	0,08	25	723,13	0,08	25	0,000	0,22
50	208,32	0,31	50	378,46	0,16	50	347,36	0,15	50	63,02	0,44
75	691,69	0,47	75	193,79	0,24	75	176,87	0,23	75	473,46	0,65
100	807,68	0,63	100	115,82	0,32	100	105,50	0,30	100	739,65	0,87
125	737,11	0,78	125	76,90	0,40	125	69,98	0,38	125	774,25	1,09
150	628,29	0,94	150	54,87	0,48	150	49,91	0,46	150	711,92	1,31
175	527,27	1,10	175	41,23	0,56	175	37,49	0,53	175	625,87	1,52
200	443,48	1,26	200	32,19	0,64	200	29,27	0,61	200	542,82	1,74
225	376,15	1,41	225	25,90	0,72	225	23,54	0,69	225	470,36	1,96
250	322,31	1,57	250	21,34	0,80	250	19,39	0,76	250	409,35	2,18
275	279,03	1,73	275	17,92	0,88	275	16,29	0,84	275	358,55	2,39
300	243,93	1,88	300	15,30	0,96	300	13,90	0,91	300	316,28	2,61
350	191,33	2,20	350	11,57	1,12	350	10,52	1,07	350	251,30	3,05
400	154,57	2,51	400	9,11	1,28	400	8,28	1,22	400	204,77	3,48
450	127,91	2,82	450	7,40	1,44	450	6,72	1,37	450	170,48	3,92
500	107,96	3,14	500	6,15	1,60	500	5,59	1,52	500	144,54	4,35
600	80,59	3,77	600	4,49	1,92	600	4,08	1,83	600	108,55	5,22
700	63,08	4,39	700	3,46	2,24	700	3,14	2,13	700	85,29	6,09
800	51,13	5,02	800	2,77	2,56	800	2,51	2,44	800	69,32	6,96
900	42,58	5,65	900	2,28	2,88	900	2,07	2,74	900	57,83	7,83
1000	36,21	6,28	1000	1,92	3,20	1000	1,75	3,05	1000	49,26	8,71
1250	25,87	7,85	1250	1,35	4,00	1250	1,23	3,81	1250	35,27	10,88
1500	19,80	9,42	1500	1,02	4,80	1500	0,93	4,57	1500	27,03	13,06
1750	15,87	10,99	1750	0,81	5,60	1750	0,74	5,33	1750	21,68	15,23
2000	13,15	12,55	2000	0,67	6,40	2000	0,61	6,10	2000	17,99	17,41

Fonte: Autoria Própria, 2018.