

20

24

**INVENTÁRIO DE EMISSÕES  
ATMOSFÉRICAS (NO<sub>x</sub> e SO<sub>x</sub>) DA GOL  
LINHAS AÉREAS S.A**



**INVENTÁRIO DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS (NO<sub>x</sub> e SO<sub>x</sub>) PROVENIENTES  
DA GOL LINHAS AÉREAS S.A**

**REALIZADO EM OUTUBRO DE 2024**

Código do relatório: ENGTC\_24088\_CONS\_GOL\_LINHAS\_AEREAS

Revisão 02

Belo Horizonte/MG

**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

<b>ANAC</b>	Agência Nacional de Aviação Civil
<b>APU</b>	Unidade auxiliar de energia
<b>CETESB</b>	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
<b>EMEP/EEA</b>	Agência Ambiental da Europa
<b>FEAM</b>	Fundação Estadual do Meio Ambiente de Minas Gerais
<b>GSE</b>	Equipamentos de apoio de solo
<b>ICAO</b>	Organização da Aviação Civil Internacional
<b>LTO</b>	<i>Landing and Take Off</i> : Contempla todas as etapas de voo próximas ao aeródromo realizadas pelas aeronaves em altitudes inferiores a 914,4 metros
<b>NO<sub>x</sub></b>	Óxidos de Nitrogênio
<b>SO<sub>x</sub></b>	Óxidos de Enxofre
<b>USEPA</b>	Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos

**LISTA DE FIGURAS**

Figura 1: Gráfico de setores para contribuição de emissão dos poluentes .....	17
Figura 2: Emissão por quantidade de LTO.....	18
Figura 3: Emissão por aeronave .....	18
Figura 4: Relação uso de diesel e taxa de emissão total.....	19
Figura 5: Emissão por número de LTO's por APU.....	20
Figura 6: Taxa de emissão por equipamentos de apoio de solo .....	20

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1: Fatores de emissão das constantes para cálculo da combustão dos geradores ..	10
Tabela 2: Características do óleo diesel utilizado nos geradores da GOL .....	11
Tabela 3: Características dos geradores e condições do fluxo de emissão em 2023.....	11
Tabela 4: Emissões provenientes dos voos das aeronaves da GOL Linhas Aéreas S.A ...	12
Tabela 5: Emissões por tipo de aeronave por LTO .....	12
Tabela 6: Fatores de emissão emitidos pelas APUs conforme tempo previsto pela ICAO e projetados para o Brasil pela ANAC .....	13
Tabela 7: Taxa de emissão (g/s) de acordo com o uso de APUs em aeronaves de curta distância da GOL, em 2023 .....	14
Tabela 8: Consumo de Combustível (litros) em 2023 .....	15
Tabela 9: Taxas de Emissão dos veículos em 2023 .....	15
Tabela 10: Fatores de Emissão para as operações em solo dos veículos e equipamentos de apoio (GSE).....	16
Tabela 11: Taxa de emissão dos Equipamentos de Suporte em Solo por tipo de aeronave (t/a), em 2023 – Fuselagem Estreita .....	16
Tabela 12: Resumo emissões GOL Linhas Aéreas S.A .....	17

## SUMÁRIO

<b>1 APRESENTAÇÃO .....</b>	<b>7</b>
1.1 DADOS DO EMPREENDIMENTO .....	7
1.2 DADOS DA EMPRESA RESPONSÁVEL PELO INVENTÁRIO DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS E ESTUDO DE DISPERSÃO DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS .....	7
1.3 EQUIPE TÉCNICA RESPONSÁVEL PELO INVENTÁRIO DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS .....	8
<b>2 CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO .....</b>	<b>9</b>
<b>3 INVENTÁRIO DAS FONTES DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS .....</b>	<b>10</b>
3.1 FONTES ESTACIONÁRIAS .....	10
3.1.1 <i>Geradores a Diesel</i> .....	10
3.2 FONTES NÃO ESTACIONÁRIAS .....	11
3.2.1 <i>Aeronaves</i> .....	11
3.2.2 <i>Unidade Auxiliar de Energia</i> .....	12
3.2.3 <i>Emissões do Tráfego de Veículos</i> .....	15
3.2.4 <i>Emissões dos Equipamentos de Suporte em Solo – GSE</i> .....	16
<b>6 ANÁLISE ESTATÍSTICA DO INVENTÁRIO .....</b>	<b>17</b>
6.1 AERONAVES.....	17
6.2 FONTES ESTACIONÁRIAS .....	19
6.3 UNIDADE AUXILIAR DE ENERGIA (APU) .....	19
6.4 EQUIPAMENTOS DE APOIO.....	20
<b>7 CONCLUSÕES.....</b>	<b>21</b>
<b>8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>22</b>
<b>ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA (ART).....</b>	<b>23</b>

## 1 APRESENTAÇÃO

A GOL Linhas Aéreas S.A solicitou à ENGEAR Consultoria a elaboração do inventário de emissões de óxidos de nitrogênio e óxidos de enxofre emitidos pelo empreendimento referente ao ano de 2023. Assim sendo, foi abordado no presente estudo a quantificação das emissões dos gases NO<sub>x</sub> e SO<sub>x</sub>.

### 1.1 Dados do empreendimento

<b>Razão Social</b>	GOL Linhas Aéreas S.A
<b>CNPJ</b>	07.575.651/0004-00
<b>Endereço</b>	PC COMANDANTE LINNEU GOMES - 04.626-900
<b>Responsável / Contato</b>	Fernando Henrique Matos Neres
<b>E-mail</b>	fhneres@voegol.com.br

### 1.2 Dados da empresa responsável pelo Inventário de Emissões Atmosféricas e Estudo de Dispersão de Poluentes Atmosféricos

<b>Razão Social</b>	ENGEAR Consultoria LTDA
<b>CNPJ</b>	32.998.954/0001-21
<b>Endereço</b>	Rua Suzana Maria, 191, Bairro Paquetá, Belo Horizonte/MG.
<b>Registro no CREA</b>	81513
<b>Responsável / Contato</b>	Raisa H. Sant'Ana Cesar
<b>E-mail</b>	contato@engearconsultoria.com.br

**1.3 Equipe técnica responsável pelo Inventário de Emissões Atmosféricas**

Nome	Formação	Conselho de Classe	CTF	Atribuição
Raisa H. S. Cesar	Engenharia Química	CREA MG 242749/D	7353958	Responsabilidade Técnica e Elaboração
Vinicius G. M. Silva	Engenheiro Ambiental	-	8039519	Elaboração do Inventário

## 2 CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

A GOL Linhas Aéreas é a maior companhia aérea do Brasil, destacando-se como líder no transporte corporativo e de lazer. Fundada há 22 anos, a empresa teve um papel crucial na democratização do transporte aéreo no país, tornando-se referência como a maior companhia de baixo custo da América Latina. Com uma malha aérea que abrange 141 destinos nacionais e 12 internacionais, a GOL opera diretamente em 75 bases aeroportuárias (GOL LINHAS AEREAS, 2022).

A sede da companhia está localizada no Aeroporto de Congonhas, em São Paulo, enquanto seu principal centro de manutenção, o GOL Aerotech, fica em Confins, Minas Gerais, com novas unidades em Congonhas e Brasília. O presente estudo, visa a quantificação das emissões dos gases NO<sub>x</sub> e SO<sub>x</sub> por toda sua operação, nacional e internacional.

### 3 INVENTÁRIO DAS FONTES DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS

Para elaboração do inventário de emissões da GOL Linhas Aéreas S.A, utilizou-se como base as informações relativas à sua operação, fornecidas pela equipe técnica da empresa. A partir dessas informações, foram adotados metodologias e fatores de emissões disponíveis na literatura técnica mundial como as diretrizes da ICAO (Organização Internacional da Aviação Civil), EMEP/EEA (Agência Ambiental da Europa), AP42 USEPA (Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos), CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo) e FEAM (Fundação Estadual do Meio Ambiente).

Os poluentes abordados referem-se aos de impacto local na qualidade do ar, como óxidos de enxofre (SO<sub>x</sub>) e óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>).

#### 3.1 Fontes Estacionárias

##### 3.1.1 Geradores a Diesel

Conforme dados fornecidos pela GOL Linhas Aéreas S.A, foram utilizados 2 geradores em 2023 que consumiram cerca de 7.438 litros de diesel para utilização em diversas atividades do empreendimento. Quando este combustível é comprimido, entrando em combustão, são expelidos poluentes de escape para a atmosfera. Sabendo que os geradores utilizados possuem potência inferior a 600hp, foi utilizada a referência a AP 42, volume 1, subitem 3.3 (EPA, 1996) para determinação dos fatores de emissão por estes equipamentos, conforme Tabela 1.

**Tabela 1: Fatores de emissão das constantes para cálculo da combustão dos geradores**

Poluentes	Fatores de Emissão (lb/MMBtu)	Fatores de Emissão (g/kcal)
NO <sub>x</sub>	4,41	7,93E-03
CO	0,95	1,71E-03
SO <sub>x</sub>	0,29	5,22E-04
MP <sub>10</sub>	0,31	5,58E-04
HC	0,35	6,30E-04

Fonte: EPA (1996)

Contudo, para o emprego de tais fatores é necessário conhecimento prévio das características físico-químicas do combustível utilizado, conforme apresentado na Tabela 2.

**Tabela 2: Características do óleo diesel utilizado nos geradores da GOL**

Densidade diesel (kg/L)	0,8414
%S diesel S-500 (mg/kg)	500
PCI diesel com 7% de biodiesel (kcal/kg)	9.663

Fonte: ANP (2018) e PETROBRÁS (2019)

Definidos os fatores de emissão, a taxa de emissão de poluentes é calculada conforme Equação 1, proposta por (EPA, 1996).

$$E = A * EF \quad \text{Equação 1}$$

Onde: E = taxa de emissão (t.ano<sup>-1</sup>); A = atividade: consumo de combustível pelos geradores por tempo (L.mês<sup>-1</sup>) e EF = fator de emissão (kg.L).

A Tabela 3 apresenta as emissões, em toneladas, obtidas da estimativa de uso dos gerados utilizados das dependências do GOL Linhas Aéreas S.A.

**Tabela 3: Características dos geradores e condições do fluxo de emissão em 2023**

Volume de diesel consumido (L) por ano	7.438,00
Massa de diesel consumido (kg) por ano	6.258,33
Energia gerada (kcal) por ano	60.474.273,71
<b>Emissão por Poluente em t/ano</b>	
NO <sub>x</sub>	0,48
SO <sub>x</sub>	0,03

Fonte: Inventário de emissões atmosféricas GOL (2023)

## 3.2 Fontes Não Estacionárias

### 3.2.1 Aeronaves

Os fatores de emissões são estabelecidos em função do movimento das aeronaves abaixo de 3.000 pés (914 metros) acima do solo, onde o ciclo pousos e decolagens - *Landing and Take-Off* (LTO) é composto pelas etapas de partida e chegada, conforme descrito a seguir (EEA, 1999):

- Partida: taxi de partida (*Taxi out*); decolagem (*Take off*) e início da subida para cruzeiro (*Climb out*).
- Chegada: aproximação final (*Final approach*); toque e corrida de desaceleração (*Landing*) e taxi de chegada (*Taxi in*).

Para o cálculo das emissões exaustivas foram levantados o total de LTOs referentes a cada modelo de aeronave transportadora de cargas ou de passageiros, que pertencem a GOL Linhas Aéreas S.A, no período estipulado. Já os fatores de emissões utilizados foram definidos em laboratório e publicados pela EEA/EMEP.

Após a determinação do fator de emissão é definida a emissão conforme a Equação 2. Os resultados obtidos encontram-se na Tabela 4.

$$E = A * EF \quad \text{Equação 2}$$

Onde: E = taxa de emissão (t.ano<sup>-1</sup>); A = atividade: taxa de pousos e decolagens realizados por cada tipo de aeronave (LTO.mês<sup>-1</sup>) e EF = fator de emissão (kg.LTO<sup>-1</sup>).

Dessa forma, os fatores de emissões utilizados no presente estudo, o consumo de querosene para aviação (QAv), bem como a quantidade de LTO realizadas por tipo de aeronave e suas respectivas taxas de emissão, estão listados na Tabela 4.

**Tabela 4: Emissões provenientes dos voos das aeronaves da GOL Linhas Aéreas S.A**

Emissão das Atividades das Aeronaves							
Aeronave	LTO	Cons. QAv (kg/LTO)	Fatores de Emissão (kg/LTO)		Taxa de Emissão (t/ano)		FONTE
			NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	
B73C	888	187,81	10,30	0,69	9,14E+00	6,15E-01	EMEP/EEA 2023
B38M	61.354	730,68	12,66	0,61	7,77E+02	3,77E+01	
B737	27.667	824,65	10,30	0,69	2,85E+02	1,92E+01	
B738	113.659	824,65	10,30	0,69	1,17E+03	7,87E+01	
<b>Total</b>					<b>2.241,06</b>	<b>136,17</b>	

Fonte: Inventário de emissões atmosféricas GOL (2023)

A Tabela 5 apresenta as taxas de emissão das aeronaves por ciclo LTO. Dessa forma é possível perceber que a aeronave B38M possui uma maior emissão a cada ciclo LTO em comparação com as outras aeronaves do empreendimento.

**Tabela 5: Emissões por tipo de aeronave por LTO**

Aeronave	Taxa de Emissão (t/ano)	
	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>
B73C	0,01030	0,00069
B38M	0,01266	0,00061
B737	0,01030	0,00069
B738	0,01030	0,00069

Fonte: Inventário de emissões atmosféricas GOL (2023)

### 3.2.2 Unidade Auxiliar de Energia

A unidade auxiliar de energia (APU) é um gerador auxiliar que tem a função de suprir a força elétrica e pneumática aos sistemas do avião durante o período em que os motores não estão em funcionamento, normalmente utilizado em terra ou como *back up* durante o voo. Durante seu período de operação a APU utiliza combustível para a

realização das suas atividades, assim, a queima deste material resulta na emissão de gases e particulados para atmosfera.

Ressalta-se que da mesma forma que para as aeronaves, a estimativa das taxas de particulados e gases expelidos durante o funcionamento das APUs são dependentes do número de LTOs realizadas por cada tipo de aeronave e do seu período de pouso.

Segundo ICAO (2016), poucos dados são disponibilizados sobre as taxas de emissões das APUs por cada modelo de aeronave. Deste modo, recomenda-se utilizar a metodologia “*Simple Approach*”, que é baseada em valores médios específicos de motor fornecidos pelos fabricantes de APU. Tal método recomenda a divisão das aeronaves em dois grupos, de acordo com autonomia de voo maior ou menor que 8.000 km: aeronaves de curta distância e aeronaves de longa distância (ICAO, 2020).

Contudo, conforme a metodologia recomendada pela ICAO (2016), o tempo de duração do processo de funcionamento da APU varia em média entre 45 (aeronaves de curta distância) e 75 minutos (aeronaves de longa distância). Já a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) estima que para os voos nacionais, o período médio pode chegar a 75 minutos, devido às condições dos aeroportos e do tipo de aeronave. Deste modo, foram realizados ajustes nos fatores de emissão recomendados pela ICAO (2016) a fim de se adequar as condições dos principais voos realizados pelas aeronaves da GOL Linhas Aéreas S.A, como pode ser observado na Tabela 6.

**Tabela 6: Fatores de emissão emitidos pelas APUs conforme tempo previsto pela ICAO e projetados para o Brasil pela ANAC**

Parâmetros	Aeronaves de Curta Distância		Aeronaves de Longa Distância	
	ICAO	ANAC	ICAO	ANAC
Duração APU (minutos)	45	75	75	75
Consumo QAv (Kg/LTO)	80	133	300	300
Fator de Emissão NO <sub>x</sub> (Kg/LTO)	0,70	1,17	2,40	2,40

Fonte: ICAO (2016), adaptado

Definido o fator de emissão (EF), a equação de determinação da emissão de poluentes será conforme apresentado na Equação 3.

$$E = EF * A \quad \text{Equação 3}$$

Onde: E=taxa de emissão (t.ano<sup>-1</sup>); A = atividade: taxa de pousos e decolagens realizados por cada tipo de aeronave (LTO.mês<sup>-1</sup>); EF=fator de emissão (kg.LTO<sup>-1</sup>).

Assim, a Tabela 7 apresenta a estimativa de emissão gerada a partir do uso das Unidades Auxiliares de Energia da GOL Linhas Aéreas S.A.

**Tabela 7: Taxa de emissão (g/s) de acordo com o uso de APUs em aeronaves de curta distância da GOL, em 2023**

Trajetos	Taxa de emissão por tipo de aeronave (t/ano)		
	Aeronave	LTO	NO <sub>x</sub>
Curta Distância	B38M	61.354	7,16E+01
	B737	27.667	3,23E+01
	B738	113.659	1,33E+02
	B73C	888	1,04E+00
<b>Total</b>		<b>203.568</b>	<b>237,496</b>

Fonte: Inventário de emissões atmosféricas GOL (2023)

### 3.2.3 Emissões do Tráfego de Veículos

Diversas atividades referentes ao empreendimento necessitam de veículos para a sua operação, alguns exemplos destes são: transporte entre aeroportos, transportes internos nas sedes, viagens, entre outros. Assim, buscando estimar a emissão gerada pela circulação destes veículos, foram considerados os fatores de emissão definidos pela FEAM (2017) e CETESB (2023).

A metodologia adotada para estimativa da emissão atmosférica de veículos automotores é a publicada pela CETESB (2023) e definida pela Equação 4.

$$EF = FE * A * C \quad \text{Equação 4}$$

Onde: EF=taxa de emissão, massa de poluente emitida por tempo (t.ano<sup>-1</sup>); A = atividade: autonomia veicular (km.L<sup>-1</sup>); C = Consumo de combustível por tipo de veículo (L/ano) e FE = Fator de Emissão (g.km<sup>-1</sup>).

O consumo de combustível total foi fornecido pelo empreendimento, conforme a Tabela 8, onde foi considerado todo o consumo de combustível utilizado no ano de 2023 pelas operações da GOL Linhas Aéreas S.A. Como o tráfego de veículos é muito variado, foram estipuladas as seguintes premissas de cálculo:

- O ano considerado dos veículos foi o de 2012, visto que é o ano média dentre os anos considerados para fatores de emissão da CETESB.

**Tabela 8: Consumo de Combustível (litros) em 2023**

Combustível	Total
Etanol	0
Gasolina	31.440
Diesel	1.548.814

Fonte: GOL (2023)

A Tabela 9 apresentam os fatores de emissão, autonomia e taxas de emissão para os veículos de apoio do lado ar. Ressalta-se que foram considerados os fatores de emissão de veículos leves. Para SO<sub>x</sub>, apesar de não ser definido (nd) fator de emissão de etanol e diesel, foi considerado para fins de cálculo o mesmo fator de gasolina (0,070 g/km).

**Tabela 9: Taxas de Emissão dos veículos em 2023**

Tipos	Fator de Emissão (EF) - g/km			Taxa de Emissão - t/ano	
	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	Autonomia (km/l)	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>
Etanol	0,045	nd	6,20	0,00E+00	0,00E+00
Gasolina	0,010	0,070	10,10	3,18E-03	2,22E-02
Diesel	0,311	nd	10,60	5,11E+00	1,15E+00
<b>Total</b>				<b>5,11</b>	<b>1,17</b>

Fonte: Inventário de emissões atmosféricas GOL (2023)

### 3.2.4 Emissões dos Equipamentos de Suporte em Solo – GSE

Os equipamentos de suporte em solo (GSE) são ferramentas utilizadas para a manutenção das aeronaves, durante os períodos de pousos e decolagens. A ICAO (2016) recomenda o uso do método “*Simple Approach*” para a determinação das emissões provocadas durante as LTOs, pois para as APU’s, não há informações suficientes para a estimativa dos impactos causados pelos GSEs durante o período de suporte para cada tipo de aeronave. Os fatores de emissão por este método dividem as aeronaves nas classes de fuselagem estreita/corredor simples e fuselagem larga/corredor duplo, conforme Tabela 10.

**Tabela 10: Fatores de Emissão para as operações em solo dos veículos e equipamentos de apoio (GSE).**

Poluentes	Unidade	Aeronaves de Fuselagem Estreita e Corredor simples	Aeronaves de Fuselagem Larga e Corredor Duplo	Aeronaves de Fuselagem Estreita e Corredor simples	Aeronaves de Fuselagem Larga e Corredor Duplo
NO <sub>x</sub>	Kg/ciclo	0,4	0,9	0,26	0,51

Fonte: ICAO (2016)

As taxas de emissão são estimadas de acordo com a Equação 5:

$$E = EF * A$$

Equação 5

Onde: E=taxa de emissão (t.ano<sup>-1</sup>); A = atividade: taxa de pousos e decolagens realizados por cada tipo de aeronave (LTO.mês<sup>-1</sup>); EF=fator de emissão (kg.LTO<sup>-1</sup>).

Deste modo, os resultados das estimativas para cada tipo de aeronave são apresentados na Tabela 11, aeronaves de fuselagem estreita e fuselagem larga respectivamente.

**Tabela 11: Taxa de emissão dos Equipamentos de Suporte em Solo por tipo de aeronave (t/a), em 2023 – Fuselagem Estreita**

Taxa de emissão por tipo de aeronave (t/ano)			
Fuselagem Estreita	Aeronave	LTO	NO <sub>x</sub>
	B73C	888	2,31E-01
	B38M	61.354	1,60E+01
	B737	27.667	7,19E+00
	B738	113.659	2,96E+01
	<b>Total</b>	<b>203.568</b>	<b>52,93</b>

Fonte: Inventário de emissões atmosféricas GOL (2023)

## 6 ANÁLISE ESTATÍSTICA DO INVENTÁRIO

A Tabela 12 apresenta as taxas de emissão dos poluentes NO<sub>x</sub> e SO<sub>x</sub> em toneladas por ano e a porcentagem de contribuição de emissão por fonte de emissão por poluente.

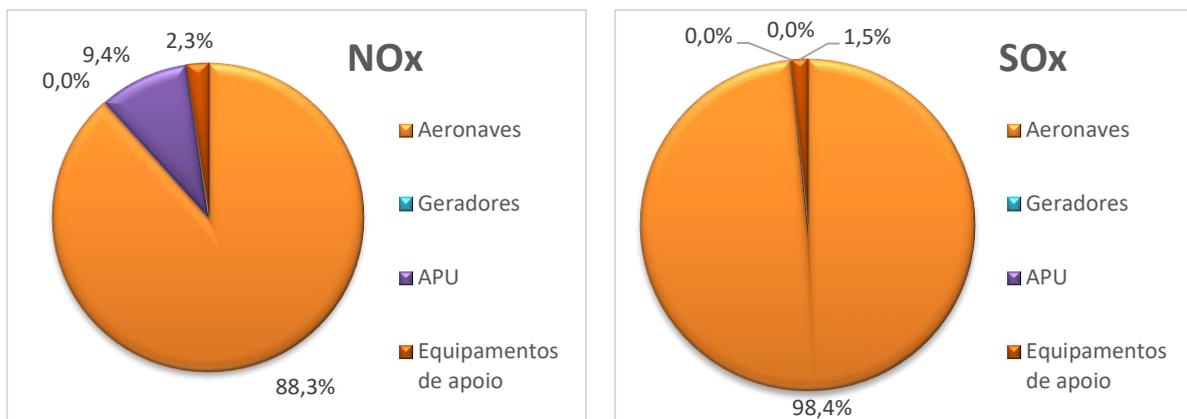
**Tabela 12: Resumo emissões GOL Linhas Aéreas S.A**

Fontes de emissão	Poluentes (t/ano)		Porcentagem de contribuição	
	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>
Aeronaves	2.241,06	136,17	88%	98%
Geradores	0,48	0,03	0%	0%
APU	237,50	-	9%	-
Equipamentos de apoio	58,04	1,17	2%	2%
<b>Total</b>	<b>2.537,07</b>	<b>137,37</b>	<b>100,0%</b>	<b>100%</b>

Fonte: Inventário de emissões atmosféricas GOL (2023)

Assim sendo, é notório a influência das emissões provenientes das aeronaves nas emissões totais da GOL Linhas Aéreas S.A. Tal fonte é responsável pela emissão de mais de 88% das emissões de NO<sub>x</sub> e cerca de 98% das emissões de SO<sub>x</sub>, enquanto as outras fontes somam juntas menos de 12% e 2% das emissões dos poluentes, respectivamente. A Figura 1 apresenta gráficos de setores que mostram tal relação de forma mais visual e intuitiva, o gráfico da esquerda referente ao poluente NO<sub>x</sub> e o da esquerda ao SO<sub>x</sub>.

**Figura 1: Gráfico de setores para contribuição de emissão dos poluentes**



Fonte: Autores (2023)

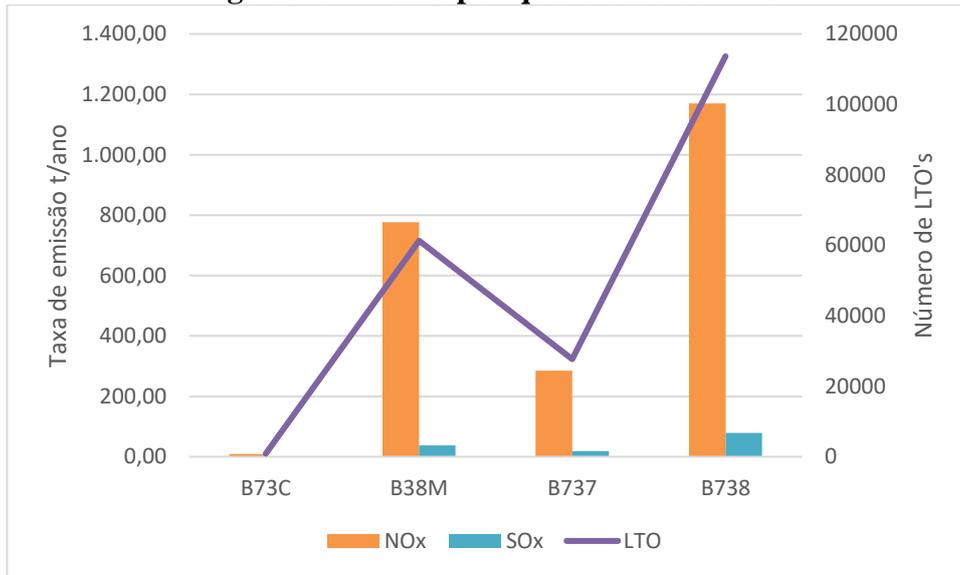
### 6.1 Aeronaves

Como visto, as aeronaves são as fontes de emissão que possuem maior influência nas emissões dos poluentes NO<sub>x</sub> e SO<sub>x</sub>. Vale destacar que, apesar da relação direta entre emissão atmosférica e o número de pousos e decolagens, as emissões podem variar de acordo com diversas condições, dentre elas o tipo de motor e o consumo de combustíveis por cada tipo de aeronave. A Figura 2, apresenta a relação existente entre os tipos de aeronaves, as emissões atmosféricas e o número de LTO's. Como os modelos de aeronaves pertencentes a GOL Linhas Aéreas S.A são muito semelhantes, a relação entre quantidade

de LTO's e emissão ficou destacada, ou seja, as aeronaves com maior quantidade de voo apresentam maior emissão.

A Figura 3 apresenta as emissões por tipo de aeronave por ciclo LTO, é possível perceber que para o poluente NO<sub>x</sub> o modelo B38M possui uma maior taxa de emissão, enquanto as outras aeronaves possuem a mesma taxa de emissão por LTO. Já para as emissões de SO<sub>x</sub> todas as aeronaves possuem a mesma taxa de emissão por LTO.

**Figura 2: Emissão por quantidade de LTO**



Fonte: Autores (2023)

**Figura 3: Emissão por aeronave**



Fonte: Autores (2023)

## 6.2 Fontes estacionárias

Conforme informações disponibilizadas pela GOL Linhas Aéreas S.A, são utilizados geradores tanto no hangar do aeroporto de Confins quanto no hangar de Congonhas. A Figura 4 apresenta a taxa de emissão de cada hangar por mês, bem como o uso de combustível em cada unidade. Dessa maneira, é possível perceber que o uso de geradores é mais recorrente no hangar de Congonhas. No aeroporto de Confins foi utilizado apenas no mês de julho.

**Figura 4: Relação uso de diesel e taxa de emissão total**

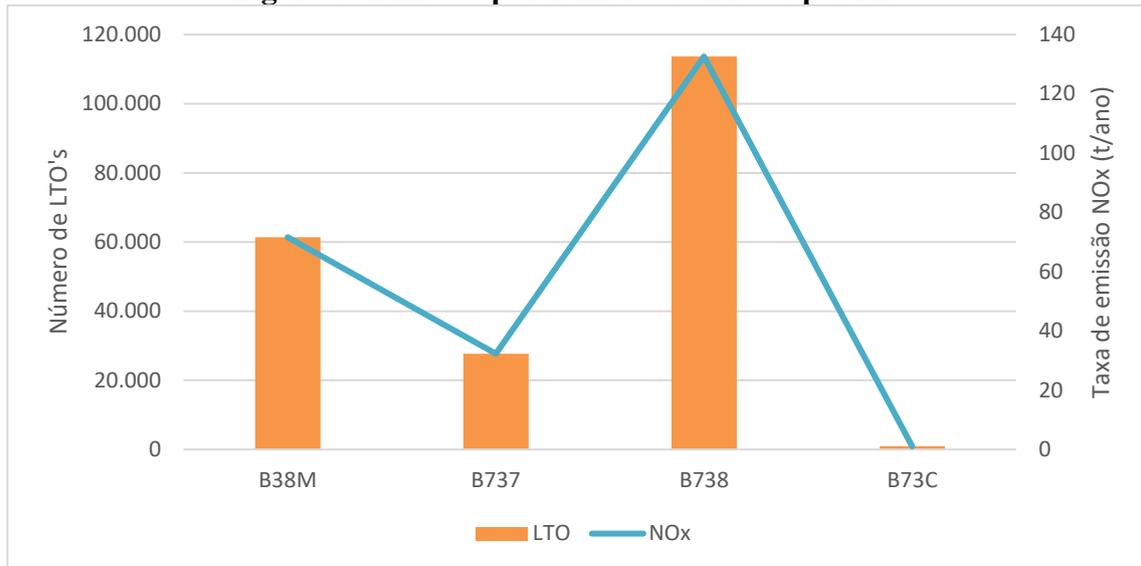


Fonte: Autores (2023)

## 6.3 Unidade Auxiliar de Energia (APU)

A Figura 5 apresenta a contribuição de poluentes atmosféricos, por aeronave, gerados durante o funcionamento das APUs de curta distância, em 2023. Vale destacar que todas as aeronaves da GOL Linhas Aéreas S.A são consideradas de curta distância, visto que não chegam a alcançar altitudes acima de 8 km. Dessa forma, é possível perceber que as emissões são diretamente proporcionais com o número de viagens. Além disso, tal tipo de fonte possui emissão apenas de NO<sub>x</sub>.

**Figura 5: Emissão por número de LTO's por APU**

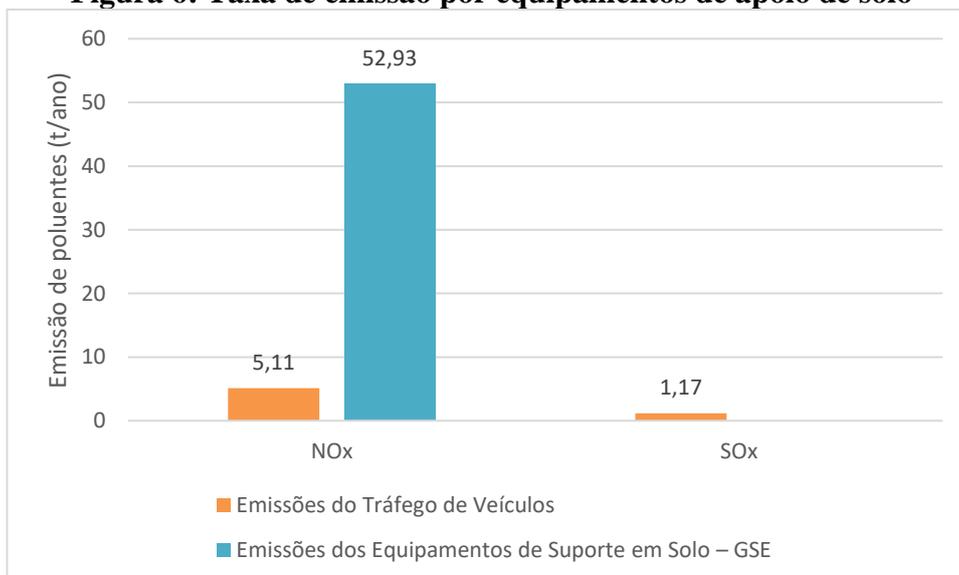


Fonte: Autores (2023)

#### 6.4 Equipamentos de apoio

Os equipamentos de apoio foram divididos em 2 (duas) principais fontes, com emissão de NO<sub>x</sub> e SO<sub>x</sub>: emissão por tráfego de veículos e Emissões dos Equipamentos de Suporte em Solo (GSE). A Figura 6 apresenta a taxa de emissão e a contribuição de cada uma das fontes. Dessa forma, vê-se que as emissões por GSE é de apenas NO<sub>x</sub>, enquanto de tráfego de veículos de ambos os poluentes. Além disso, a taxa de emissão dos GSE é maior que a de veículos, para NO<sub>x</sub>.

**Figura 6: Taxa de emissão por equipamentos de apoio de solo**



Fonte: Autores (2023)

## 7 CONCLUSÕES

O presente estudo apresentou o Inventário de Poluentes Atmosféricos da GOL Linhas Aéreas S.A, referente ao ano de 2023, abordando dois principais poluentes emitidos: óxidos de enxofre (SO<sub>x</sub>) e óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>) e suas fontes emissoras. O inventário das emissões foi realizado para toda a operação do empreendimento, nacional e internacional.

As taxas de emissões dos poluentes produzidos pelos geradores foram estimadas com base na norma americana AP42 da USEPA. Já as aeronaves tiveram suas taxas de emissão estimadas de acordo com os documentos da EMEP/EEA, conforme o modelo de aeronave avaliada. Por sua vez, os poluentes atmosféricos produzidos pelas APUs foram determinados de acordo com documento da ICAO. Assim como para as aeronaves, os equipamentos de apoio também tiveram suas taxas de emissões estimadas a partir da metodologia recomendada pela ICAO. Por fim, recorreu-se as metodologias da FEAM e CETESB para determinar a emissão decorrente do tráfego de veículos automotores.

Os resultados do estudo em questão apontam uma emissão de 2.537,07 toneladas por ano de NO<sub>x</sub> e 137,37 toneladas por ano de SO<sub>x</sub>. Quanto a contribuição por fonte emissora, as aeronaves são as maiores fontes de emissão da GOL Linhas Aéreas S.A, resultado já esperado tendo em vista que esta é a principal atividade desenvolvida no empreendimento. Além disso, é notório que a quantidade emitida de NO<sub>x</sub> é maior que a de SO<sub>x</sub>, devido à natureza de emissão das fontes presentes no empreendimento.

## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANAC. **Metodologia de Cálculo - Inventário de Emissões Atmosféricas**. [S.l.]. 2019.
- CETESB. **Emissões Veiculares no Estado de São Paulo: 2021**. Governo do Estado de São Paulo. São Paulo, p. 226. 2022.
- EEA. **Emission Inventory Guidebook: Solvent and other product use**. [S.l.]. 1999.
- EMEP/EEA. **EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2023**. [S.l.]. 2023.
- EPA. **Gasoline And Diesel Industrial Engines**. [S.l.]. 1996.
- FEAM. **FATORES DE EMISSÃO DA FROTA MUNICIPAL - Belo Horizonte**. [S.l.]. 2017.
- GOL LINHAS AEREAS. **Relatório ESG 2022**. GOL LINHAS AEREAS. São Paulo, p. 120. 2022.
- ICAO. **Airport Air Quality Manual**. [S.l.]. 2016.
- ICAO. **Aircraft Engine Emissions Databank - Emissions Databank (New Format)**. [S.l.]. 2020.

**ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA (ART)**



**Anotação de Responsabilidade Técnica - ART**  
**Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977**  
**Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Estado de São Paulo**

**CREA-SP**

**ART de Obra ou Serviço**  
**2620241626384**

**1. Responsável Técnico**

**RAISA HELENA SANT ANA CESAR**

Título Profissional: **Engenheira Química**

Empresa Contratada:

RNP: **1418573124**

Registro: **5071335802-SP**

Registro:

**2. Dados do Contrato**

Contratante: **GOL LINHAS AEREAS S.A.**

CPF/CNPJ: **07.575.651/0004-00**

Endereço: **Praça Praça Comandante Linneu Gomes, s/n**

Nº: **S/N**

Complemento: **PORTARIA 3**

Bairro: **Santo Amaro**

Cidade: **São Paulo**

UF: **SP**

CEP: **04626-900**

Contrato:

Celebrado em: **20/06/2024**

Vinculada à Art nº:

Valor: R\$ **14.450,00**

Tipo de Contratante: **Pessoa Jurídica de Direito Privado**

Ação Institucional:

**3. Dados da Obra Serviço**

Endereço: **Praça Praça Comandante Linneu Gomes, s/n**

Nº: **S/N**

Complemento: **PORTARIA 3**

Bairro: **Santo Amaro**

Cidade: **São Paulo**

UF: **SP**

CEP: **04626-900**

Data de Início: **20/06/2024**

Previsão de Término: **30/11/2024**

Coordenadas Geográficas:

Finalidade: **Ambiental**

Código:

Proprietário: **GOL LINHAS AEREAS S.A.**

CPF/CNPJ: **07.575.651/0004-00**

**4. Atividade Técnica**

			Quantidade	Unidade
Elaboração 1	Estudo de viabilidade ambiental	de modelagem ambiental	1,00000	unidade
	Estudo de viabilidade ambiental	de diagnóstico e caracterização ambiental	1,00000	unidade
		identificação e potencialização de impactos ambientais		

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deverá proceder a baixa desta ART

**5. Observações**

Elaboração do Inventário de emissões atmosféricas dos poluentes NOx e SOx, ano de 2023 das atividades da GOL LINHAS AEREAS S.A, localizada em São Paulo, estado de São Paulo.

**6. Declarações**

Acessibilidade: Declaro que as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no Decreto nº 5.296, de 2 de dezembro de 2004, não se aplicam às atividades profissionais acima relacionadas.

7. Entidade de Classe

Nenhuma

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Belo Horizonte 23 de setembro de 2024

Local data

RAISA HELENA SANT'ANA CÉSAR - CPF: 109.554.746-12

GOL LINHAS AERÉAS S.A. - CPF/CNPJ: 07.575.651/0004-00

9. Informações

- A presente ART encontra-se devidamente quitada conforme dados constantes no rodapé-versão do sistema, certificada pelo *Nosso Número*.

- A autenticidade deste documento pode ser verificada no site [www.creasp.org.br](http://www.creasp.org.br) ou [www.confex.org.br](http://www.confex.org.br)

- A guarda da via assinada da ART será de responsabilidade do profissional e do contratante com o objetivo de documentar o vínculo contratual.

[www.creasp.org.br](http://www.creasp.org.br)

Tel: 0800 017 18 11

E-mail: [acessar link Fale Conosco do site acima](#)



Valor ART R\$ 99,64

Registrada em: 18/09/2024

Valor Pago R\$ 99,64

Nosso Número: 2620241626384

Versão do sistema

Impresso em: 23/09/2024 11:25:27