

EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA GERADAS POR AERONAVES MILITARES T-25 E T-27, NA BASE AÉREA DE PIRASSUNUNGA - SP

GREENHOUSE GAS EMISSIONS FROM T-25 AND T-27 MILITARY AIRCRAFTS AT PIRASSUNUNGA AIR BASE - SP, BRAZIL

Carlos Roberto Sanquetta; Rafael Willian da Silva

Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, E-mail:
carlos_sanquetta@hotmail.com; rafaelbiovida@yahoo.com.br

RESUMO

O setor de aviação contribui com 2% das emissões mundiais de CO₂ por fontes antrópicas. No Brasil, 1,8% das emissões derivadas dos combustíveis são atribuídos ao setor. Não constam na literatura e demais meios de técnico-científicos publicações que reportem inventários de GEEs (Gases de Efeito Estufa) para a aviação militar no Brasil. Este trabalho quantifica as emissões de GEEs em dois tipos de aeronaves usadas para transporte e treinamento na Base Aérea de Pirassununga-SP: T-25 e T-27. Foram avaliadas as horas de voo e o consumo de combustíveis (gasolina e querosene de aviação) durante os anos de 2010 e 2011. A partir dos fatores de emissão, calcularam-se as emissões de CO₂, CH₄ e N₂O para as duas aeronaves no biênio. A emissão total do T-25 entre 2010 e 2011 foi de 696,87 tCO₂eq, resultando em uma média de 348,43 tCO₂eq/ano, enquanto para o T-27, a emissão no biênio foi de 5.311,40 tCO₂eq, ou seja, 2.655,70 tCO₂eq/ano. A soma de ambos os tipos de aeronaves resulta em uma emissão de 6.008,27 tCO₂eq, ou seja, 3.004,14 tCO₂eq/ano. Dessa emissão, 88% correspondem ao T-27 e 12% ao T-25. Isso equivale à emissão de GEEs de 1.311 automóveis pequenos flex rodando 2 mil km/mês durante um ano. Concluiu-se que o T-27 é mais emissor de GEEs que o T-25 devido ao seu maior consumo de combustível e maior fator de emissão do querosene de aviação em comparação à gasolina de aviação (usada no T-25), bem como ao maior uso desse tipo de aeronave na Base Aérea.

Palavras-chave: Aviação. Combustíveis Fósseis. Dióxido de Carbono. Fatores de Emissão. Mudanças Climáticas

ABSTRACT

Aviation sector contributes with 2% of global CO₂ emissions from anthropogenic sources. In Brazil, 1.8% of the emissions from the fuel are allocated to the sector. Scientific publications on GHG (Greenhouse Gases) emissions for military aviation in Brazil are not available. This work quantifies the GHG emissions in two types of aircraft used to transport and training in the Air Base Pirassununga - SP: T - 25 and T-27. Flight times and fuel consumption (gasoline and jet fuel) were evaluated for the years 2010 and 2011. From the emission factors were calculated CO₂, CH₄ and N₂O emissions for the two aircraft models in the biennium. The total emission of the T-25 was 696.87 tCO₂eq for the two-year period, resulting in an average of 348.43 tCO₂eq/year, whereas for the T-27, the two-year emissions were 5,311.40 tCO₂eq, i.e. 2,655.70 tCO₂eq/year. The sum of

both types of aircraft emissions results in 6,008.27 tCO₂eq, or 3,004.14 tCO₂eq/year. T-27's emissions represent 88% and T-25's 12%. The inventoried emission is equivalent to the GHG emissions of 1,311 small flex cars running 2,000 km/month during a whole year. It was concluded that the T-27's emissions area greater than T-25's due to its higher fuel consumption and higher emission factor of the jet fuel compared to aviation gasoline (used by T-25), as well as due to the greater use of this type of aircraft at the Air Base.

Keywords: Aviation. Fossil Fuels. Carbon Dioxide. Emissions Factors. Climate Change

1. INTRODUÇÃO

Os gases de efeito estufa (GEEs) ocorrem naturalmente na atmosfera. Sua concentração histórica é de 280 ppm. Com o advento da Revolução Industrial ocorrido a partir de meados do século XIX, a concentração dos GEEs se elevou para um patamar da ordem de 375 ppm (IPCC, 2007). No ano de 2013 foi registrado o recorde da concentração desses gases, chegando a 400 ppm em Mauna Loa, Avaí (NOAA, 2014). Atribui-se essa elevação às emissões de origem antrópica, ocasionadas pela queima de combustíveis fósseis, que contribuem com 56,6% das emissões mundiais (IPCC, 2007).

A aviação é hoje um dos meios de transporte mais utilizados em todo o mundo, principalmente para longas distâncias, tanto para transporte de passageiros como de cargas. O setor tem participação importante nas emissões de gases causadores do efeito estufa (GORE, 2006). Segundo D'Avignon (2008), em relação aos aspectos da mudança do clima e da emissão de GEEs pelo setor aéreo, algumas questões merecem atenção especial: 1) a demanda mundial atual de *jet fuel* (combustível para motores a jato) pela aviação comercial é de cerca de 306 bilhões de litros ao ano, a qual só tende a crescer nas próximas décadas; 2) intensificação das pesquisas em busca de combustíveis alternativos; 3) mitigação das mudanças climáticas e menor emissão de CO₂; 4) esgotamento das reservas de petróleo; e 4) segurança energética para o setor aéreo. Todos esses aspectos estão sendo debatidos pelo setor de aviação no mundo na atualidade. Seguramente a aviação militar mundial e brasileira precisará encarar, de frente, esses problemas e coparticipar das ações de mitigação e adaptação necessárias para enfrentamento das mudanças climáticas tal qual a aviação civil.

Em 2000, as viagens aéreas no mundo totalizaram 3.300.000 milhões de passageiros-km (IATA, 2003). Estima-se que cerca de dois terços desses consistiam em viagens de lazer e um terço das viagens de negócios (VEDANTHAM e OPPENHEIMER, 1998). A taxa de crescimento entre 1990 e 11 de setembro 2001 foi de mais de 5% ao ano (AIRBUS, 2002). Tanto esse autor como Boeing (2003) projetaram que a quantidade de passageiros-quilômetros continuará a crescer cerca de 5% ao ano até 2020. Haverá aumento ainda maior no transporte de carga, embora ainda este seja um segmento responsável por uma pequena parte das emissões. A aviação militar em 1992 utilizava entre 13% e 18% do combustível para a aviação no mundo, mas essa fração deve diminuir para 3% em 2050, com o aumento do transporte aéreo civil e a diminuição das atividades militares (IPCC, 1999). Conforme afirmam McIntosh e Wallace (2009), as emissões da aviação militar, em muitos casos são reportadas separadamente da aviação civil, ou simplesmente não informadas.

O transporte aéreo atualmente representa 2% das emissões mundiais de CO₂ por fontes antrópicas (IATA, 2014). Além do dióxido de carbono, alguns combustíveis utilizados em aeronaves também emitem metano e óxido nitroso (GHG BRASIL, 2013). No Brasil, as emissões do setor aéreo representam 1,8% das derivadas da queima de combustíveis fósseis (MCTI, 2010).

A Força Aérea Brasileira possui diversas aeronaves utilizadas em transporte de cargas, instrução e transporte efetivo. As aeronaves de pequeno porte T-25 e T-27 são as mais utilizadas para os cursos de formação de oficiais aviadores na base aérea de Pirassununga. Essas aeronaves

consomem combustíveis fósseis e são basicamente as que possuem maior carga horária nos voos de instrução. Em tese, são elas as que emitem a maior quantidade de gases de efeito estufa na unidade.

De acordo com o GHG Brasil (2013), para a elaboração de inventários corporativos, cinco passos básicos devem ser seguidos para que os objetivos sejam alcançados: definição dos limites operacionais e organizacionais do inventário; coleta de dados das atividades que resultam na emissão de GEEs; cálculo das emissões; adoção de estratégias de gestão, como aumento de eficiência, projetos para créditos de carbono, introdução de novas linhas de produtos, mudança de fornecedor, entre outros; apresentação dos resultados. Assim, segundo o Centro de Estudos em Sustentabilidade da Fundação Getúlio Vargas (GHG BRASIL, 2013), a elaboração do inventário de emissões de GEEs é considerado o primeiro passo para que uma instituição ou empresa contribua com a prevenção de mudanças do clima.

Inventários de GEEs foram elaborados em diferentes âmbitos e setores, como na construção civil (SANQUETTA et al., 2013), mineração, IBRAM (2011), transporte ferroviário de cargas (ANTT, 2012), aviação comercial (ROSS, 2009), entre outros. Não constam na literatura e demais meios técnico-científicos publicações que reportem inventários de GEEs para a aviação militar no Brasil.

O objetivo deste trabalho foi quantificar as emissões de GEEs em dois modelos de aeronaves utilizadas na Base Aérea de Pirassununga – SP, nomeadamente os aviões modelos T-25 e T-27, em decorrência do consumo de gasolina de aviação (GAV) e querosene de aviação (QAV), nos anos de 2010 e 2011.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado na Base Aérea de Pirassununga – SP. Os aviões estudados foram o T-25 e o T-27. Para análise dos combustíveis, do consumo e das horas de voo das aeronaves, foram levantados dados de arquivos do Departamento de Aviação da Base Aérea.

O T-25 utiliza gasolina de aviação (GAV) e o T-27 querosene de aviação (QAV). Os gases de efeito estufa (GEEs) analisados foram o dióxido de carbono (CO₂), o metano (CH₄) e o óxido nitroso (N₂O).

Para a quantificação das emissões de GEEs pelas aeronaves foram utilizados dados de referência do IPCC (2006) e do GHG Brasil (2013). Constam da Tabela 1 os GEEs e seus Potenciais de Aquecimento Global (GWPs - Global Warming Potential), bem como os fatores de emissão dos combustíveis analisados (GAV e QAV).

Tabela 1 - Potencial de aquecimento global (GWP) e fatores de emissão para os combustíveis utilizados pelas aeronaves T-25 e T-27 na Base Aérea de Pirassununga - SP. **Fonte:** GHG Brasil (2013).

Gás	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Total (CO ₂ eq)
GWP	1	21	310	
FE: Fator de emissão (kg do gás/L)				
Gasolina de aviação	2,232	0,000016	0,000064	2,25184
Querosene de aviação	2,4733	-	-	2,4733

Para o cálculo das emissões em cada caso foi empregada a equação 1 (adaptada de IPCC, 2006; GHG BRASIL, 2013):

$$E = C * H * [(FE_{CO_2} * GWP_{CO_2} + (FE_{CH_4} * GWP_{CH_4}) + (FE_{N_2O} * GWP_{N_2O})] \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde:

- E = emissão em CO₂ equivalente (kg/ano);
C = consumo de combustível (kg/ano ou L/ano);
H = horas de voo (h/ano);
FE = fator de emissão de cada gás (kg/L);
GWP = potencial de aquecimento global do gás.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estudo de Caso 1: Aeronave Modelo T-25

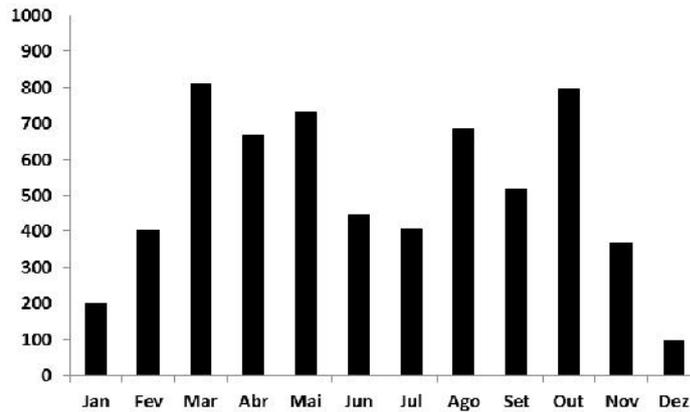
A Tabela 2 apresenta os principais resultados obtidos neste estudo para o equipamento T-25. O levantamento do tempo de voo das aeronaves modelo T-25 contabilizou um total de 6.121 horas no ano de 2010 e 5.722 horas em 2011, totalizando 11.843 horas no biênio. A distribuição mensal das horas de voo em cada ano é visualizada na Figura 1. Percebe-se que não há tendência de concentração do uso das aeronaves em determinados meses, mas é perceptível que em janeiro e dezembro de ambos os anos há uma menor movimentação das mesmas.

O T-25 utiliza gasolina de aviação (GAV), usualmente empregada em motores a pistão. O consumo levantado na Base Aérea, pelos mecânicos de aviação, é de 36,29 kg/h, com uma densidade de 0,72 kg/L (GLOBAL AVIATION, 2006). Esse consumo é, por exemplo, 88 vezes menor que de um jato EMB-195 e cerca de 103 vezes o de um Airbus A-320 (PORTALBRASIL, 2014).

Tabela 2 - Horas de voo, consumo e emissões de GEEs nos anos de 2010 e 2011 para a aeronave T-25 na Base Aérea de Pirassununga - SP.

Ano		2010			
Horas voadas		6.121			
Consumo (L)		159.923			
Gás		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Total
Emissão (por ano)		356.947,87	2,56	10,24	
Emissão (CO ₂ eq)		356.947,87	53,73	3.172,87	360.174,47
Ano		2011			
Horas voadas		5.722			
Consumo (L)		149.498			
Gás		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Total
Emissão (por ano)		333.680,07	2,39	9,57	
Emissão (CO ₂ eq)		333.680,07	50,23	2.966,05	336.696,35
Ano		Total (2010 + 2011)			
Horas de voo		11.843			
Consumo (L)		309.421			
Gás		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Total
Emissão (para o biênio)		690.627,94	4,95	19,80	
Emissão (CO ₂ eq)		690.627,94	103,97	6.138,92	696.870,82

(a) 2010



(b) 2011

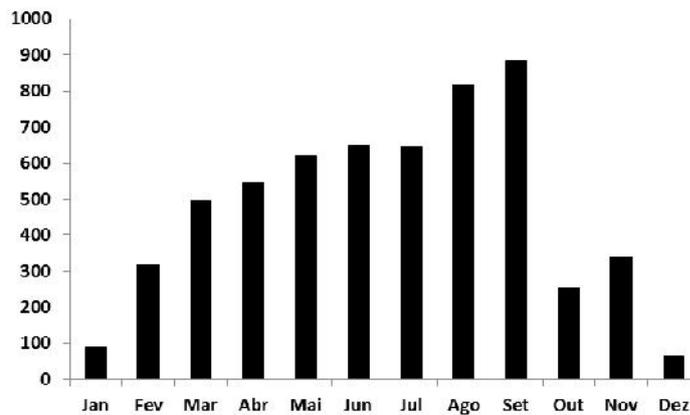


Figura 1. Horas de voo com aeronaves T-25 na Base Aérea de Pirassununga - SP: (a) 2010; (b) 2011

Em 2010 foram consumidos 159.923 L de GAV. Considerando o fator de emissão de 2,2320 kgCO₂/L de combustível (GHG BRASIL, 2013), tem-se uma emissão total de 356.947,87 kg CO₂/ano, calculada a partir da equação 1 e com os dados da Tabela 1. Adicionalmente, a queima do combustível emite 0,000016 kg de CH₄/L, o que repercute numa emissão de aproximadamente 2,56 kg CH₄/ano, ou seja, 53,73 kg CO₂eq/ano, tendo em vista o GWP do metano, que é 21. O combustível queimado também emite óxido nitroso, e considerando um fator de emissão de 0,000064 kg de N₂O/L, ocorre a emissão de 10,24 kg de óxido nitroso por ano, ou seja, 3.172,87 kg CO₂eq/ano, considerando o GWP do N₂O, que é 310. Assim, a emissão total do T-25 em 2010 foi de 360.174,47 kg CO₂eq/ano.

Em 2011 foram consumidos 149.498 L de GAV/ano para abastecer os T-25. Considerando o fator de emissão do combustível, tem-se uma emissão total de 333.680,07 kg CO₂/ano. Adicionalmente, a queima do combustível emite 0,000016 kg de CH₄/L, o que representa uma emissão de 2,39 kg CH₄/ano, ou seja, 50,23 kg CO₂eq/ano, tendo em vista o GWP do metano. O combustível queimado também emite óxido nitroso, e considerando o fator de emissão do gás, ocorre a emissão de 9,57 kg de óxido nitroso por ano, ou seja, 2.966,05 kg CO₂eq/ano, levando-se em conta o GWP do referido gás. Assim, a emissão total dos T-25 em 2011 foi de 336.696,35 kg CO₂eq/ano.

Considerando os dois anos de avaliação (2010 e 2011), as emissões do T-25 foram de 690.627,94 kg CO₂, 4,95 kg de CH₄ e 19,80 kg N₂O, o que representa 696.870,82 CO₂eq. Desse montante, 99,10% correspondem a dióxido de carbono, 0,01% de metano e 0,88% de óxido nitroso, partindo-se das emissões computadas em CO₂ equivalente com os respectivos GWPs dos gases.

Estudo de Caso 2: Aeronave Modelo T-27

A Tabela 3 apresenta os principais resultados obtidos neste estudo para o equipamento T-27. O levantamento do tempo de voo com o equipamento T-27 apontou o total de 15.828 horas em 2010 e 16.644 horas em 2011, totalizando 32.472 horas no biênio. A distribuição mensal das horas de voo em cada ano é visualizada na Figura 2. Para este modelo de aeronave também há um menor uso nos meses de janeiro e dezembro, não sendo observada tendência nos outros meses, com diminuição e aumento do número de horas de voo em um ou outro mês em função da demanda da Base Aérea.

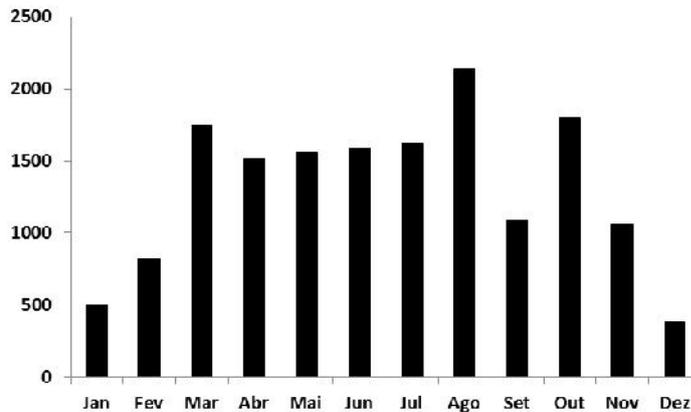
Tabela 3 - Horas de voo, consumo e emissões de GEEs nos anos de 2010 e 2011 para a aeronave T-27 na Base Aérea de Pirassununga - SP

Ano		2010			
Horas de voo		15.828			
Consumo (L)		1.046.765			
Gás		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Total
Emissão (por ano)		2.588.964,55	0,00	0,00	
Emissão (CO ₂ eq)		2.588.964,55	0,00	0,00	2.588.964,55
Ano		2011			
Horas voadas		16.644			
Consumo (L)		1.100.730			
Gás		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Total
Emissão (por ano)		2.722.436,57	0,00	0,00	
Emissão (CO ₂ eq)		2.722.436,57	0,00	0,00	2.722.436,57
Ano		Total (2010 + 2011)			
Horas voadas		32.472			
Consumo (L)		2.147.496			
Gás		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Total
Emissão (para o biênio)		C	0,00	0,00	
Emissão (CO ₂ eq)		5.311.401,11	0,00	0,00	5.311.401,11

O T-27 consome querosene de aviação (QAV), combustível empregado em motores com turbina. O consumo deste tipo de avião levantado na Base Aérea, pelos mecânicos de aviação, é 81,65 kg/h e a densidade do combustível é de 0,81 kg/L (GLOBAL AVIATION, 2006). Esse

consumo é, por exemplo, 34,78 vezes menor que de um jato EMB-195, cerca de 41 vezes menor que o do Airbus A-320 (PORTALBRASIL, 2014) e 2,5 vezes superior ao consumo do T-25.

(a) 2010



(b) 2011

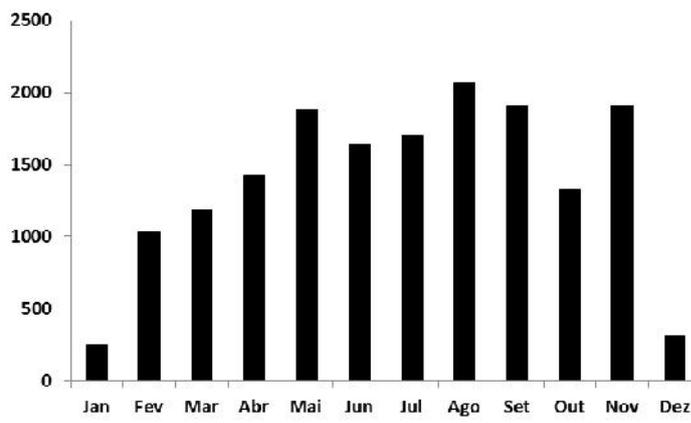


Figura 2. Horas de voo com aeronaves T-27 na Base Aérea de Pirassununga - SP: (a) 2010; (b) 2011

No ano de 2010 foram registradas 15.828 horas de voo com os equipamentos T-27 da Base Aérea de Pirassununga. Consequentemente foram consumidos 1.046.765 L de QAV/ano. Considerando o fator de emissão do combustível, que é de 2,4733 kgCO₂/L de combustível (GHG BRASIL, 2013), tem-se uma emissão total de 2.588.964,55 kg CO₂/ano, calculada a partir da equação 1 e com os dados da Tabela 1. Não há emissão de metano e óxido nitroso com a queima desse combustível, segundo o GHG Brasil (2013). Assim, a emissão total do T-27 em 2010 foi apenas de dióxido de carbono (Tabela 3).

Já no ano de 2011 o levantamento da quantidade do tempo de voo apontou 16.444 horas com os equipamentos T-27 da Base Aérea de Pirassununga. Por conseguinte foram consumidos 1.100.730 L de QAV/ano. Considerando o fator de emissão do combustível (Tabela 1) e a equação 1, tem-se uma emissão total de 2.722.436,57 kg CO₂/ano. Como não há emissão de metano e de óxido nitroso, esta é a emissão total em kg CO₂eq/ano (Tabela 3). Nos dois anos de avaliação (2010 e 2011), as emissões das aeronaves T-27 foram 5.311.401,11 kg CO₂eq, sendo toda essa emissão de dióxido de carbono (Tabela 3).

O consumo de combustível por hora de voo é 2,5 vezes maior no T-27 em comparação do T-25. O fator de emissão do QAV, em termos de dióxido de carbono equivalente, o qual é empregado no T-27, é mais alto em relação ao GAV, utilizado pelo T-25. Diante disso, depreende-se que o T-

27 é uma aeronave mais emissora que o T-25. Ademais, o fator de emissão do T-27 (QAV) é mais alto que o do T-25 (GAV).

Na Base Aérea de Pirassununga o T-27 foi acionado em maior número de horas de voo em comparação do T-25 durante o biênio 2010-2011. Enquanto os T-25 voaram cerca de 6 mil horas em média por ano, os T-27 permaneceram em voo por mais de 15 mil horas, em média. Foram realizados 3 a 7 voos por dia com 16 aeronaves modelo T-25, e 3 a 5 voos diários vezes ao dia ao com 16 equipamentos modelo T-27, exceto nos finais de semana.

A emissão total dos T-25 no biênio foi 696,87 tCO₂eq, resultando numa média de 348,43 tCO₂eq/ano. Já para os T-27, a emissão no biênio foi de 5.311,40 tCO₂eq, o que representa em média 2.655,70 tCO₂eq/ano. A soma das emissões de ambos os tipos de aeronaves resulta em 6.008,27 tCO₂eq, ou seja, 3.004,14 tCO₂eq/ano. Dessa emissão, 88% correspondem ao T-27 e 12% ao T-25 (Figura 3). Isso equivale à emissão de GEEs de 1.311 automóveis pequenos flex rodando 2 mil km/mês durante um ano. Os motores do T-25 e do T-27 consomem 26,13 e 66,13 L/h, respectivamente, enquanto um veículo pequeno flex tem um consumo de cerca de 11,5 L/h a uma velocidade de 60 km/h.

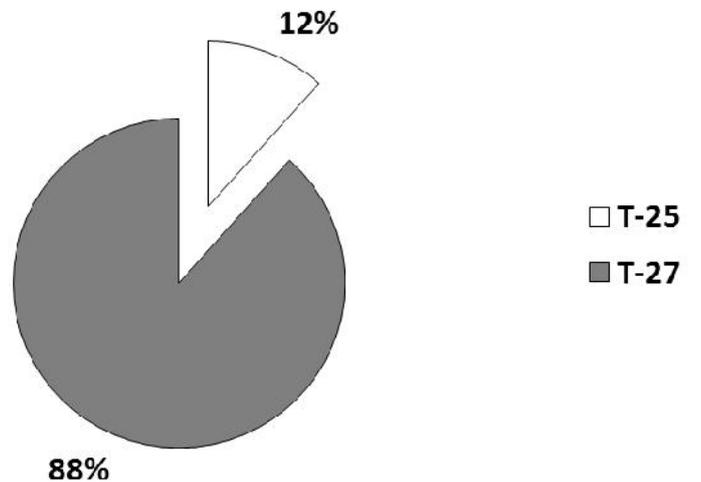


Figura 3. Emissões percentuais das aeronaves na Base Aérea de Pirassununga-SP em 2010 e 2011

Não existem registros de emissões específicas de GEEs para a aviação militar brasileira. O 1º Seminário Internacional sobre Aviação e Mudanças Climáticas (ANAC, 2008) não contemplou qualquer dado ou discussão sobre essas emissões. O Brasil também não possui um programa específico para tratar das emissões advindas do setor de aviação, ao contrário dos Estados Unidos onde há um plano intitulado “United States Aviation Greenhouse Gas Emissions Reduction Plan” – (FAA, 2012), que especifica uma série de ações a serem tomadas naquele país no médio e longo prazo. Este estudo representa uma primeira tentativa de quantificar as emissões em operações militares com aeronaves de transporte e treinamento no Brasil, o qual poderá contribuir em ações futuras de mitigação climática.

4. CONCLUSÕES

A emissão de GEEs dos dois tipos de aeronave (T-25 e T-27) utilizadas na Base Aérea de Pirassununga é expressiva, correspondendo ao uso de mais de 1.300 veículos flex rodando 2 mil quilômetros por mês durante um ano.

O modelo T-27 é uma aeronave mais emissora de GEEs do que o T-25 devido ao seu maior consumo de combustível e ao uso de querosene de aviação (QAV) que é mais emissor do que a gasolina de aviação (GAV). Outro fator é o maior número de horas voadas na Base Aérea de Pirassununga com o T-27 em comparação ao T-25.

A realização do inventário de GEEs das aeronaves T-25 e T-27 representa o primeiro passo para conhecer a contribuição da aviação militar no contexto das emissões do setor de aviação e dos transportes em geral no País.

Com este inventário a Base Aérea de Pirassununga e a Força Aérea Brasileira poderão dimensionar suas emissões de GEEs de forma mais ampla e adotar medidas de redução e compensação de suas emissões. Uma das alternativas é o uso crescente de biocombustíveis.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a contribuição das seguintes pessoas: Brigadeiro do Ar Carlos Eduardo da Costa Almeida, autoridade maior da Academia da Força Aérea; Coronel Aviador Wilson Then de Sousa Wong, piloto de aviação militar e Chefe da Divisão do Setor de Aviação; Capitão Aviador Daniel Soares, piloto de aviação militar e instrutor do Curso de Formação de Aviadores da Aeronáutica, Base Aérea de Pirassununga; mecânicos de aviação Renato Osmar Bercke Regert e Rafael Augusto Mellário. Agradecimentos também à Base Aérea de Pirassununga, por possibilitar a realização deste estudo.

6. REFERÊNCIAS

AIRBUS. **Global Market Forecast 2001-2020**. Airbus, Blagnac Cedex. 2002. 58p.

ANAC - AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **1º Seminário Internacional. Aviação e Mudanças Climáticas: Atualidades e Perspectivas**. Brasília, Relatório. 2008. 46p.

ANTT - AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES. **1º Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas do Transporte Ferroviário de Cargas**. Brasília, 2012. 44p.

BOEING. **Current Market Outlook 2003**. Boeing Commercial Airplanes, Seattle. 2003. 23p.

D'AVIGNON, A. Economia das Mudanças Climáticas. **In: 1º Seminário Internacional. Aviação e Mudanças Climáticas: Atualidades e Perspectivas... RELATÓRIO**. p. 1-3. 2008.

FAA - FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. **United States Aviation Greenhouse Gas Emissions Reduction Plan**. 2012. Disponível em https://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/apl/environ_policy_guidance/policy/media/Aviation_Greenhouse_Gas_Emissions_Reduction_Plan.pdf? Acesso em 30 jan. 2014.

GHG BRASIL. **Programa Brasileiro GHG Protocol**. 2013. Disponível em <http://www.ghgprotocolbrasil.com.br/> Acesso em 30 jan. 2014.

GLOBAL AVIATION. **Aviation Fuels Technical Review**. 2006, 90p. Disponível em: https://www.cgabusinessdesk.com/document/aviation_tech_review.pdf Acesso em 29 jul 2014.

GORE, A. **Uma Verdade Inconveniente**. Barueri, SP. Manole. 2006. 328p.

IATA - INTERNATIONAL AIR TRANSPORT ASSOCIATION. **World air transport statistics**, 47th edition. Montreal. 2003. 157p.

IATA - INTERNATIONAL AIR TRANSPORT ASSOCIATION. **Fact Sheet: Climate Change**. Disponível em <https://www.iata.org/pressroom/facts_figures/fact_sheets/pages/environment.aspx> Acesso em 30 jan. 2014.

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Aviation and the Global Atmosphere**. A Special Report of IPCC Working Groups I and III. Cambridge University Press, Cambridge. 1999.

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Greenhouse Gas Inventory Reference Manual**. v.2 Energy. 2006.

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate Change 2007: Synthesis Report**. 2007.

IBRAM - INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO. **Inventário de Gases de Efeito Estufa do Setor Mineral**. 2011. 15p.

MCINTOSH, A; WALLACE, L. International aviation emissions to 2025: Can emissions be stabilised without restricting demand? **Energy Policy**, Philadelphia, v. 37, n. 1, p. 264-273. 2009.

MCTI - MINISTÉRIO DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO. **Segunda Comunicação Nacional à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima**. Brasília, 2010. 280p.

NOAA - NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION. **Carbon Dioxide at NOAA's Mauna Loa Observatory reaches new milestone: Tops 400 ppm**. Disponível em <http://www.esrl.noaa.gov/news/2013/CO2400.html> Acesso em 23 jan. 2014.

PORTALBRASIL. **Aviação Comercial. Comparativos entre aeronaves de passageiros**. 2014. Disponível em http://www.portalbrasil.net/aviacao_comparativo.htm Acesso em 29 jan. 2014.

ROSS, D. **GHG Emissions Resulting from Aircraft Travel**. Carbon Planet, 2009. 28p.

SANQUETTA, C.R; FLIZIKOWSKI, L.; DALLA CORTE, A.P.; MOGNON, F.; MAAS, G.C.B. Estimativa das emissões de gases de efeito estufa em uma obra de construção civil com a metodologia GHG Protocol. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.9, n.16; p. 2013.

VEDANTHAM, A.; OPPENHEIMER, M. Long-term scenarios for aviation: demand and emissions of CO₂ and NO_x. **Energy Policy**, Philadelphia, v. 8, p. 625-641. 1998.