

**DERRAME DE COMBUSTÍVEL DURANTE O ABASTECIMENTO DA AERONAVE T-25:  
UM ESTUDO DE CASO SOBRE OS CUSTOS E IMPLICAÇÕES ORÇAMENTÁRIAS NA  
AFA<sup>1</sup>**

***FUEL SPILLAGE DURING REFUELING OF THE T-25 AIRCRAFT:  
A CASE STUDY ON THE COSTS AND BUDGETARY IMPLICATIONS AT THE BRAZILIAN AIR  
FORCE ACADEMY***

**Túlio Gonçalves de Oliveira<sup>2</sup>**  
Dirley Lemos Vilela\*  
Vitória Regina Spanghero\*\*

**RESUMO**

O objetivo deste trabalho é mensurar o impacto financeiro do derrame de combustível durante o abastecimento da aeronave T-25 na operação do 2º EIA, levando em consideração o contexto orçamentário da AFA. Primeiramente, foi determinado a quantidade e o custo do derrame de combustível durante os abastecimentos. Em seguida, foram avaliadas as possíveis medidas preventivas para o derrame de combustível. A metodologia utilizada nesta pesquisa combina abordagens quantitativas e qualitativas, incluindo estudo de caso e observações diretas. Os resultados indicam um desperdício de aproximadamente 2.000 litros em três anos, totalizando um custo de cerca de R\$ 9.000, o que representa 0,1% do gasto total com combustível por parte do 2º Esquadrão de Instrução Aérea (2º EIA) durante o período. Nesta pesquisa destaca-se a importância de abordar o derramamento não apenas pelo impacto financeiro, mas também pela segurança e eficiência operacional. O estudo contribui para uma gestão mais eficiente dos recursos na aviação, identificando áreas de desperdício e oportunidades de economia. A pesquisa é realizada nas aeronaves do curso de aviação da AFA, enquadrando-se na linha de pesquisa de Administração Pública, com foco em Finanças Públicas e Controle. Os resultados podem ser aplicados para melhorar a eficiência operacional e contribuir para uma tomada de decisão mais embasada no âmbito da Academia da Força Aérea. Recomenda-se medidas preventivas para resolução do derrame, como padronização de medidas visuais e instalação de equipamentos mais eficientes.

**Palavras-chave:** Perda de combustível; Desperdício; Custo de operação; Abastecimento de aeronaves.

---

<sup>1</sup> Artigo de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Formação de Oficiais Aviadores (CFOAv) da Academia da Força Aérea (AFA).

<sup>2</sup> Cadete Aviador do 4º Esquadrão (Turma Árion, 2021).

\* Professora doutora. Doutora em Engenharia de Produção. Academia da Força Aérea. E-mail: [dirleydlv@fab.mil.br](mailto:dirleydlv@fab.mil.br)

\*\* Professora doutora. Pós-doutora em Linguística. Academia da Força Aérea. E-mail: [vitoriavrs@fab.mil.br](mailto:vitoriavrs@fab.mil.br)

## ABSTRACT

The aim of this work is to measure the financial impact of fuel spillage during refueling of the T-25 aircraft on the operation of the 2nd Air Instruction Squadron (EIA), taking into account the budgetary context of the Brazilian Air Force Academy (AFA). First, the quantity and cost of fuel spills during refueling were determined. Next, possible preventative measures for fuel spills were evaluated. The methodology used in this research combines quantitative and qualitative approaches, including a case study and direct observations. The results indicate a waste of approximately 2,000 liters over three years, amounting to a cost of around R\$9,000, which represents 0.1% of the total expenditure on fuel by the 2nd EIA during the period. This research highlights the importance of addressing spillage not only for its financial impact, but also for safety and operational efficiency. The study contributes to more efficient resource management in aviation, identifying areas of waste and opportunities for savings. The research is carried out on the aircraft of the AFA aviation course, falling within the Public Administration research line, with a focus on Public Finance and Control. The results can be applied to improve operational efficiency and contribute to more informed decision-making at the Air Force Academy. Preventive measures to resolve the spill are recommended, such as standardizing visual measures and installing more efficient equipment.

**Keywords:** Fuel loss; Waste; Operating costs; Aircraft refueling.

## INTRODUÇÃO

A Academia da Força Aérea (AFA) é uma instituição de ensino superior dedicada à formação de futuros oficiais da Força Aérea Brasileira (FAB). Na AFA os Cadetes Aviadores recebem as instruções de voo e são capacitados a enfrentarem os desafios inerentes à aviação militar. Dentro desse contexto, no 2º Esquadrão de Instrução Aérea (2º EIA) são oferecidas as instruções iniciais de voo aos Cadetes com o emprego da aeronave NEIVA T-25 Universal. As instruções de voo demandam muitos recursos gastos em combustível e manutenção de aeronaves.

A FAB endossa a importância da gestão eficiente dos recursos para o bom desempenho e o êxito das atividades aéreas (BRASIL, 2018). No contexto da aviação, o abastecimento de aeronaves é uma etapa fundamental, pois garante o suprimento necessário de combustível para o funcionamento adequado das aeronaves. No entanto, durante esse processo ocorre perda de combustível, o que levanta questões sobre qual o impacto dessa perda e qual seria o custo para solucionar este problema. Muitos litros de combustível podem ser desperdiçados diariamente, mas como isso ocorre em pequenos volumes de cada vez, os gestores podem acreditar que não são relevantes. É justamente esse cenário que motivou esta pesquisa. Por meio da coleta e análise desses

pequenos e repetitivos derrames, pretende-se fornecer informações para a otimização dos recursos financeiros e o aprimoramento da eficiência operacional na AFA.

Embora as práticas de gestão e as tecnologias aeronáuticas tenham evoluído consideravelmente, a aeronave T-25, desenvolvida na década de 1960, continua a enfrentar um problema persistente de desperdício de combustível durante o abastecimento, indicando uma lacuna na resolução dessa questão estrutural. Vale lembrar que, desde seu desenvolvimento, não houve modernizações. Diferente da aeronave T-27, utilizada também para instrução na AFA e modernizada no ano de 2022.

Este trabalho tem como objetivo, assim, determinar, em termos de quantidade e custo, o derrame de combustível durante o abastecimento da aeronave T-25 na operação do 2º EIA, além de mensurar o impacto orçamentário na AFA e as possíveis medidas preventivas para este derrame. A justificativa para realizar essa pesquisa baseia-se na observação de um pequeno derramamento de combustível durante o abastecimento da aeronave T-25. Atualmente, o operador da bomba de combustível apenas constata que o tanque está cheio quando ocorre o transbordamento por meio dos suspiros. Essa perda, aparentemente pequena, pode ter impactos negativos no orçamento da instituição, uma vez que o combustível derramado representa custos financeiros.

Espera-se que este trabalho contribua para a identificação de oportunidades de melhoria, tanto em termos de redução de desperdícios quanto de otimização dos recursos financeiros na AFA. A aplicação dos resultados será direcionada para aprimorar a eficiência operacional e contribuir para uma gestão mais eficaz dos recursos na aviação.

Diante do exposto, surge a seguinte pergunta de pesquisa: **“Qual o custo do derrame de combustível durante o abastecimento da aeronave T-25?”** A resposta a essa indagação contribuirá não apenas para a identificação de oportunidades de redução de desperdícios e otimização dos recursos financeiros na instituição, mas também trará benefícios ambientais, como a economia de combustíveis não renováveis. Dessa forma, será possível avançar no entendimento da problemática e buscar soluções que visem a melhoria contínua da gestão de recursos na aviação, e também a sustentabilidade e preservação do meio ambiente.

## **OBJETIVOS**

Com o intuito de responder à questão proposta neste trabalho, busca-se atingir os objetivos gerais e específicos a seguir:

## OBJETIVO GERAL

Mensurar o impacto financeiro do derrame de combustível durante o abastecimento da aeronave T-25 na operação do 2º EIA, considerando o contexto orçamentário da AFA.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para atingir o objetivo geral, tem-se os seguintes objetivos específicos:

- A. Determinar, em termos de quantidade e custo, o derrame de combustível durante o abastecimento da aeronave T-25;
- B. Sugerir possíveis medidas preventivas para o derrame.

## DESENVOLVIMENTO

### 1 REFERENCIAL TEÓRICO

No referencial teórico deste estudo busca-se aprofundar os principais aspectos que fundamentam a pesquisa em questão. Para isso, serão explorados assuntos que fornecerão as bases necessárias para compreender os métodos de abastecimento de aeronaves e o funcionamento do sistema de combustível do T-25.

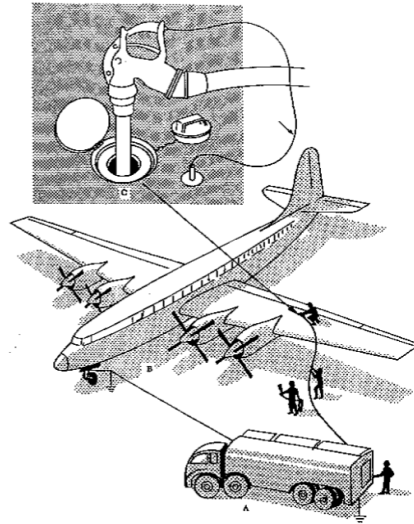
#### 1.1 MÉTODO DE ABASTECIMENTO E SISTEMAS DE MEDIÇÃO E CONTROLE DO NÍVEL DE COMBUSTÍVEL

##### 1.1.1 Abastecimento por gravidade

O abastecimento por gravidade é feito com a utilização de um caminhão-tanque abastecedor (CTA). O CTA é um veículo autopropelido constituído de tanque, carretéis de mangueira e sistemas de bombeamento, filtragem, medição e controles, destinado a transportar combustível até a aeronave e efetuar o abastecimento (ABNT, 2010).

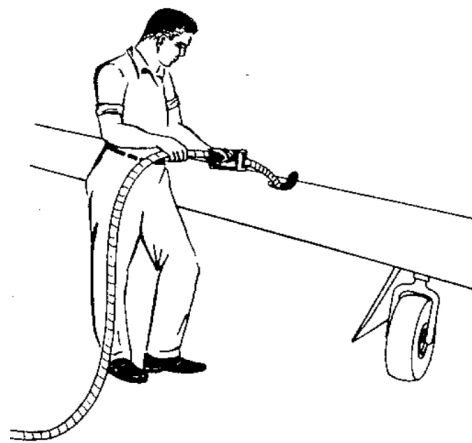
No processo de abastecimento de aeronaves por meio de CTA, o veículo é posicionado próximo à aeronave no local designado para o abastecimento. Os bicos de abastecimento das bombas são conectados aos bocais localizados na fuselagem da aeronave.

Uma vez que os bicos de abastecimento estão devidamente posicionados, as bombas de transferência do CTA são acionadas. Essas bombas geram a pressão necessária para iniciar o fluxo de combustível do caminhão-tanque para a aeronave. O combustível é transferido por meio das mangueiras até os tanques de combustível da aeronave, conforme apresentado na Figura 1.



**Figura 1** Reabastecendo uma aeronave por meio de CTA

Fonte: IAC (2002, p. 525)



**Figura 2** Reabastecimento de aeronave leve por meio de CTA

Fonte: IAC, 2002, p. 526

O abastecimento de aeronaves por meio de CTA é um método amplamente utilizado por ser eficiente e confiável. O CTA é projetado para cumprir normas e regulamentações de segurança de forma a garantir que o abastecimento seja realizado com segurança para a aeronave, os operadores e o ambiente circundante.

### 1.1.2 Abastecimento por pressurização

O procedimento de abastecimento dos tanques de combustível por pressurização ocorre por meio de uma fonte externa que fornece combustível sob pressão, utilizando uma conexão que está ligada ao sistema de combustível da aeronave (ABNT, 2011).

No que tange às características do sistema:

A maioria dos sistemas consiste em uma mangueira de reabastecimento por pressão, um painel de controle, e instrumentos que permitem a um só homem abastecer ou destanquear todos os tanques de combustível da aeronave. O sistema de reabastecimento por ponto único é geralmente desenhado de forma que uma tubulação seja acessível próxima à ponta da asa ou sob a asa, próxima à sua raiz. As válvulas de conexão dos vários tanques à linha principal de abastecimento são geralmente atuadas pela pressão do combustível (IAC, 2002, p. 526).

Diferente do abastecimento por gravidade, o abastecimento por pressurização usa Servidor de Hidrantes (SRV) ao invés de CTA. “Servidor de hidrante: Veículo autopropelido contendo módulo de abastecimento constituído de carretéis de mangueira, filtragem, medição e controles destinados a transferir combustível do hidrante para aeronave.” (ABNT, 2010, p. 6).

O reabastecimento de aeronaves por meio de pressurização traz alguns benefícios como reduzir o tempo necessário e aumentar a segurança, sendo amplamente utilizado atualmente: “Esse tipo de reabastecimento é usado em muitas aeronaves modernas. Esse processo, às vezes chamado de "ponto único" ou "sub-alar", reduz em muito o tempo requerido para abastecer grandes aeronaves.” (IAC, 2002, p. 526).

Além disso, conforme IAC (2002), existem outras vantagens nesse tipo de abastecimento: Ele elimina os riscos de danos ao revestimento da aeronave e ao pessoal, e reduz as chances de contaminação do combustível. O reabastecimento sob pressão também reduz as chances de ignição dos vapores do combustível pela eletricidade estática.

Apesar das vantagens apresentadas, esse sistema não é utilizado no T-25: “Devido à limitada área do tanque, há poucas vantagens na aplicação desse processo em aeronaves leves. Sendo assim, ele geralmente é incorporado em jatos executivos de médio porte e em grandes aeronaves de transporte comerciais ou militares.” (IAC, 2002, p. 526).

### **1.1.3 Sistemas de medição e controle do nível de combustível**

Existem vários sistemas de medição e controle utilizados para monitorar o volume de combustível durante o abastecimento de uma aeronave. Será apresentado, a seguir, os sistemas utilizados nas aeronaves T-27 (medição eletrônica) e T-25 (medição visual).

Medição eletrônica: durante o abastecimento da aeronave, um militar monitora os medidores de combustível sobre a asa. Quando os indicadores atingem o nível desejado, ele sinaliza ao operador da bomba para interromper o abastecimento: “A quantidade de combustível existente em cada conjunto de tanques é determinada através de um sistema de boias que fornece um sinal elétrico para um indicador duplo, instalado em cada painel de instrumentos (postos dianteiro e traseiro).” (EMBRAER, 1984, p. 39).

Medição visual: conforme AFA (2015), os liquidômetros do T-25 não são confiáveis. Desta maneira, não é possível utilizar os liquidômetros para determinar a quantidade de combustível nos tanques durante o abastecimento, sendo necessária a conferência visual pelo operador da bomba. A medição visual envolve a inspeção direta do nível de combustível em um tanque através do bocal de abastecimento. Este método pode ser útil em situações nas quais os sistemas automáticos de medição não estão disponíveis ou não estão funcionando corretamente. No entanto, a medição visual é sujeita a erros humanos e pode ser afetada por vários fatores, como a iluminação e o ângulo de visão. Por isso, é menos precisa e confiável do que os métodos digitais e automáticos.

## **1.2 SISTEMA DE COMBUSTÍVEL DO T-25**

O sistema de combustível do T-25 é essencial para a aeronave pois armazena, transfere e fornece combustível aos motores. Neste tópico serão abordados os componentes e funcionamento deste sistema.

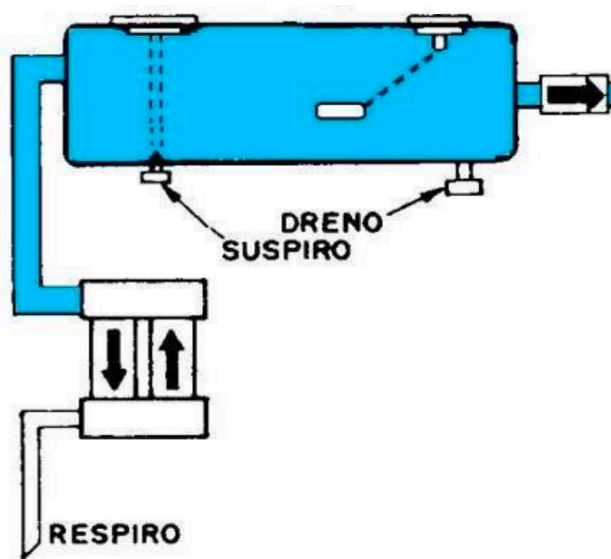
### **1.2.1 Componentes do sistema de combustível**

Conforme o Manual de Instrução Técnica do T-25, os componentes do sistema de combustível são: tanques, válvulas unidirecionais, seletora de gasolina, filtros, bomba de reforço, bomba mecânica, servo-injetor, válvula distribuidora, bicos injetores, drenos, respiros e suspiros (AFA, 2015).

Para esta pesquisa serão descritos três desses componentes que interferem diretamente no entendimento do assunto. Como explicado a seguir, os respiros não interferem no derrame de combustível. Porém, é válido que haja conhecimento deste componente pois podem ser confundidos com o termo “suspiro”.

Tanques de combustível e bocais de abastecimento: “O bocal de abastecimento e tampão está localizado em uma parte rebaixada com um orifício e dreno de transbordamento (suspiro). O orifício é projetado para evitar que o transbordamento do combustível entre na estrutura da asa e fuselagem.” (IAC, 2002, p. 93). Além disso, “O abastecimento dos tanques é feito por gravidade através de quatro bocais, sendo um para cada tanque.” (AFA, 2015, p. 21).

O sistema de combustível compõe-se de dois conjuntos de tanques, um de cada lado da seção central da asa. Cada conjunto é composto de um tanque principal (com capacidade para 88 litros); de um tanque de alimentação (com capacidade para 18 litros) e de um tanque auxiliar (com capacidade para 65 litros) (AEROMOT, 2015, p. 37).



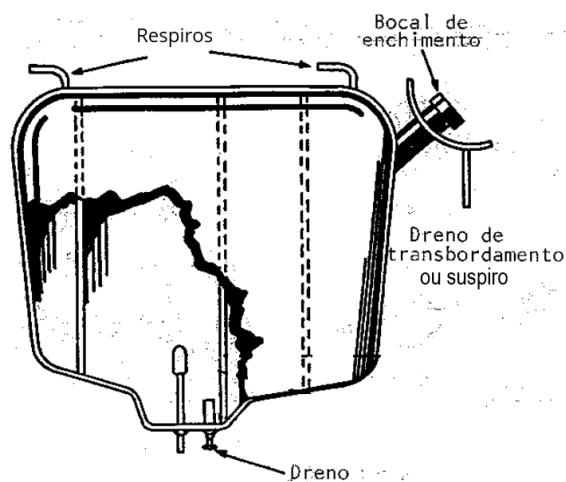
**Figura 3** Sistema de combustível do T-25.

Fonte: adaptado de AEROMOT (2015)

Respiros:

São dispositivos existentes para equalizar a pressão interna dos tanques com a pressão atmosférica. São em número de 4 (quatro), para os tanques principais e auxiliares. Internamente, os respiros do tanque de alimentação são interligados com os dos tanques principais que, mesmo com os tanques cheios, não darão passagem ao combustível (AFA, 2015, p. 22).

Suspiros ou drenos de transbordamento: têm a finalidade de permitir a liberação do excesso de combustível (AFA, 2015).



**Figura 4** Um típico tanque metálico de combustível.

Fonte: adaptado de IAC (2002)

Após a análise dos componentes do sistema de combustível, como tanques, suspiros e respiros, o estudo prossegue para examinar o funcionamento específico desses elementos.

### 1.2.2 Funcionamento do sistema de combustível

Os suspiros, também conhecidos como drenos de transbordamento, desempenham um papel crucial no sistema de combustível de uma aeronave. Eles são projetados para permitir a liberação do excesso durante o processo de abastecimento (AFA, 2015).

Seu funcionamento é relativamente simples. Durante o abastecimento, o combustível é introduzido nos tanques através dos bocais correspondentes, cada um equipado com um suspiro. Quando o nível máximo é atingido, o excesso começa a transbordar pelos suspiros, que possuem um orifício projetado para uma saída controlada do excedente (AFA, 2015).

A principal função desses dispositivos é evitar que o combustível transbordado entre na estrutura da asa e da fuselagem da aeronave. Isso é crucial, pois o contato do combustível com as partes estruturais pode causar problemas como corrosão ou danos aos materiais. Ao permitir a liberação controlada do excesso, os suspiros garantem que a quantidade adequada seja armazenada nos tanques, minimizando o risco de danos estruturais (AFA, 2015).

### 1.3 CARACTERÍSTICAS DO ABASTECIMENTO DO T-25 DURANTE OPERAÇÕES NO 2º EIA

Segundo o Manual de Procedimentos do 2º EIA, o abastecimento para voos locais segue a seguinte padronização: tanques principais cheios (106 litros cada) e tanques auxiliares no residual (máximo 10 litros cada) (AFA, 2023).

Excluindo situações de emergência, apenas os tanques principais são utilizados durante os voos locais. Dessa forma, é evidente que não é necessário abastecer os tanques auxiliares após todos os voos. Apesar disso, é obrigatório a conferência da quantidade residual desses tanques auxiliares em todas as inspeções pré-voo. Para missão de navegação, todos os tanques deverão estar cheios, inclusive os auxiliares (AFA, 2023).

Também é importante ressaltar que o curso realizado pelos Cadetes do 2º ano do Curso de Formação de Oficiais Aviadores (CFOAV) é o Estágio Primário do T-25, no qual apenas estão previstos voos locais. No Estágio Primário do T-25 é executado cerca de 70% do esforço aéreo total do 2º EIA. Os 30% restantes são divididos entre voos locais e missões de navegação (AFA, 2023).

Portanto, fica evidente que o abastecimento dos tanques auxiliares tem uma pequena representatividade no contexto de operações do 2º EIA. Por isso, apenas os tanques principais serão levados em consideração nos cálculos de derramamento de combustível desta pesquisa.

### 1.4 MENÇÕES SOBRE O DERRAME DE COMBUSTÍVEL EM REGULAMENTOS E MANUAIS

A Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) é uma entidade governamental federal brasileira responsável pela regulação, fiscalização e promoção do desenvolvimento da aviação civil no país. Segundo consta no regulamento deste órgão sobre a segurança operacional em aeródromos:

O operador de aeródromo e as unidades de abastecimento de aeronaves devem disponibilizar material para contenção imediata de derramamentos de combustível em operações de abastecimento ou transferência de combustível de aeronave (ANAC, 2011, p. 44).

Outro órgão regulador existente no país é a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Esta associação é responsável pela elaboração e padronização de normas técnicas no Brasil e visa garantir a qualidade, segurança e interoperabilidade de produtos e serviços. Conforme

a norma que trata sobre o controle da qualidade no armazenamento, transporte e abastecimento de combustíveis de aviação:

É de responsabilidade do trabalhador comunicar imediatamente ao responsável da instalação e/ou à administração aeroportuária qualquer derrame ou vazamento ocorrido. Cada derrame apresenta características distintas, tais como local, dimensões, condições climáticas entre outras. Deve ser elaborado plano de emergência contra derrames, assegurando que sejam atendidas as legislações estabelecidas pelo órgão ambiental competente. Esse plano deve estar atualizado e toda a equipe treinada, de modo a estar preparada em casos de derrame (ABNT, 2010, p. 24).

Por fim, o Instituto de Aviação Civil (IAC) é a organização do Ministério da Aeronáutica que tem como uma de suas finalidades coordenar as atividades referentes à instrução profissional no âmbito da Aviação Civil (IAC, 1991). De acordo com o IAC:

Todos os combustíveis de aeronaves, ou outros combustíveis líquidos que forem acidentalmente derramados devem ser removidos imediatamente com jatos de água, ou cobertos com camadas de espuma para evitar ignição, ou neutralizados por outros meios (IAC, 2002, p. 523).

Portanto, a análise das menções sobre o derrame de combustível em regulamentos e manuais revela a importância de diretrizes claras e específicas para lidar com essa situação. As referências estabelecidas pelos órgãos reguladores fornecem orientações para a prevenção, contenção e resposta a derramamentos, visando garantir a segurança operacional e a proteção ambiental. O conhecimento dessas referências é fundamental para a adoção de políticas e procedimentos eficazes, contribuindo para a integridade operacional e a minimização dos riscos.

## 1.5 LIMITAÇÕES NA PESQUISA SOBRE DERRAME DE COMBUSTÍVEL EM AERONAVES

A pesquisa sobre "Derrame de combustível durante o abastecimento de aeronaves" apresenta limitações considerando o cenário acadêmico. Fora do âmbito da Academia da Força Aérea (AFA), há pouco interesse sobre o tema em termos de pesquisas científicas porque não existe demanda para esse tipo de investigação. Isso ocorre também porque as grandes companhias aéreas predominantemente empregam o método de abastecimento por pressão, minimizando consideravelmente os riscos de derrame durante esse processo e dispensando ajustes nesse sentido. Aeronaves abastecidas por gravidade e com sistema de medição visual, como é o caso do T-25, têm

pouca relevância no panorama global da aviação, sendo utilizadas em escala reduzida, sobretudo para treinamento básico em aeródromos civis.

Na AFA a aeronave T-25 é empregada na formação de Cadetes Aviadores. O esforço aéreo concentrado em uma aeronave totaliza cerca de 9.000 horas de voo anualmente no 2ºEIA (AFA, 2023), uma marca raramente alcançada em aeródromos civis em aeronaves com as mesmas características do T-25.

## **2 MÉTODOS DE ANÁLISE**

Neste estudo, adota-se uma metodologia de análise que integra abordagens quantitativas e qualitativas. A parte quantitativa consiste em uma pesquisa aplicada de caráter exploratório, utilizando o método de estudo de caso (GIL, 2002). Em paralelo, realiza-se uma análise qualitativa fundamentada em observações. Esta combinação metodológica permite uma compreensão mais abrangente e detalhada do tema em questão.

A coleta do combustível derramado durante os abastecimentos ocorreu num intervalo de três meses. No decorrer do abastecimento da aeronave, um recipiente denominado proveta, equipado com uma escala volumétrica para medição de líquidos, é posicionado abaixo do respiro do tanque que está sendo abastecido. Esta disposição assegura a coleta adequada do combustível. Conforme o abastecimento se processa, o volume de combustível que extravasa a partir do abastecimento de cada aeronave é coletado a partir da proveta, medido e registrado, e os volumes são catalogados e organizados em planilhas.

Durante o processo de abastecimento de uma aeronave, observa-se que a quantidade de combustível que se derrama pode variar. Por exemplo, na primeira observação, registrou-se um derramamento de 110ml de combustível. Na segunda observação, o derramamento foi de 60ml. Para obter uma estimativa mais precisa de quanto combustível geralmente se derrama, é necessário calcular a média dessas quantidades.

Se a medição for realizada apenas um par de vezes, os números podem mostrar uma grande variação. No entanto, se forem realizadas muitas medições, em diferentes aeronaves, pode-se encontrar um número médio que representa a quantidade típica de combustível derramado a cada abastecimento.

Neste estudo, devido a restrições de tempo, realizaram-se 35 medições. Os erros de previsão resultantes do tamanho da amostra foram considerados aceitáveis para os objetivos deste trabalho.

A análise dos dados baseou-se no cálculo das estatísticas descritivas e na determinação do intervalo de confiança de 95% para a média amostral com um tamanho de amostra de  $n=35$  (Larson; Farber, 2010, p. 288).

O intervalo de confiança é dado pela seguinte fórmula, em que  $t=2,032$  para  $c$  (confiança) =95%:  $E = t_c \frac{S}{\sqrt{n}}$

Além disso, a média e o desvio padrão são dados, respectivamente, por:  $\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$  e  $s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$

Depois de obter todas as medições, descobriu-se que, em média, derrama-se cerca de 90,8ml de combustível cada vez que se abastece. No entanto, esse número varia com um desvio padrão de 52,39ml.

Isso significa que, embora a média seja 90,8ml, a quantidade real de combustível que se derrama pode ser um pouco mais ou um pouco menos. Na verdade, tem-se 95% de confiança de que a quantidade real de combustível derramado por abastecimento está entre 72,8ml e 108,8ml (Larson; Farber, 2010, p. 288).

Adicionalmente, são obtidos com o setor responsável pelo controle de abastecimentos das aeronaves da AFA dados da quantidade de abastecimentos que foram realizados na aeronave T-25 por ano, bem como o valor do combustível no respectivo ano.

A partir da média de combustível derramado durante cada abastecimento e a quantidade total de abastecimentos realizados por ano, é possível calcular a quantidade média de combustível que é derramada em cada ano. Assim, conhecendo o valor do combustível, calcula-se o valor total derramado no período.

Para a análise dos dados, optou-se por um período de três anos. Esta escolha permite uma visão mais ampla sobre três fatores variáveis ao passar dos anos: o valor do combustível, a quantidade de combustível utilizada pelas operações do 2º EIA e a quantidade total de abastecimentos. Esta abordagem proporciona uma compreensão mais profunda das tendências e padrões ao longo do tempo.

### 3 RESULTADOS

#### 3.1 MOTIVOS QUE PODEM LEVAR AO DERRAME DE COMBUSTÍVEL DURANTE O ABASTECIMENTO

Considerando que o abastecimento de aeronaves é feito manualmente, durante esses procedimentos podem ocorrer falhas que impactem significativamente a variabilidade de volumes derramados. Essas falhas incluem erros na medição do volume, no manuseio dos equipamentos e falta de atenção aos sinais de transbordamento. Tais erros podem ocorrer por diversos motivos como: falta de treinamento adequado, supervisão insuficiente e conscientização limitada dos operadores em relação às práticas seguras de abastecimento: “O operador de aeródromo deve estabelecer e implementar treinamentos para os profissionais que trabalham na área operacional do aeródromo e para as pessoas cujas atividades estejam relacionadas com a segurança operacional” (ABNT, 2010, p. 10).

É crucial que os operadores estejam cientes de que, quando o tanque da aeronave estiver quase cheio, a razão do fluxo deve ser reduzida para evitar derramamentos. O abastecimento deve ser feito vagarosamente até a boca do tanque, sem transbordar sobre a asa ou o solo. Essa prática é fundamental para evitar derrames e garantir a segurança durante o procedimento (IAC, 2002).

Derrames e vazamentos devem ser evitados em todas as ocasiões, pois representam um perigo potencial de incêndio e também causam poluição ambiental. É essencial que os operadores sejam devidamente treinados e conscientizados sobre a importância de seguir os procedimentos corretos para evitar esses incidentes. Além disso, a supervisão adequada durante o abastecimento é fundamental para garantir a conformidade com as práticas seguras e prevenir erros que possam levar a derrames (ABNT, 2010).

Deficiências nos equipamentos de abastecimento também podem causar vazamentos durante o processo. Quando o tanque da aeronave está quase cheio, é necessário reduzir a velocidade do fluxo para encher completamente o tanque de maneira controlada, evitando transbordamentos sobre a asa ou o solo (IAC, 2002). No entanto, os caminhões-tanque utilizados no abastecimento de aeronaves no 2º EIA não possuem bicos com sistema de desarme automático, como os encontrados nos bicos de abastecimento de carros. Esses dispositivos são utilizados para interromper automaticamente o fluxo de combustível quando certas condições são atingidas. O sistema de desarme automático funciona detectando o nível de combustível e interrompendo o fluxo quando

esse atinge um ponto pré-determinado (Zeppini, 2022). Essa funcionalidade é essencial para evitar derramamentos e garantir que o combustível permaneça dentro de limites seguros no tanque. Sem essa funcionalidade, caso o operador permita que o combustível atinja o nível máximo durante o abastecimento, poderá ocorrer transbordamento pelos suspiros.

### 3.2 OBSERVAÇÕES REALIZADAS DURANTE A COLETA DE DADOS

Para embasar as observações realizadas, é importante considerar que a aeronave T-25 não possui medidores de combustível confiáveis (AFA, 2015). Também conhecidos como liquidômetros, esses medidores ficam no interior da aeronave e têm a função de manter o piloto informado sobre a quantidade de combustível remanescente nos tanques durante o voo. Estando ciente deste problema no equipamento, os instrutores precisam confirmar com os próprios olhos que os reservatórios de combustível estão de fato cheios antes de cada voo (AFA, 2023). Com conhecimento do consumo médio da aeronave e a quantidade de combustível abastecida, é possível calcular o tempo de voo disponível. Assim, o relógio substitui os medidores de combustível do T-25.

Foi observado que o parâmetro definido para o enchimento do tanque do T-25 sofreu alterações ao longo dos anos. Esse parâmetro variou entre encher os tanques até que faltasse um dedo para o preenchimento total; dois dedos até o preenchimento total; e, encher até atingir o limite superior. A última é a padronização utilizada em 2024.

Essas padronizações não foram documentadas em um manual de procedimentos ou NPA, mas eram transmitidas ao operador da bomba pelos graduados da casa de pista. O objetivo das mudanças nas padronizações era evitar o transbordamento de combustível durante o abastecimento.

Porém, padronizações que evitavam o derramamento, como deixar um dedo do limite, geravam conflito entre o operador das bombas e a tripulação: a lacuna de um dedo entre o nível de combustível e o limite do bocal frequentemente causava desconforto na tripulação. Em caso de emergência, a tripulação não sabia quanto essa lacuna poderia reduzir a autonomia da aeronave.

As asas do T-25, onde os tanques estão instalados, não são totalmente simétricas devido às características aerodinâmicas. A asa possui uma leve inclinação. Dependendo do lado em que se observa o bocal, o tanque pode parecer mais cheio ou mais vazio (ao se observar o bocal estando no

bordo de fuga da asa, o tanque parece estar mais vazio). Isso aumenta a sensação de desconforto da tripulação ao perceber que o tanque não está totalmente cheio.



**Figura 5** Visão do bocal. Visto do bordo de fuga e bordo de ataque, respectivamente.

Fonte: acervo do autor

Como consequência, a tripulação frequentemente solicitava o preenchimento dessa lacuna e esse processo atrasava a operação. Assim, as medidas que visavam evitar o derramamento de combustível foram canceladas e, atualmente, os tanques são preenchidos até o limite.

Outra observação é que a responsabilidade de colocar a tampa no bocal do tanque após o término do abastecimento é atribuída a um graduado, que atua como fiscal de abastecimento. Foi observado que a demora para fechar o bocal do tanque após o abastecimento pode resultar em vazamentos de combustível em quantidades significativas. Em situações em que houve atraso no fechamento do bocal, foram registrados vazamentos de até 500ml por tanque. No entanto, quando o bocal era fechado imediatamente após o término do abastecimento, o volume de vazamento diminuía para 60ml. Constatou-se que, quando o bocal do tanque permanecia aberto, elementos como a movimentação da aeronave ou a ação do vento provocavam o transbordamento do combustível, que se encontrava no limite do tanque. Ao proceder com o fechamento do bocal do tanque, interrompia-se tal derramamento. Com base nas observações realizadas, o graduado, ciente da situação, foi instruído a fechar os bocais no tempo habitual durante as coletas futuras. Essa medida visa garantir que os resultados obtidos estejam mais alinhados com as condições reais de operação.

Por fim, foi observado que o operador responsável pelo abastecimento é instruído a não proceder com o abastecimento da aeronave T-25 enquanto a bateria interna da aeronave estiver ativada. Conseqüentemente, caso haja uma modernização ou reparo dos liquidômetros da aeronave, não seria viável realizar o abastecimento utilizando os medidores de combustível da aeronave, os quais são elétricos. Pensando em uma futura modernização, seria necessário a revisão desses procedimentos para que um reabastecimento com medição eletrônica fosse possível, assim como no T-27.

### 3.4 RESULTADOS DAS COLETAS

O capítulo de resultados deste estudo apresenta uma análise abrangente das coletas realizadas durante o período de pesquisa. Com base em uma série de 35 medições, foram calculadas estatísticas descritivas e determinado o intervalo de confiança de 95% para a média amostral, revelando uma média de derramamento de 90,8ml de combustível por abastecimento, com um desvio padrão de 52,39ml. Além disso, foram obtidos dados sobre a quantidade de abastecimentos e o valor do combustível ao longo de três anos, permitindo uma análise temporal das tendências e padrões relacionados ao consumo e derramamento de combustível.

**Tabela 1** Derrame de combustível coletado

<b>Número da coleta e total de derrame (ML)</b>							
<b>1</b>	60ml	<b>11</b>	90ml	<b>21</b>	90ml	<b>31</b>	90ml
<b>2</b>	65ml	<b>12</b>	80ml	<b>22</b>	220ml	<b>32</b>	60ml
<b>3</b>	110ml	<b>13</b>	120ml	<b>23</b>	55ml	<b>33</b>	120ml
<b>4</b>	110ml	<b>14</b>	140ml	<b>24</b>	70ml	<b>34</b>	60ml
<b>5</b>	95ml	<b>15</b>	80ml	<b>25</b>	35ml	<b>35</b>	70ml
<b>6</b>	140ml	<b>16</b>	25ml	<b>26</b>	85ml		
<b>7</b>	170ml	<b>17</b>	230ml	<b>27</b>	25ml		
<b>8</b>	85ml	<b>18</b>	25ml	<b>28</b>	100ml		
<b>9</b>	180ml	<b>19</b>	140ml	<b>29</b>	40ml		
<b>10</b>	40ml	<b>20</b>	25ml	<b>30</b>	50ml		

Fonte: elaboração própria com base em dados coletados na pesquisa.

**Tabela 2** Quantidade de abastecimentos e preço do combustível (T-25)

<b>Ano</b>	<b>Litros de Combustível</b>	<b>Valor por Litro (R\$)</b>	<b>Número de Abastecimentos</b>	<b>Valor total</b>
2020	692.406	R\$ 3,30	7433	R\$ 2.284.940
2021	691.202	R\$ 5,30	7168	R\$ 3.663.371
2022	617.150	R\$ 5,65	7416	R\$ 3.486.898

Fonte: elaboração própria com base em dados fornecidos pela Subseção de Combustíveis da AFA.

**Tabela 3** Resultados

<b>Ano</b>	<b>Valor por Litro (R\$)</b>	<b>Número de Abastecimentos</b>	<b>Média de derrame por abastecimento (L)</b>	<b>Total derramado (L)</b>	<b>Valor total do derrame (R\$)</b>
2020	R\$ 3,30	7433	0,09	668,97	R\$ 2.207,60
2021	R\$ 5,30	7168	0,09	645,12	R\$ 3.419,10
2022	R\$ 5,65	7416	0,09	667,44	R\$ 3.771,00

Fonte: elaboração própria com base em dados coletados na pesquisa e em dados fornecidos pela Subseção de Combustíveis da AFA.

**Tabela 4** Comparação entre valor total e valor derramado

<b>Ano</b>	<b>Valor total</b>	<b>Valor total do derrame (R\$)</b>	<b>Percentual do valor total</b>
2020	R\$ 2.284.940	R\$ 2.207	0,09%
2021	R\$ 3.663.371	R\$ 3.419	0,09%
2022	R\$ 3.486.898	R\$ 3.771	0,10%

Fonte: elaboração própria com base em dados coletados na pesquisa e em dados fornecidos pela Subseção de Combustíveis da AFA.

#### 4 ANÁLISE E DISCUSSÕES DOS RESULTADOS

A pesquisa revelou que o derramamento de combustível durante o abastecimento da aeronave T-25 resulta em um desperdício de cerca de 630 litros por ano. Isso equivale a um custo total de aproximadamente R\$ 9.000 ao longo de 3 anos. No entanto, considerando o contexto orçamentário da AFA, esse valor representa apenas 0,1% do gasto total com combustível.

Embora o valor possa parecer pequeno em termos percentuais, é importante lembrar que qualquer desperdício de recursos é indesejável. Além disso, o derramamento pode representar um risco para a segurança de voo e aumentar a probabilidade de incêndios.

O abastecimento de aeronaves é uma operação crítica que ocorre na área operacional, onde as aeronaves estão frequentemente alinhadas em sequência. Neste cenário, um vazamento não é apenas um desperdício de recursos, mas também um risco significativo de segurança.

Se ocorrer um incêndio devido a vazamentos, as chamas podem se espalhar rapidamente devido à proximidade das aeronaves. Isso poderia resultar em danos extensos a várias aeronaves simultaneamente, levando a perdas financeiras substanciais e potencialmente colocando vidas em risco.

Portanto, embora o impacto financeiro do derramamento possa não ser significativo no contexto das operações do 2º EIA, o problema é relevante considerando os princípios de eficiência operacional e segurança de voo.

Recomenda-se que medidas sejam tomadas para minimizar esses vazamentos durante o abastecimento, a fim de economizar recursos e minimizar o risco de incêndio. Essas medidas podem incluir a implementação de procedimentos de abastecimento mais rigorosos e a utilização de equipamentos mais eficientes.

Em resumo, a pesquisa atingiu seu objetivo de avaliar a relevância do vazamento de combustível durante o abastecimento da aeronave T-25 na operação do 2º EIA, considerando o contexto orçamentário da AFA. A análise dos resultados sugere que, embora o impacto financeiro possa ser pequeno, o vazamento é um problema relevante que merece atenção devido a considerações de eficiência operacional e segurança de voo. Além disso, algumas sugestões de solução do problema apresentadas têm o custo praticamente zero, o que reforça a necessidade de resolução do problema. Dentre as soluções viáveis estão:

**Padronização de Medidas Visuais:** a primeira solução proposta é padronizar em um manual uma medida visual mais precisa de quando os tanques principais estão cheios, bem como calcular a real autonomia do T-25 seguindo esta padronização. Esta seria a maneira mais simples de evitar vazamentos e, ao mesmo tempo, transmitir segurança à tripulação.

**Instalação de Liquidômetros Confiáveis:** outra solução seria instalar liquidômetros confiáveis no T-25 e revisar a orientação de abastecimento com a bateria interna desligada. Desta forma, o abastecimento da aeronave teria uma medição eletrônica, assim como no T-27. Isso não apenas tornaria o abastecimento mais seguro, mas também aumentaria a consciência do piloto

durante o voo, que poderia acompanhar em tempo real a quantidade de combustível remanescente nos tanques da aeronave.

Utilização de Bicos de Abastecimento com Sistema de Desarme Automático: a última alternativa depende da empresa que realiza o abastecimento das aeronaves, pois ela é a proprietária dos equipamentos utilizados durante o processo. A utilização de bicos de abastecimento com sistema de desarme automático poderia ser uma solução eficaz para evitar vazamentos.

Cada uma dessas soluções possui vantagens e desvantagens, e uma combinação dessas abordagens pode ser necessária para resolver completamente o problema. É importante que essas soluções sejam consideradas cuidadosamente, levando em conta os custos e implicações orçamentárias na AFA.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Ao longo do estudo conduzido, foi investigado o impacto do derramamento de combustível durante o abastecimento da aeronave T-25 nas operações do 2º Esquadrão de Instrução Aérea (EIA) e seus reflexos no orçamento da Academia da Força Aérea. A análise dos resultados permitiu constatar que o derrame de combustível resulta em um desperdício considerável, totalizando cerca de 630 litros por ano, equivalente a um custo aproximado de R\$ 9.000 ao longo de 3 anos. Embora esse montante represente apenas 0,1% do gasto total com combustível no contexto orçamentário da AFA, é crucial ressaltar que qualquer desperdício de recursos é indesejável, especialmente em um ambiente onde a eficiência operacional e a segurança de voo são princípios fundamentais.

Os resultados também evidenciaram que o derramamento de combustível não apenas implica em perdas financeiras, mas também representa um risco potencial para a segurança de voo, aumentando a probabilidade de incêndios. Diante desse cenário, torna-se imprescindível a adoção de medidas efetivas para minimizar esse problema, visando não apenas a economia de recursos, mas também a preservação da segurança.

Com base nos achados da pesquisa, foram identificadas algumas sugestões de solução para o problema do derramamento de combustível, tais como a padronização de medidas visuais, a instalação de liquidômetros confiáveis e a utilização de bicos de abastecimento com sistema de desarme automático. Essas propostas, embora apresentem desafios próprios, podem representar soluções viáveis e eficazes para mitigar o problema.

Por fim, considerando as contribuições deste estudo, recomenda-se que futuras pesquisas investiguem a relação custo-benefício da implementação das medidas preventivas recomendadas. Além disso, sugere-se que as conclusões e recomendações aqui apresentadas sirvam de base para a melhoria contínua das operações na AFA, visando sempre aprimorar a eficiência operacional, a segurança de voo e a gestão eficaz dos recursos disponíveis.

## REFERÊNCIAS

ACADEMIA DA FORÇA AÉREA. **PIMO**: Programa de Instrução e Manutenção Operacional da AFA. Pirassununga, 2023.

ACADEMIA DA FORÇA AÉREA. Segundo Esquadrão de Instrução Aérea. **MAITE T-25**. Manual de Instrução Técnica: T-25 Universal. Pirassununga, 2015.

ACADEMIA DA FORÇA AÉREA. Segundo Esquadrão de Instrução Aérea: **Manual de procedimentos**. Pirassununga, 2023.

AEROMOT Aeronaves e Motores. **Manual de manutenção Aeronave T-25 Universal**. Goiânia: ALIANÇA AVIAÇÃO, 2015. 892 p.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **RBAC 156**: Segurança Operacional em Aeródromos – Operação, Manutenção e Resposta à Emergência. 2011

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15216**: armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis: controle da qualidade no armazenamento, transporte e abastecimento de combustíveis de aviação. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto ABNT 08;020.30-009-1**: aeronáutica e espaço – vocabulário – parte 1 – aeronaves. Rio de Janeiro, 2011.

BRASIL. **DCA 11-45**: Concepção Estratégica Força Aérea 100. Brasília, DF. 2018.

EMBRAER. **Normas técnicas da Aeronave Embraer T-27**. Rio de Janeiro: Força Aérea Brasileira; 1984.

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de Pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2002, 175 p.

INSTITUTO DE AVIAÇÃO CIVIL. **Mecânico de Manutenção Aeronáutica: Matérias Básicas**. Revisada ed. Rio de Janeiro: IAC, 2002

INSTITUTO DE AVIAÇÃO CIVIL. **MMA 58-8**: Manual De Curso De Piloto De Linha Aérea - Helicóptero (PLA-H). 1991

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL. **Portaria Inmetro/Dimel n.º 0343, de 16 de dezembro de 2010**. Brasil, 2010.

LARSON, F.; FARBER, B. **Estatística aplicada**. 4ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

ZEPPINI. **Manual Bico Automático de Abastecimento**. São Paulo, 2022. Disponível em: [https://www.zeppini.com.br/uploads/manuais/Manual\\_Bico\\_Automtico\\_de\\_Abastecimento\\_Portugus.pdf](https://www.zeppini.com.br/uploads/manuais/Manual_Bico_Automtico_de_Abastecimento_Portugus.pdf). Acesso em: 23 abr. 2023.