

ANÁLISE DAS REGULAMENTAÇÕES BRASILEIRAS PARA O TRANSPORTE AÉREO DE EXPLOSIVOS E SEU IMPACTO NA SEGURANÇA

Bruno César de Andrade Silva¹

Letícia Waterkemper²

Edna Ghiorzi Varela Parente³

Mirian Garcia Menezes Barboza⁴

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo geral analisar as regulamentações brasileiras para o transporte aéreo de materiais explosivos (Classe 1) e seu impacto na segurança operacional da aviação civil. Especificamente, buscou-se analisar o marco regulamentário nacional, abrangendo os requisitos de classificação, embalagem e manuseio, bem como avaliar a influência dessas normas na prevenção de acidentes. Para tanto, adotou-se uma abordagem qualitativa, desenvolvida por meio de revisão bibliográfica e documental, analisando o Regulamento Brasileiro de Aviação Civil (RBAC) nº 175, a NR-19, os manuais da IATA e os dados de ocorrências do Painel SIPAER entre 2015 e 2025. Os resultados indicaram um alto alinhamento do Brasil com os padrões globais (OACI/IATA) e revelaram a ausência de acidentes ou incidentes graves reportados envolvendo a Classe 1 no período analisado, sugerindo a eficácia do sistema. Conclui-se que as normas impactam positivamente a segurança, estabelecendo um sistema robusto de barreiras múltiplas (Modelo de Queijo Suíço) eficaz na prevenção de eventos adversos, apesar de impor desafios à eficiência operacional.

Palavras-chave: transporte aéreo; explosivos; segurança operacional; regulamentação.

¹ Senior System Test Engineer. Verification Lead. Engenheiro Mecânico. Docente Universitário. Engenheiro com mais de 17 anos de experiência em setores de altíssima criticidade técnica, com forte base na aviação civil, além de atuação relevante em óleo & gás, agronegócio e dispositivos médicos. Engenheiro Mecânico. Mestre em Eng. Mecânica e Tecnologia de Materiais. Professor. Faculdade AEROTD. E-mail: bruno.bcas@gmail.com

² Tecnóloga em transporte aéreo. - Tecnóloga em Transporte Aéreo – AeroTD, 2025. Comissária de Voo – AeroTD (Código ANAC: 490810). CMA válido até 2029. Faculdade de Tecnologia AEROTD. Email: leticiawaterkemper2908@gmail.com

³ Professora universitária, Pesquisadora. Conteudista, Coordenadora de Pesquisas e Publicações na

Faculdade de Tecnologia AEROTD, Empresária, Graduada em Ciências Contábeis pela UFSC (1988). Doutoranda em Direitos Humanos na Unichristia(USA), Mestrado em Administração pela UNISUL (2010), MBA em Gestão e Desenvolvimento de Pessoas pela FGV/RJ (2002), Especialista em Auditoria pela UFSC (1992). Tem experiência na área de Coordenação, Consultoria, Assessoria na Educação Superior, Empresarial, Gestão de Negócios e de Pessoas.

E-mail: ednagvparente@hotmail.com.br

⁴ Bibliotecária e pesquisadora há mais de 32 anos, com atuação nas áreas de gestão e guarda de documentos. Atua também na organização e formatação de documentos acadêmicos. Atualmente, é Bibliotecária e pesquisadora na AEROTD. E-mail: mirian.barboza@aerotd.edu.br

ANALYSIS OF BRAZILIAN REGULATIONS FOR THE AIR TRANSPORT OF EXPLOSIVES AND THEIR IMPACT ON SAFETY

ABSTRACT

This work aimed to analyze the Brazilian regulations for the air transport of explosive materials (Class 1) and their impact on civil aviation operational safety. Specifically, it sought to analyze the national regulatory framework, covering classification, packaging, and handling requirements, as well as to evaluate the influence of these norms on accident prevention. To this end, a qualitative approach was adopted, developed through a bibliographic and documentary review, analyzing the Brazilian Civil Aviation Regulation (RBAC) No.175, NR-19, IATA manuals, and occurrence data from the SIPAER Panel between 2015 and 2025. The results indicated Brazil's high alignment with global standards (ICAO/IATA) and revealed the absence of reported serious accidents or incidents involving Class1 in the analyzed period, suggesting the system's effectiveness. It is concluded that the norms positively impact safety, establishing a robust system of multiple barriers (Swiss Cheese Model) effective in preventing adverse events, despite the challenges imposed on operational efficiency.

Keywords: *airtransport; explosives; operational safety; regulation.*

1 INTRODUÇÃO

Apresenta-se o tema da pesquisa, o problema a ser investigado, os objetivos a justificativa da sua relevância bem como a delimitação sobre as regulamentações brasileiras para o transporte aéreo de materiais explosivos (Classe 1) e seu impacto na segurança operacional da aviação civil.

A evolução da segurança na aviação e dos conceitos de fatores humanos tem origem na análise de erros e falhas operacionais registrados ao longo da história (Coelho *et al.*, 2023). Com base em relatórios oficiais de investigações, órgãos reguladores desenvolveram normas para reduzir ou eliminar a repetição desses modos de falha. Nesse contexto, o Brasil tornou-se signatário da Convenção de Aviação Civil Internacional, assinada em Chicago em 7 de dezembro de 1944, que estabelece as "Normas e Práticas Recomendadas" para padronizar e promover o desenvolvimento seguro da aviação civil mundial (ANAC; COMAER, 2019).

O transporte aéreo expandiu-se mundialmente após a Segunda Guerra Mundial, impulsionado pelos avanços tecnológicos e logísticos do período, tornando-se um meio amplamente utilizado devido à sua necessidade e praticidade (Pereira; Hauenstein; Friedrich, 2018). Entretanto, o transporte de carga perigosa, sobretudo a carga explosiva, exige cuidados, armazenamentos e manuseios específicos, por representar alto risco à segurança operacional (UFSC; MINFRA, 2020).

Esta pesquisa buscou analisar a regulamentação de segurança e operação de voo aplicada às cargas aéreas perigosas, com ênfase nas cargas explosivas no Brasil. A pesquisa busca compreender a aplicação dessas normas, de forma a assegurar maior segurança no transporte aéreo para todos os envolvidos no manuseio e contato com materiais explosivos.

O transporte inadequado de carga por via aérea é um dos fatores que contribuem para acidentes e incidentes na aviação mundial, o que torna necessária a classificação das cargas conforme o grau de risco, desde a embalagem até a chegada ao destino final, incluindo manuseio, precauções e operações corretas (LABTRANS; UFSC, 2020). A carga explosiva é classificada como restrita (Ashford *et al.*, 2015 apud LABTRANS; UFSC, 2020). Mendonça (2018) afirma que o transporte de cargas perigosas é responsável por 70% dos incidentes aéreos ocorridos nos porões das aeronaves, causados pelo transporte indevido. Devido ao crescimento do setor aéreo e aos riscos envolvidos, a IATA criou a Regulamentação Internacional de Transporte de Artigos Perigosos, e a ICAO formou equipes para analisar, regulamentar e recomendar normas aos países membros sobre o transporte de artigos perigosos, como materiais explosivos (Santos, 2016). A IATA publicou instruções para o transporte de carga aérea perigosa em 1956 e mantém

padrões atualizados até hoje (IATA, 2024). Segundo a IATA (2024), o transporte seguro de materiais perigosos tornou-se mais comum em razão de implementações e regras rígidas baseadas no mais elevado padrão de segurança da aviação mundial.

Para tanto a problemática que procura-se responder tem a seguinte pergunta de pesquisa: Quais regulamentações regem o transporte, embalagem, manuseio e operação de carga perigosa por via aérea, em especial a carga de materiais explosivos no Brasil e como elas impactam a segurança operacional e eficiência das operações aéreas?

Justifica-se o presente estudo, pois segundo a IATA (2019), o transporte aéreo tem uma enorme importância no crescimento e desenvolvimento econômico no Brasil, sendo responsável pela geração de aproximadamente 839 mil empregos, contribuindo com uma receita de US\$18,8 bilhões para o PIB brasileiro. Sabendo disso, a IATA percebe que investir em políticas favoráveis pode aumentar ainda mais seu impacto na sociedade durante os próximos anos.

A pesquisa delimita-se à análise das normas que regem o transporte de materiais explosivos por via aérea na aviação civil brasileira. A metodologia adotada foi a revisão bibliográfica e documental, fundamentada em legislações nacionais e internacionais publicadas por órgãos reguladores como a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), ICAO e IATA. Adicionalmente, foi realizado levantamento de dados oficiais no painel do Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA), com foco em ocorrências relacionadas a cargas explosivas. O trabalho restringiu-se ao âmbito técnico-regulamentário, sem aprofundamentos jurídicos ou econômicos, e sem pesquisas de campo como entrevistas ou visitas in loco. Temporalmente, a análise considerou as regulamentações vigentes e os registros de ocorrências no período de 2015 a 2025.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esta seção expõe a fundamentação teórica sobre a complexidade e os riscos do transporte aéreo de materiais explosivos. Parte-se da perspectiva histórica da evolução do transporte de cargas, para contextualizar o surgimento de regulamentações específicas. Na sequência, apresentam-se os conceitos e classificações de cargas perigosas, com ênfase na Classe 1 – Explosivos. Por fim,

introduz-se o arcabouço regulatório da atividade, com os principais órgãos normativos e os requisitos técnicos essenciais à segurança operacional.

2.1 O TRANSPORTE AÉREO DE CARGAS: UMA PERSPECTIVA HISTÓRICA E EVOLUTIVA

2.1.1 O Impulso da Segunda Guerra Mundial e o Pós-Guerra

A Segunda Guerra Mundial consolidou a aviação como um componente importantíssimo da guerra moderna, evidenciando grande poder bélico e avanço tecnológico em comparação com a Primeira Guerra Mundial. O conflito expandiu o poder de combate com o uso de caças e bombardeiros, criando um novo campo de batalha nos céus e proporcionando aeromobilidade à Força Terrestre. Nesse período, a disputa e a ganância em conflitos armados impulsionaram a ciência para o desenvolvimento de tecnologias mais mortais, marcando a história de diversas nações com a intensidade desse combate (Lamiz, 2022).

Segundo Lamiz (2022), as duas grandes guerras mundiais trouxeram tecnologias até então desconhecidas, com o campo de batalha se tornando um espaço para testar e mostrar invenções. Na Primeira Guerra Mundial, o avião era para único uso em missões de reconhecimento, mas evoluiu durante o conflito para transportar material bélico. Já durante a Segunda Guerra Mundial, observou-se um salto tecnológico significativo com o surgimento de aviões a jato, como o Me-262 e o Gloster Meteor, que trouxeram velocidades superiores às aeronaves a pistão. Além da evolução na propulsão e velocidade dos caças, o período também foi marcado pelo desenvolvimento de aeronaves de asas rotativas, essenciais para operações que exigiam maior versatilidade logística (Lamiz, 2022). Nesse contexto, destaca-se o desenvolvimento do primeiro helicóptero produzido em série, o Flettner Fl 282.

No Brasil, a Segunda Guerra Mundial levou à necessidade da criação do Ministério da Aeronáutica e da Força Aérea Brasileira (FAB) em 1941. A recém-criada FAB enfrentou desafios na construção de infraestrutura e capacitação de militares, sendo sua participação fundamental na campanha da Itália. Missões de patrulhamento do litoral contra submarinos alemães foram realizadas com aeronaves como A-28 Lockheed "Hudson", PV-1 "Ventura" e "Catalina". A atuação do 1º Grupo de Aviação de Caça na campanha da Itália, realizando bombardeios e oferecendo

apoio direto às forças terrestres, é considerada uma das partes gloriosas da história da Força Aérea Brasileira, demonstrando a importância da aviação nacional no contexto do conflito (Lamiz, 2022).

2.1.2 Fatores de Crescimento

O período pós-Segunda Guerra Mundial, com crescimento econômico global e avanço da globalização, redefiniu o cenário internacional e gerou novas demandas logísticas. A interação das cadeias de produção e a necessidade de transporte rápido e confiável, sobretudo para produtos de maior valor agregado como medicamentos, bens de luxo e componentes eletrônicos, fortaleceram o papel do transporte aéreo de cargas. Nesse contexto, ele se consolidou como componente essencial da logística moderna por oferecer agilidade para demandas urgentes e sincronização de operações globais, atendendo ao sistema just in time (ANAC, 2013).

Segundo a ANAC (2013), a evolução das economias e a expansão da globalização criaram a necessidade de otimizar o tempo entre produção e entrega, tornando velocidade e confiabilidade pilares da competitividade. A logística passou a exigir a minimização do intervalo entre produção e consumo, elevando o transporte aéreo à condição de peça-chave por garantir rapidez e previsibilidade na integração das cadeias de suprimentos globais. Diante dessas exigências, o modal aéreo emergiu como essencial para a cadeia de suprimentos moderna. Sua capacidade de alcançar mercados globais com velocidade o tornou solução ideal para mercadorias de alto valor, produtos perecíveis e operações com sincronização precisa. Assim, tornou-se indispensável para a eficiência e integração das cadeias de valor, conectando-se à sua relevância crescente no comércio exterior (ANAC, 2013).

2.1.3 Reconhecimento de Riscos e a Necessidade de Regulamentação Específica

O desenvolvimento do transporte de cargas aéreas, impulsionado por avanços tecnológicos e pela diversificação dos materiais transportados, fez do reconhecimento de riscos um pilar da segurança operacional. Materiais como

explosivos e demais cargas perigosas exigem entendimento aprofundado de seus perigos, que vão de ignição e explosão à liberação de substâncias tóxicas ou corrosivas, demandando armazenamento e manuseio específicos. Esse reconhecimento é base para medidas preventivas e regulamentações específicas que visam mitigar acidentes e incidentes (UFSC; LABTRANS; MINFRA, 2020).

Conforme o relatório metodológico de UFSC, LabTrans e MINFRA (2020), a compreensão dos riscos de cargas perigosas, como materiais explosivos, mostra que abordagens genéricas são inadequadas, pois essas cargas estão sujeitas a severas restrições governamentais e exigem regulamentações próprias. Normas genéricas não atendem às particularidades de cada classe de risco, que requer procedimentos diferenciados de embalagem, manuseio e transporte. Assim, a instabilidade, sensibilidade e potencial destrutivo desses materiais impõem normas específicas para garantir a segurança em todas as etapas logísticas (UFSC; LABTRANS; MINFRA, 2020). Diante da complexidade do transporte de cargas aéreas sensíveis, a regulamentação específica é ferramenta indispensável para gestão de riscos e segurança operacional. Normas detalhadas definem requisitos de classificação, embalagem, rotulagem, manuseio e armazenamento seguro, com objetivo de prevenir incidentes e proteger pessoas, aeronaves e meio ambiente. A conformidade é crucial para manter nível aceitável de segurança e eficiência das operações, protegendo a cadeia logística e garantindo harmonia com a legislação internacional (UFSC; LABTRANS; MINFRA, 2020).

2.2 CARGAS PERIGOSAS NO TRANSPORTE AÉREO: CONCEITOS E CLASSIFICAÇÕES

Segundo Miranda (2011), o transporte aéreo de cargas inclui mercadorias que, por suas propriedades físico-químicas ou biológicas, apresentam riscos à saúde, à segurança, à propriedade ou ao meio ambiente durante o transporte ou manuseio. Por isso, a classificação rigorosa desses materiais é essencial. Essa classificação segue sistemas globalmente reconhecidos pela Organização das Nações Unidas (ONU) e categoriza as mercadorias perigosas em nove classes, conforme o Quadro 1.

Quadro 1 –Categorização das mercadorias perigosas

Categoria	Descrição
Classe 1	Abrange os materiais explosivos subdivididos em seis divisões, refletindo a gradação de perigos como explosão em massa ou projeção
Classe 2	Inclui gases (inflamáveis, não inflamáveis/atóxicos, tóxicos)
Classe 3	Líquidos inflamáveis
Classe 4	Sólidos com diferentes riscos de inflamabilidade e reatividade
Classe 5	Inclui oxidantes e peróxidos orgânicos
Classe 6	Substâncias tóxicas e infecciosas
Classe 7	Materiais radioativos categorizados por seu nível de radiação
Classe 8	Substâncias corrosivas
Classe 9	Artigos perigosos genéricos que não se encaixam nas demais categorias

Fonte: United Nations (2015).

A correta identificação e classificação são cruciais para aplicar normas específicas de embalagem, manuseio e transporte aéreo, garantindo segurança operacional. O documento do CENIPA destaca que a Classe 1 varia de risco de explosão em massa a artigos extremamente insensíveis, a Classe 6 trata de substâncias infecciosas e a Classe 7, de materiais radioativos por nível de radiação. A natureza particular de cada material, como a inflamabilidade dos gases da Classe 2, a corrosividade da Classe 8 ou a toxicidade da Classe 6, exige procedimentos que atendam às suas propriedades para prevenir acidentes e proteger a cadeia logística (MIRANDA, 2011).

2.2.1 Classe 1: Explosivos e suas Subdivisões

De acordo com Miranda (2011), a Classe 1 da classificação de mercadorias perigosas abrange os materiais explosivos, que representam um dos maiores desafios para a segurança no transporte aéreo devido à sua natureza de risco e perigosa. Devido à grande variedade de substâncias e artigos que se enquadram nesta classe, e a diversidade de perigos que apresentam (desde ignição e decomposição até o desprendimento de gases tóxicos ou inflamáveis), torna-se fundamental uma subdivisão detalhada. Esta segmentação permite entender estas divisões e é essencial para a aplicação correta das regulamentações, garantindo que as medidas de segurança sejam adequadas para cada cenário de risco, desde o manuseio até o transporte mais preciso dos riscos específicos associados a cada

tipo de explosivo.

A classificação dos explosivos é feita em seis divisões, refletindo a necessidade para distinguir os diferentes níveis de perigo inerentes a esses materiais (IATA, 2013): a) Classe 1.1: Artigos e substâncias com risco de explosão em massa (uma explosão em massa é aquela que afeta quase toda a carga de forma praticamente instantânea no caso da dinamite); b) Classe 1.2: Artigos e substâncias que apresentam risco de projeção, mas não risco de explosão em massa no caso da granada; c) Classe 1.3: Artigos e substâncias que apresentam risco de incêndio e risco de explosão leve ou risco de projeção leve, ou ambos, mas não risco de explosão em massa. A classe 1.3 compreende artigos e substâncias que dão origem a um calor radiante considerável; ou queimam um após o outro, produzindo pequenos efeitos de explosão e/ou projeção, no caso de fogos de artifícios; d) Classe 1.4: Artigos e substâncias que não apresentam perigo significativo. Esta divisão compreende artigos e substâncias que apresentam apenas um pequeno perigo em caso de ignição ou iniciação durante o transporte. Os efeitos limitam-se em grande parte à embalagem e não se espera a projeção de fragmentos de tamanho ou alcance apreciáveis. Um incêndio externo não deve causar explosão praticamente instantânea de quase todo o conteúdo da embalagem, no caso de cartuchos para armas; e) Classe 1.5: Substâncias muito insensíveis, com risco de explosão em massa, que são tão insensíveis que há muito pouca probabilidade de iniciação ou de transição da combustão para a detonação em condições normais de transporte, como mistura de nitrato de amônio e óleo combustível; f) Classe 1.6: Artigos extremamente insensíveis que não apresentam risco de explosão em massa. Esta divisão abrange artigos que contêm apenas substâncias extremamente insensíveis e que demonstram uma probabilidade insignificante de iniciação ou propagação acidental. O risco dos artigos desta divisão é limitado à explosão de um único artigo, no caso das substâncias tóxicas e infecciosas.

A compreensão detalhada dessas seis divisões evidencia que a Classe 1 não é homogênea, apresentando riscos que variam drasticamente. Essa categorização precisa transcender a formalidade burocrática, constituindo-se no alicerce técnico da segurança operacional. Conforme diretriz do RBAC 175 (ANAC, 2018), é a correta identificação da divisão de risco que determinará todas as barreiras de proteção subsequentes, como o tipo de embalagem e as distâncias de segregação, assegurando que o transporte aéreo ocorra dentro dos limites aceitáveis de

segurança.

2.2.2 A atuação da ANAC e o Sistema Normativo Brasileiro

No cenário da aviação civil brasileira, a ANAC desempenha o papel central de órgão normativo, com responsabilidades cruciais que se estendem à regulamentação do transporte aéreo de materiais de alto risco, como os explosivos. A sua principal função é a criação e fiscalização de normas técnicas e de segurança rigorosas, abrangendo desde a classificação e embalagem até o manuseio dos materiais, visando garantir a segurança operacional e a proteção de todos os envolvidos (ANAC; COMAER, 2019). O principal instrumento para essa finalidade é o Regulamento Brasileiro de Aviação Civil (RBAC) nº 175, que detalha as diretrizes específicas para o transporte de artigos perigosos, alinhando às práticas globais (RBAC 175, 2018).

Um princípio fundamental da atuação da ANAC é a conformidade com os padrões internacionais, servindo como elo para incorporar as diretrizes globais ao contexto nacional. Seguindo as "Normas e Práticas Recomendadas" (SARPs) da ICAO e os padrões da IATA, a Agência estabelece os requisitos detalhados para classificação, documentação e treinamento obrigatório. Essa adaptação das normas internacionais permite que o Brasil mantenha seus padrões de segurança em conformidade com as melhores práticas globais, o que é essencial para a gestão segura desses materiais (ANAC; COMAER, 2019).

Complementando a atuação normativa da ANAC, o Comando da Aeronáutica (COMAER) também desempenha um papel relevante na supervisão da segurança das operações aéreas. Embora o RBAC 175 estabeleça os requisitos diretos para os artigos perigosos, o COMAER, através de suas próprias normas, assegura a conformidade dos aeródromos e do espaço aéreo com os preceitos de segurança e defesa, que impactam diretamente o trânsito de materiais sensíveis (ANAC; COMAER, 2019). A articulação entre as regulamentações da ANAC e as diretrizes do COMAER resulta, portanto, em um sistema regulatório integrado e indispensável para a gestão segura e eficaz do transporte aéreo de materiais explosivos no Brasil (ANAC; COMAR, 2019).

2.2.3 Requisitos Técnicos para o Transporte de Materiais Explosivos

O transporte de materiais explosivos por via aérea é uma operação de alta criticidade, sujeita a regulamentações rigorosas para mitigar os riscos inerentes a essas substâncias. O reconhecimento de que essas mercadorias, classificadas na Classe 1, apresentam diversos riscos, como o de explosão em massa ou projeção (CENIPA, 2011), torna essencial o cumprimento de requisitos técnicos específicos em todas as etapas do processo. Desta forma, desde a classificação correta e a embalagem homologada até o manuseio seguro e a documentação detalhada, essas exigências, estabelecidas por órgãos como a ANAC através do RBAC 175, visam assegurar que os materiais explosivos sejam acomodados de maneira segura, identificados corretamente e manuseados de acordo com seu potencial de perigo, minimizando qualquer risco à aeronave, à tripulação e ao meio ambiente (RBAC 175, 2018).

2.2.4 Embalagens Adequadas

O transporte aéreo de materiais explosivos exige o cumprimento rigoroso de normas nacionais e internacionais de segurança em todas as etapas, desde a embalagem até o carregamento. Essas diretrizes garantem o acondicionamento seguro e a identificação correta dos materiais para proteger a aeronave, os passageiros e o meio ambiente (IATA, 2013; RBAC 175, 2018). Diante disso, a qualidade e a resistência das embalagens são cruciais para suportar as condições de voo; por isso, regulamentações específicas estipulam os materiais permitidos e os testes de performance obrigatórios para evitar vazamentos ou falhas estruturais (IATA, 2013).

A adequação da embalagem para materiais explosivos vai além de sua qualidade intrínseca, demandando aprovação e homologação específicas para cada tipo de substância. Regulamentos como os da IATA (2013) e o RBAC 175 da ANAC exigem que as embalagens sejam previamente testadas e certificadas de acordo com os rigorosos procedimentos de desempenho estabelecidos pelo manual da ONU e pela própria IATA. Essa adequação entre embalagem e conteúdo, com materiais internos que protejam o material de quebras, vazamentos ou reações químicas indesejadas, é fundamental para prevenir a iniciação acidental e garantir a

segurança da carga e da operação aérea como um todo (IATA, 2013; RBAC 175, 2018).

2.2.5 Marcação e Rotulagem Específica

A marcação e a rotulagem adequadas em embalagens de materiais explosivos são essenciais para a segurança no transporte aéreo. Elas exigem a aplicação de pictogramas de perigo (Classe 1), número ONU, peso e instruções de manuseio. A precisão nessas informações previne acidentes graves e garante a segregação correta de cargas incompatíveis, conforme normas técnicas específicas (IATA, 2013; RBAC 175, 2018)

A precisão e a clareza nas marcações e etiquetas das embalagens de explosivos têm, portanto, um impacto direto na segurança operacional do transporte aéreo. Uma rotulagem inadequada ou ausente pode levar a manuseio incorreto, falha na segregação de cargas incompatíveis ou atrasos na resposta a emergências, aumentando consideravelmente o risco de acidentes (RBAC 175, 2018). Um exemplo visual dessa identificação de risco pode ser observado na Figura 10.

Figura 10 – Etiqueta para Artigo perigoso Classe 1.1



Fonte: Seton (2019).

Além da identificação visual, a conformidade com as normas de marcação e rotulagem, que devem seguir os padrões da ICAO e IATA, é um componente intrínseco da gestão de riscos. Para sistematizar essas exigências, o Quadro 2 detalha os elementos essenciais sobre o tema, abordando os tipos de etiquetas e marcas obrigatórias para a Classe 1. Garantir que cada embalagem de explosivo esteja corretamente identificada com esses elementos é uma responsabilidade compartilhada que contribui diretamente para a prevenção de incidentes e para a

segurança de todo o sistema de transporte aéreo (RBAC 175, 2018).

Quadro 2 – Detalhamento das Marcas e Etiquetas Obrigatórias para a Classe 1 (Explosivos)

Tipo de Marcação/Etiqueta	Finalidade e Descrição
Etiqueta de Risco (Classe 1)	Pictograma universal que identifica o perigo "explosivo". Detalha o risco através da Divisão (1.1 a 1.6) e orienta a Segregação através do Grupo de Compatibilidade(A-S).
Número ONU	Código numérico universal de quatro dígitos que identifica a substância. Essencial para a correta classificação e consulta de procedimentos de emergência.
Nome Apropriado para Embarque	Designação técnica padronizada do material explosivo. Deve estar claramente visível na embalagem, em conjunto com o Número ONU.
Marcação de Quantidade Líquida/Peso	Indica a quantidade exata (peso líquido) do material explosivo contido e, quando aplicável, o peso bruto Máximo da embalagem. Requisito obrigatório.
Marcas de Especificação da Embalagem	Códigos que atestam que a embalagem foi testada, Aprovada e cumpre os rigorosos padrões de desempenho da ONU para o transporte de explosivos.
Etiquetas/Marcas de Manuseio	Instruções adicionais necessárias para a estabilidade da carga, como "Manterna Vertical", "Proteger do Calor" ou "Manter Refrigerado".

Fonte: RBAC175 (2018).

Dessa forma, o sistema de marcação e rotulagem detalhado no Quadro 2 funciona como uma linguagem visual universal para a comunicação de riscos. Ao exigir a exibição clara da identidade da substância, como o Número ONU e o Nome Apropriado para Embarque, juntamente com a natureza específica do perigo, através das Etiquetas de Risco, o regulamento garante o reconhecimento imediato da carga. O cumprimento rigoroso desses requisitos é, portanto, indispensável para permitir o manuseio correto, a segregação adequada e a prevenção de acidentes durante toda a operação de transporte aéreo (RBAC 175, 2018).

2.2.6 Documentação Essencial

O transporte aéreo de materiais explosivos exige uma documentação completa e precisa, que serve como pilar para a comunicação de informações críticas e para a garantia da conformidade regulatória. Esta documentação assegura que todas as partes envolvidas no processo (expedidor, operador aéreo, pessoal de manuseio e autoridades) tenham acesso a dados essenciais sobre a natureza do

material e seus riscos específicos (RBAC 175, 2018). Os principais documentos que compõem essa rigorosa cadeia de conformidade estão detalhados no Quadro 3.

Quadro 3 – Documentação essencial para o Transporte Aéreo da Classe 1

Documento	Descrição e Finalidade
Declaração do Expedidor (<i>Shipper's Declaration</i>)	Pilar do processo. Documento obrigatório onde o expedidor certifica que a carga foi corretamente identificada, classificada, embalada e etiquetada conforme as normas vigentes (ANAC, ICAO, IATA DGR) representada na Figura 11.
Conhecimento Aéreo (<i>Air Waybill-AWB</i>)	Formaliza o contrato de transporte. Deve conter as informações essenciais sobre o artigo perigoso, como o Número ONU e a quantidade, confirmando a aceitação da carga pelo operador aéreo.
Certificado de Aprovação de Embalagem	Garante a segurança física da carga. Atesta que a embalagem foi submetida e aprovada em rigorosos testes de desempenho e é homologada pela ANAC ou outra autoridade reconhecida.
Notificação ao Comandante (NOTOC)	Indispensável para a segurança em voo. Informa à tripulação sobre a presença, tipo, quantidade e localização exata dos explosivos a bordo, sendo crucial para os procedimentos de emergência.
Manuais de Referência (Obrigatórios)	Regem todo o sistema. Operadores aéreos e de terminais de carga devem ter acesso e utilizar as versões atualizadas do DOC. 9284-AN/905 da ICAO e da regulamentação da IATA.
Licenças Específicas F	Adicionam uma camada extra de controle. Podem ser exigidas autorizações prévias de outros órgãos competentes, dependendo da natureza do explosivo e da operação.

Fonte: RBAC 175 (2018).

A análise dos requisitos apresentados no quadro acima revela que a responsabilidade pela segurança é compartilhada, iniciando-se com a certificação do expedidor e permeando todas as etapas da operação, até a notificação final ao comandante da aeronave. Dentre esses documentos, destaca-se a Declaração do Expedidor (*Shipper's Declaration*), pois é nela que se atesta formalmente o cumprimento de todas as normas de embalagem e rotulagem (RBAC 175, 2018). A Figura 11 exemplifica o modelo padrão deste documento, evidenciando os campos críticos que devem ser preenchidos para garantir a aceitação da carga.



Figura11 – Declaração do Expedidor

SHIPPER'S DECLARATION FOR DANGEROUS GOODS

Shipper

Air Waybill No. _____

Page _____ of _____ Pages

Shipper's Reference No. _____ (optional)

Consignee

Two completed and signed copies of this Declaration must be handed to the operator.

TRANSPORT DETAILS

This shipment is within the limitations prescribed for: ☐ (delete non-applicable) ☐ XXXX

Airport of Departure (optional): _____

Airport of Destination (optional): _____

Shipment type: (delete non-applicable) ☐ XXXX ☐ XXXX ☐ XXXX

NATURE AND QUANTITY OF DANGEROUS GOODS

UN Number or Identification Number, Proper Shipping Name, Class or Division (subsidiary hazard), Packing Group (if required) and all other required information.

Additional Handling Information

I hereby declare that the contents of this consignment are fully and accurately described above by the proper shipping name, and are classified, packaged, marked and labelled/placarded, and are in all respects in proper condition for transport according to applicable international and national governmental regulations. I declare that all of the applicable air transport requirements have been met.

Name of Signatory: _____

Date: _____

Signature (See warning above): _____

Fonte: UPS, (s.d.).

O transporte aéreo de explosivos requer adesão estrita a normas nacionais e internacionais em todo o processo logístico para proteger o voo, as pessoas e o meio ambiente (IATA, 2013; RBAC 175, 2018). Por isso, as embalagens devem possuir alta resistência e qualidade certificada por testes de performance rigorosos, prevenindo falhas estruturais ou vazamentos sob condições de voo (IATA, 2013).

2.3 PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS E DE SEGURANÇA

O transporte aéreo de materiais explosivos exige a estrita observância de procedimentos operacionais e de segurança em todas as etapas, desde o manuseio inicial até o carregamento na aeronave, visando mitigar os riscos inerentes a essas substâncias. A Norma Regulamentadora nº 19 (NR-19), ao detalhar requisitos de segurança e saúde em todas as etapas de fabricação, manuseio, armazenamento e transporte de explosivos, enfatiza a necessidade de procedimentos claros para a prevenção de acidentes e para a gestão de riscos de incêndio e explosão (BRASIL,

2022). Esses procedimentos, que abrangem desde o manuseio cuidadoso até a segregação de materiais incompatíveis e planos de emergência, são o elo prático que transforma as regulamentações em ações concretas de prevenção, assegurando a proteção da aeronave, da tripulação, dos passageiros e do meio ambiente.

2.3.1 Manuseio e Procedimento Seguro

O transporte aéreo de materiais explosivos depende do cumprimento rigoroso de normas técnicas nacionais e internacionais em todas as etapas logísticas, abrangendo desde a embalagem até o manuseio e o carregamento. Essas diretrizes regulatórias servem para mitigar os riscos inerentes aos produtos perigosos, garantindo a correta identificação e o acondicionamento seguro para proteger a integridade da aeronave, da tripulação, dos passageiros e do meio ambiente (IATA, 2013; RBAC 175, 2018).

Dentro desse fluxo operacional, a qualidade e a resistência física das embalagens atuam como fatores críticos de segurança em solo e no ar. Regulamentações internacionais específicas detalham as matérias-primas construtivas autorizadas e exigem testes de performance rigorosos para certificar que os recipientes suportem as pressões e condições do voo, prevenindo vazamentos, reações químicas adversas ou falhas na estrutura (IATA, 2013).

Para garantir um nível de segurança operacional elevado, os procedimentos de manuseio, carregamento e descarregamento de materiais explosivos devem ser integrados e reforçados por medidas de segurança adicionais. Isso inclui a proibição de ferramentas que gerem centelhas ou calor, o uso de calçados e ferramentas adequadas, e a proteção contra umidade e luz solar direta. A atenção a cada detalhe desses procedimentos operacionais, desde a recepção até o embarque ou desembarque, é o que efetivamente previne acidentes e garante que o transporte de explosivos ocorra de forma segura e controlada (RBAC 175, 2018; BRASIL, 2022).

2.3.2 Armazenamento e Segregação

O armazenamento temporário de explosivos em aeroportos exige infraestrutura apropriada e gestão rígida de riscos. Conforme o RBAC 175 da ANAC

e a NR 19, as áreas de movimentação dessas cargas devem ser delimitadas, identificadas e dotadas de ventilação e sistemas de combate a incêndio (RBAC 175, 2018; BRASIL, 2022). Atender a essas exigências previne explosões acidentais ou reações com outras mercadorias, mantendo a segurança até o embarque ou a entrega (RBAC 175, 2018; BRASIL, 2022).

A segregação de explosivos e demais cargas perigosas no armazenamento impede reações químicas adversas entre os materiais. Com base na tabela de incompatibilidades da ICAO, o RBAC 175 e a NR 19 determinam que artigos da Classe 1 de diferentes divisões ou grupos de compatibilidade permaneçam separados, sem contato direto ou proximidade de risco (RBAC 175, 2018; BRASIL, 2022). A execução correta dessa separação evita que a instabilidade de um item cause acidentes, preservando as mercadorias e a segurança aeroportuária (RBAC 175, 2018; BRASIL, 2022).

A segurança no manuseio e na guarda temporária de explosivos em aeroportos vai além da infraestrutura e da segregação, exigindo controles operacionais contínuos e medidas de prevenção específicas. Isso inclui a proibição de atividades de risco, como fumar ou utilizar ferramentas que possam gerar faíscas em áreas de manuseio, o uso de calçados e ferramentas adequadas, e a proteção contra umidade e luz solar direta, procedimentos estes detalhados na NR19 (BRASIL, 2022). O RBAC 175 da ANAC, por sua vez, reforça a necessidade de áreas de armazenamento pré-definidas e identificadas, equipadas com sistemas de combate a incêndio adequados, que são indispensáveis para o controle dos riscos associados aos explosivos, assegurando a segurança em todo o ambiente aeroportuário (RBAC 175, 2018).

2.3.3 Treinamento e Capacitação Pessoal

O treinamento e a certificação contínuos dos profissionais são fundamentais para evitar erros humanos e garantir a segurança no transporte de explosivos da Classe 1. Essa capacitação aborda desde conceitos gerais de cargas perigosas até regras específicas de embalagem, manuseio e emergências (RBAC 175, 2018; IATA, 2019). No cenário nacional, o RBAC 175 alinha-se às diretrizes da ICAO para exigir reciclagens periódicas, fixadas em até 24 meses para a maioria das funções e reduzidas para 12 meses no caso de tripulantes e despachantes operacionais

(RBAC 175, 2018).

Portanto, investir na capacitação contínua e na certificação do pessoal é investir na robustez da segurança operacional do transporte aéreo de materiais explosivos. A qualificação assegura a correta aplicação dos procedimentos de manuseio, embalagem, separação e resposta a emergências, reduzindo a probabilidade de erros humanos e garantindo a conformidade com as exigências regulatórias. Ao manter o pessoal atualizado através de treinamentos e reciclagens periódicas, as organizações asseguram que a segurança seja uma prioridade constante em todas as operações que envolvem materiais de alto risco (RBAC 175, 2018; IATA, 2019).

2.3.4 Plano de Emergência para Incidentes

O RBAC nº 175 estabelece as obrigações dos operadores de transporte aéreo diante de ocorrências adversas com artigos perigosos. O regulamento define que o operador deve responder obrigatoriamente a emergências, acidentes ou incidentes que envolvam esses materiais, ocorram eles em voo ou em solo (RBAC 175, 2018). Desse modo, contar com procedimentos claros voltados à mitigação de riscos constitui um elemento indispensável para manter a segurança operacional (RBAC 175, 2018).

O regulamento ainda direciona as ações de resposta, especificando que, na ocorrência de incidentes ou acidentes, "deverão ser adotados os procedimentos previstos no DOC. 9481-AN/928". Para assegurar a preparação da tripulação, a NOTOC deve conter as "informações de resposta a uma emergência" e estar prontamente disponível durante o voo. O documento ainda determina que, após a ocorrência, "deve-se dar o devido tratamento ao resíduo oriundo de incidente ou acidente", visando o menor impacto ambiental possível.

Além da resposta imediata, o RBAC nº 175 (2018) define obrigações claras de reporte e de infraestrutura. Os operadores de transporte aéreo e os operadores de terminais de carga devem encaminhar à ANAC a "notificação de incidente/acidente com artigo perigoso" no prazo máximo de 24 horas após o ocorrido. Os terminais de carga, por sua vez, devem possuir uma infraestrutura mínima de emergência, incluindo "dispositivo apropriado para neutralizar eventual foco de incêndio" e "fonte d'água apropriada para neutralizar eventual contaminação

a uma pessoa". Os principais elementos que compõem essas exigências estão consolidados no Quadro 4.

Quadro 4 – Requisitos de Resposta a Emergências

Categoria da Ação	Requisitos Essenciais
Procedimento Padrão	Adoção dos procedimentos previstos no DOC.9481-AN/928 da ICAO para incidentes em voo ou em terra.
Responsabilidade Operacional	O Operador de Transporte Aéreo é responsável por "responder às emergências necessárias" em caso de incidente/acidente.
Informação a Bordo	O NOTOC deve conter as "informações de resposta a uma emergência" e estar disponível.
Procedimento de Notificação	O operador de transporte aéreo e de terminal de carga devem notificar a ANAC sobre o incidente/acidente no prazo máximo de 24 horas.
Infraestrutura (Terminal de Carga)	O terminal deve possuir "dispositivo apropriado para Neutralizar eventual foco de incêndio" e "fonte d'água apropriada para neutralizar eventual contaminação".
Pós-Incidente	Obrigatoriedade de daro "devido tratamento ao resíduo oriundo de incidente ou acidente", visando o menor impacto ambiental.

Fonte: RBAC175 (2018).

Fica evidente, portanto, que o RBAC nº 175 estabelece um sistema de resposta a emergências que integra múltiplos atores e fases. Este sistema abrange desde a informação prévia disponibilizada à tripulação por meio da NOTOC, passando pela infraestrutura de mitigação exigida em solo nos terminais de carga, até os procedimentos obrigatórios de notificação às autoridades e tratamento de resíduos pós-incidente. A correta aplicação de todos esses procedimentos é fundamental para conter os riscos inerentes aos artigos perigosos e assegurar a segurança operacional em todas as etapas do transporte (RBAC 175, 2018).

2.4 IMPACTO NA SEGURANÇA OPERACIONAL E EFICIÊNCIA DO TRANSPORTE AÉREO

No cenário brasileiro, o transporte aéreo de cargas desempenha um papel crucial para o desenvolvimento econômico e social, impulsionado pela globalização e pela demanda por agilidade, conforme destacado por estudos sobre o setor (UFSC/LABTRANS/MINFRA, 2020). Contudo, a natureza de certos materiais, como os explosivos, exige um rigoroso quadro regulatório para garantir a segurança

operacional e a eficiência logística.

O Brasil, através de regulamentos como o RBAC 175 da ANAC e a NR 19, busca harmonizar suas práticas com padrões globais estabelecidos pela ICAO e IATA, que normatizam desde a classificação e embalagem até o manuseio e transporte desses artigos perigosos (ANAC, 2018; BRASIL, 2022; IATA/ICAO, 2024). Nesta seção, faremos uma análise sobre como essas normativas impactam diretamente a prevenção de acidentes, a mitigação de riscos inerentes a essas cargas e a otimização dos processos dentro da cadeia de suprimentos aérea, demonstrando a relevância da conformidade para a segurança e a eficiência do modal.

2.4.1 Incidentes Contribuição para a Prevenção de Acidentes

A ação preventiva das regulamentações no transporte aéreo de explosivos manifesta-se através de uma abordagem multifacetada, cobrindo desde a concepção do produto até sua movimentação final. A exigência de embalagens homologadas, por exemplo, não é apenas um requisito formal, mas um pilar preventivo que assegura a contenção segura do material em condições adversas de voo, como variações de pressão e temperatura, minimizando o risco de vazamentos ou reações indesejadas (ANAC, 2018).

Da mesma forma, a especificação de marcações e etiquetas de risco claras e padronizadas funciona como um alerta visual imediato para todos os envolvidos na cadeia logística, garantindo que a carga perigosa seja tratada com o devido cuidado e que as precauções necessárias sejam tomadas em cada etapa do manuseio e armazenamento (ANAC, 2018). Outro aspecto preventivo crucial reside na rigorosa classificação e segregação dos materiais. Regulamentos como o RBAC 175 e a NR 19, com base nas diretrizes da ICAO e da IATA, detalham os grupos de compatibilidade e as distâncias mínimas de segurança necessárias tanto para o armazenamento quanto para o transporte (ANAC, 2018; BRASIL, 2022; IATA/ICAO, 2024).

Essa segregação previne que materiais incompatíveis sejam colocados próximos uns dos outros, o que poderia, em caso de incidente, desencadear reações em cadeia ou potenciais explosões. ANR 19, ao estabelecer tabelas específicas de distâncias entre depósitos e de quantidades máximas permitidas, busca isolar o

risco, limitando a propagação de um eventual acidente (BRASIL, 2022).

Além disso, a prevenção é reforçada pela exigência de treinamento e capacitação contínua do pessoal. Ao garantir que todos os envolvidos (desde o expedidor até a tripulação e o pessoal de manuseio em terra) possuam conhecimento atualizado sobre os riscos, procedimentos de segurança e ações de emergência, as regulamentações minimizam a falha humana, um dos principais fatores sem acidentes. A obrigatoriedade de reciclagens periódicas, a qual é enfatizada tanto pelo RBAC 175 quanto pelas recomendações da IATA, assegura que o conhecimento sobre as melhores práticas e as atualizações regulatórias esteja sempre presente (ANAC, 2018; IATA/ICAO, 2024). Paralelamente, os planos de emergência detalhados e os procedimentos de reporte de incidentes criam um sistema de resposta rápida e de aprendizado contínuo, permitindo que as falhas sejam corrigidas e que medidas preventivas adicionais sejam implementadas, fortalecendo a cultura de segurança (ANAC, 2018; BRASIL, 2022).

2.4.2 Segurança Operacional e a Mitigação de Riscos

Para a Mitigação de risco existem exigências de segurança operacional que perpassam pelas exigências técnicas e as normativas vigentes utilizam salvaguardas técnicas para mitigar os riscos das propriedades perigosas dos explosivos. Conforme estabelecido pelo RBAC 175 e pela NR 19, as diretrizes exigem a classificação correta das substâncias, o uso de embalagens homologadas para as condições de voo, a segregação de materiais incompatíveis e o cumprimento de distâncias de segurança (ANAC, 2018; BRASIL, 2022).

A importância do cumprimento dos procedimentos operacionais junto a atenção à documentação produz a redução da probabilidade de acidentes é mantida por meio de rotinas operacionais padronizadas, que incluem o manuseio com ferramentas, restrição de fontes de ignição e controle de acesso de pessoal (ANAC, 2018; BRASIL, 2022).

Além disso, documentos como a Declaração do Expedidor e a NOTOC garantem a comunicação transparente dos riscos à tripulação e às equipes de solo, sendo fundamentais para a gestão da carga e respostas a emergências (ANAC, 2018). Então, se a segurança operacional e a logística forem integradas e de acordo com os regulamentos, em uma perspectiva ampla, as regulamentações visam

proteger a vida, as aeronaves e o meio ambiente por meio da inspeção de veículos, rastreamento de cargas, capacitação de profissionais e planos de emergência testados. Esse alinhamento normativo garante que toda a cadeia logística atue dentro de parâmetros aceitáveis de segurança operacional exigidos pela aviação civil (ANAC, 2018; BRASIL, 2022; IATA/ICAO, 2024).

2.4.3 A Evolução Contínua das Regulamentações

A natureza dinâmica do transporte aéreo e a inerente periculosidade dos materiais transportados, especialmente os explosivos, impulsionam um processo contínuo de revisão e atualização das regulamentações de segurança. Avanços tecnológicos na fabricação de explosivos, na engenharia de aeronaves e em sistemas de segurança, bem como a análise aprofundada de ocorrências aeronáuticas passadas, são fatores que levam os órgãos reguladores nacionais e internacionais a aprimorar constantemente suas diretrizes. O próprio RBAC 175 da ANAC, que já sofreu emendas, e as atualizações periódicas das "Instruções Técnicas" da ICAO e do DGR da IATA, são exemplos claros dessa evolução, que busca incorporar novas descobertas e melhores práticas para elevar o nível de segurança operacional (ANAC, 2018; IATA/ICAO, 2024).

Essa constante evolução regulatória exige uma adaptação contínua por parte de todos os envolvidos na cadeia de transporte de cargas perigosas. Operadores de transporte aéreo, terminais de carga, expedidores e profissionais de manuseio precisam estar atentos às modificações nas regras de classificação, embalagem, marcação, documentação e procedimentos operacionais. O NR 19, que trata especificamente de explosivos, também passa por atualizações, refletindo a necessidade de adequação às novas realidades e conhecimentos técnicos sobre o manuseio seguro dessas substâncias (Brasil, 2022). Manter-se atualizado não é apenas uma exigência legal, mas uma necessidade para garantir a conformidade, evitar penalidades e, fundamentalmente, assegurar a segurança das operações.

Diante desse cenário de aprimoramento constante, a busca por maior segurança torna-se o principal gatilho para as mudanças regulatórias. A análise de incidentes, a incorporação de novas tecnologias de segurança e a harmonização com padrões internacionais, como promovido pela cooperação entre IATA e ICAO, são mecanismos essenciais para adaptar as normas às ameaças e aos desafios

emergentes. Para os profissionais da área, isso se traduz na necessidade de atualização constante por meio de treinamentos e reciclagens, garantindo que estejam sempre preparados para operar em conformidade com os mais elevados padrões de segurança exigidos no transporte aéreo de materiais explosivos.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este capítulo detalha os procedimentos metodológicos utilizados para analisar a regulamentação do transporte de explosivos na aviação civil brasileira e o seu impacto na segurança operacional. A estrutura da pesquisa adota uma abordagem qualitativa, fundamentando-se em fontes bibliográficas e documentos oficiais.

3.1 TIPO DE PESQUISA

A abordagem foi qualitativa, pois o estudo foca na compreensão e interpretação aprofundada do sistema de normas e de sua eficácia no transporte de explosivos, prescindindo de medições estatísticas (Neves, 1996). Os fins foram descritivos e exploratórios já que a pesquisa expõe as características do arcabouço regulatório e explora como essas normas atuam como variáveis independentes que impactam a segurança operacional (Gil, 2002). Como procedimento técnico utilizou-se a pesquisa bibliográfica para embasar a fundamentação teórica por meio de materiais já elaborados (Gil, 2002). Complementarmente, aplicou-se a pesquisa documental sobre fontes primárias não analisadas, englobando regulamentos (RBAC 175), manuais (IATA DGR) e dados do Painel SIPAER (Gil, 2002).

3.2 PROCEDIMENTOS PARA COLETA DE DADOS

A estruturação da coleta foi por meio de levantamento de dados e dividiu-se entre a busca bibliográfica para suporte teórico e a coleta documental voltada aos objetos analíticos, com o processo de afunilamento detalhado no Quadro 5.

Quadro 5 – Metodologia de Coleta e Seleção de Dados

Etapa	O quê?	Resultado
1	Busca Bibliográfica Inicial	Levantamento em bases de dados (IATA, ICAO, ANAC) usando os descritores: "transporte de carga perigosa", "carga explosiva Classe 1", "RBAC 175", "dangerous goods", etc. Resultado: Identificação de 110 fontes (artigos, TCCs, manuais).
2	Triagem Bibliográfica	Exclusão por título e resumo dos documentos que não abordavam o transporte aéreo ou focavam exclusivamente em outros assuntos sobre esse tema. Resultado: Exclusão de 70 documentos
3	Avaliação Bibliográfica	Análise detalhada dos 40 documentos restantes. Resultado: Seleção de 22 fontes acadêmicas centrais para compor a Fundamentação Teórica.
4	Coleta Documental (Primária)	Busca direcionar dados portais oficiais para obter os documentos-objeto da análise. Resultado: Seleção dos 4 documentos base de dados e como centro do trabalho: RBAC175, NR-19, IATA, DGR e Painel SIPAER (dados 2015-2025), e utilização dos Outros TCCs, artigos como complemento para a fundamentação e explicações.

Fonte: Elaborado pelos Autores (2025).

O processo de seleção, detalhado no Quadro 5, estabeleceu o corpo bibliográfico e documental do estudo. As fontes secundárias estruturaram a base conceitual da Fundamentação Teórica, ao passo que as fontes primárias — compostas por regulamentos-chave e dados de ocorrências — funcionam como os objetos centrais desta investigação, cujos dados serão examinados criticamente pelo método apresentado na próxima seção.

3.2 ANÁLISE DOS DADOS

A análise de dados adotou a Análise de Conteúdo para interpretar e correlacionar criticamente às informações com base no referencial teórico. O processo seguiu três etapas:

- **Sistematização:** O conteúdo do RBAC 175 e da NR-19 foi organizado em barreiras de segurança, como Embalagem, Documentação, Treinamento e Segregação.
- **Correlação:** Avaliou-se o impacto direto de cada barreira na Segurança

Operacional por meio do Modelo do Queijo Suíço.

- **Avaliação de Impacto:** Os dados do CENIPA atestaram a eficácia do sistema pela ausência de acidentes da Classe 1, ponderando o equilíbrio entre rigor normativo e eficiência operacional.

Essa triangulação entre o arcabouço regulatório, os conceitos do Modelo do Queijo Suíço e as evidências empíricas do SIPAER permitiu avaliar criticamente como cada barreira normativa mantém a segurança na prática, gerando os resultados discutidos no próximo capítulo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo apresenta a análise crítica e a discussão dos dados bibliográficos e documentais. O objetivo é correlacionar as Regulamentações de Segurança e o Nível de Segurança Operacional através de quatro eixos analíticos.

4.1 ANÁLISE DO MARCO REGULATÓRIO BRASILEIRO PARA EXPLOSIVOS

- I. **Estrutura e alinhamento global:** O sistema nacional é um conjunto de normas interdependentes liderado pelo RBAC 175 da ANAC e alinhado à ICAO e à IATA. O Brasil adota um alto alinhamento internacional, convertendo diretrizes globais de classificação, embalagem e documentação em políticas estatais. Esse consenso internacional evita redundâncias, assegura a fluidez logística e padroniza a segurança em voos internacionais (UNITED NATIONS, 2015).
- II. **Evolução das regulamentações:** As normas são dinâmicas e reagem a novos riscos através de emendas ao RBAC 175 e edições anuais do IATA DGR. Essa atualização contínua atua como um refinamento dos requisitos de embalagem e segregação. O processo materializa o pilar de "Melhoria Contínua" do Sistema de Gerenciamento da Segurança Operacional (SGSO).
- III. **4.2 Impacto das Regulamentações na Segurança Operacional**
- IV. **Análise de ocorrências:** O levantamento de dados do Painel SIPAER (CENIPA), de 2015 até a presente data, indicou total ausência de acidentes ou incidentes graves no transporte regulado de explosivos da Classe 1 no

Brasil. Esse resultado em branco evidencia a alta eficácia preventiva do sistema regulatório diante do risco óbvio dos materiais explosivos.

- V. **Mecanismos de controle e desvios:** Em contraste com a Classe 1, o Painel SIPAER registra ocorrências frequentes com outras cargas, como baterias de lítio. Relatórios globais apontam que o risco crítico atual decorre de artigos não declarados ou omitidos por expedidores, e não de falhas processuais nas cargas declaradas (IATA, 2019).

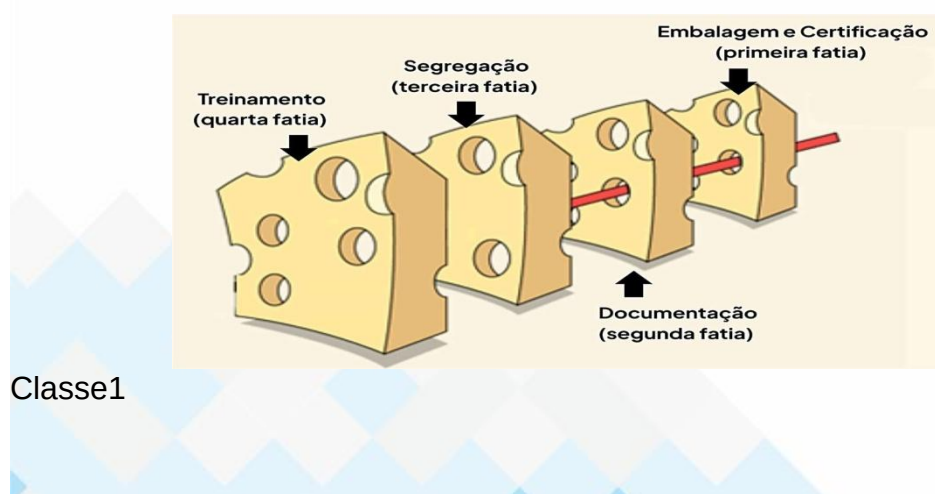
Quadro 6 – Principais Barreiras para mitigar riscos da Classe 1

O quê?	Barreira	Seção de Referência deste TCC
Embalagem e Certificação	Física	2.5.1
Documentação	Administrativa (Declaração Do Expedidor, NOTOC e outros documentos)	Quadro 3
Segregação	Processo (evita incompatibilidade)	2.6.2
Treinamento	Humana (competência)	2.6.3

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Para compreender a eficácia conjunta dessas barreiras, utiliza-se a analogia conhecida como "Modelo do Queijo Suíço". A segurança é garantida pelo fato de que, embora uma barreira possa falhar isoladamente, a sobreposição de múltiplas camadas impede que um erro atravesse todo o sistema e resulte em um acidente, conforme ilustrado na Figura 12 a seguir.

Figura 12 – Modelo de Queijo Suíço na mitigação de acidentes para a



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Nesta abordagem, o sistema de segurança é visualizado como uma sucessão de camadas defensivas, onde cada fatia representa uma proteção (como regulamentos, embalagens e treinamentos) que possui eventuais brechas. A efetividade do sistema não está em uma única fase, mas sim na mitigação de erros. A Declaração do Expedidor é um instrumento jurídico que transfere a responsabilidade inicial, forçando o expedidor da carga explosiva a cumprir as regras de embalagem conforme as normas vigentes. Caso a embalagem falhe, a segregação impede que ela reaja com outros materiais. E caso tudo isso falhe, o treinamento e o Plano de Emergência, informados ao piloto no NOTOC, garantem a resposta e os procedimentos a serem realizados de forma correta pela tripulação.

Portanto, a regulamentação vigente e as normas, aumentam a Segurança Operacional ao criar um sistema estritamente específico que previne a possibilidade de falha humana ou técnica, implementando um tipo de sistema de mitigação de erros conhecido como Modelo de Queijo Suíço.

4.2 DESAFIOS NA IMPLEMENTAÇÃO REGULATÓRIA

A simples existência das normas não garante a segurança. A análise também revela desafios práticos em sua implementação na prática.

a) Aspectos Operacionais: O Conflito Segurança versus Eficiência

A análise da Fundamentação Teórica demonstra que os procedimentos para a Classe 1 são, por definição, os mais restritivos de toda a logística de carga. Eles exigem embalagens homologadas e de alto custo, documentação minuciosa, pessoal com treinamento específico e reciclagem constante e áreas de armazenamento segregadas e dedicadas. Aqui reside o principal conflito identificado na pergunta de pesquisa. As regulamentações aumentam exponencialmente a Segurança Operacional, mas, em contrapartida, diminuem drasticamente a eficiência operacional.

O manuseio de explosivos possui alto custo, lentidão e complexidade. Ele exige infraestrutura que muitos terminais de carga menores não possuem, limita o *payload* (carga paga) da aeronave devido às regras de segregação e adiciona múltiplos pontos de verificação que atrasam o fluxo logístico. No entanto, discute-se que para a Classe 1, este conflito é inegociável. A regulamentação impõe que a

segurança não é uma prioridade, mas sim um pré-requisito para a operação. A eficiência é, portanto, conscientemente sacrificada em prol da garantia da segurança.

b) Fiscalização e Conformidade

O sistema regulatório depende fundamentalmente da conformidade do expedidor (que assina a Declaração) e da fiscalização da ANAC (conforme Seção 2.3). A análise revela que o maior desafio do sistema não está na qualidade da norma, mas sim na garantia de que irão segui-las. O sistema regulatório depende da conformidade do expedidor e da fiscalização da ANAC, mas a análise revela que o maior desafio é garantir o cumprimento das normas. Como é operacionalmente inviável para a ANAC inspecionar a totalidade das cargas, o sistema opera na presunção de conformidade. Isso deposita uma responsabilidade crítica sobre o expedidor, que atua como a principal barreira de defesa na origem da carga. Consequentemente, qualquer falha neste ponto, seja ela intencional (carga não declarada) ou um erro não intencional, representa o risco mais significativo para a segurança operacional.

4.3 CULTURA DE SEGURANÇA E MELHORIA CONTÍNUA

A análise dos desafios de implementação da seção anterior nos mostram que a eficiência do sistema regulatório não depende apenas da qualidade técnica das normas ou da intensidade da fiscalização, as regulamentações, ao imporem processos rigorosos e bem definidos, treinamentos específicos, atuam também em uma questão mais intangível, mas igualmente importante para a Segurança Operacional: a condição humana e organizacional.

4.3.1 Impacto na Consciência de Segurança

As regulamentações, especialmente a exigência de treinamento e reciclagem periódica, e a obrigatoriedade de reporte de incidentes causam um impacto intangível, mas fundamental; as regulamentações forçam a criação de uma Cultura de Segurança. Ao exigir que todos os elos da cadeia entrem em contato com o material (do expedidor ao piloto) passem por treinamento, a norma eleva a consciência de

risco dos artigos explosivos. O transporte de carga explosivos deixa de ser "apenas mais uma carga" e passa a ser um risco gerenciado. A integração desses procedimentos aos SGSO das empresas aéreas e terminais de carga solidificam essa cultura (ANAC; COMAER, 2019).

4.3.2 Perspectivas para Aprimoramento do Sistema

A análise dos resultados demonstra que o Brasil possui um sistema regulatório maduro, eficaz e alinhado aos melhores padrões internacionais para o transporte de cargas explosivas. A eficácia é comprovada pela escassez de eventos relacionados a esse tipo de material. Os regulamentos impactam positivamente a Segurança Operacional por meio de um sistema redundante de barreiras.

O aprimoramento do sistema não está na criação de novas regras para a Classe 1, mas sim no cumprimento dela. Como o maior desafio identificado foi o da carga não declarada e a dificuldade de fiscalização, as perspectivas de melhoria apontam para o investimento em tecnologia de fiscalização (com o raio-X de alta performance e detectores de traços, ou *sniffers*) para combater o risco apresentado pelo expedidor mal-intencionado.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo teve como pilar central a análise da complexa estrutura regulatória que rege o transporte aéreo de materiais explosivos no Brasil. Partindo da ideia de que esses materiais representam maior risco à segurança operacional e as pessoas envolvidas no processo, o objetivo geral foi investigar como o marco regulamentador nacional, com destaque para o RBAC 175, impacta a prevenção de acidentes e a eficientizadas operações aéreas.

A pesquisa foi efetuada com base em metodologia bibliográfica e documental, alcançando os objetivos propostos inicialmente. Em resposta direta à pergunta de pesquisa, constatou-se que as regulamentações que regem o transporte de explosivos no Brasil são um conjunto robusto de normas, com destaque para o RBAC 175 e a NR-19, que atuam em estrito alinhamento com os padrões internacionais estabelecidos pela OACI e IATA. Este alinhamento garante a interoperabilidade logística e adota um consenso de segurança validado

internacionalmente.

No que tange ao impacto dessas normas na segurança, o achado mais significativo deste trabalho, obtido pela análise dos dados do Painel SIPAER (CENIPA) no período de 2015 a 2025, foi a ausência de acidentes ou incidentes graves reportados que estivessem diretamente ligados ao transporte regulado de materiais da Classe 1 na aviação civil brasileira. Este resultado sugere fortemente a eficácia do sistema regulatório.

Conclui-se que as normas impactam positivamente a segurança operacional não por um único requisito, mas por criarem um grande sistema de barreiras múltiplas, conforme ilustrado pelo Modelo de Queijo Suíço. As exigências rigorosas de embalagem homologada, documentação precisa como a Declaração do Expedidor, regras de segregação e o treinamento contínuo do pessoal funcionam como defesas interdependentes que mitigam a falha humana e técnica.

Em relação ao impacto na eficiência operacional, a análise confirmou que as regulamentações impõem custos elevados, complexidade e lentidão logística. Contudo, discute-se que, para a Classe 1, este não é um conflito, mas uma decisão consciente do sistema: a segurança é tratada como um requisito inegociável para a operação, sacrificando a eficiência em prol da prevenção de acidentes.

Por fim, este estudo cumpriu suas delimitações, focando na análise documental. A pesquisa aponta que o desafio atual do sistema não reside na qualidade da norma para cargas explosivas declaradas, mas sim na fiscalização e no combate ao transporte de artigos perigosos não declarados ou mal identificados pelo expedidor, que representam a maior vulnerabilidade do sistema de segurança.

5.2 RECOMENDAÇÕES DE ESTUDOS FUTUROS

Com base nos resultados obtidos e nas limitações identificadas no decorrer desta pesquisa, recomendam-se novos estudos que aprofundem a análise documental e prática do setor. Primeiramente, sugere-se uma análise comparativa contínua entre as atualizações anuais do DGR da IATA e as emendas do RBAC nº 175 da ANAC. O objetivo seria investigar a agilidade do processo legislativo brasileiro em incorporar inovações de segurança internacional e identificar possíveis lacunas temporais que possam gerar riscos ou entraves logísticos para as empresas aéreas nacionais.

Além do aspecto regulatório internacional, é fundamental fomentar pesquisas que explorem a interface entre a segurança operacional da aviação e a segurança do trabalho em solo. Nesse sentido, recomenda-se um estudo detalhado sobre a aplicação da NR-19 nos terminais de carga aérea, verificando a compatibilidade entre as exigências trabalhistas de manuseio de explosivos e os requisitos operacionais da aviação civil. Tal análise poderia contribuir para a padronização de procedimentos em aeroportos, harmonizando a proteção ao trabalhador com a eficiência logística.

Por fim, sugere-se investigar a eficácia das diretrizes macroestratégicas, como o Programa Brasileiro para a Segurança Operacional da Aviação Civil (PSO-BR), especificamente no que tange ao transporte de artigos perigosos. Estudos futuros poderiam focar no desenvolvimento ou na análise crítica de Manuais de Artigos Explosivos utilizados pelos operadores aéreos, avaliando se a teoria regulatória está sendo traduzida de forma clara e aplicável nos documentos que orientam o dia a dia das equipes de ponta.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Regulamento Brasileiro de Aviação Civil(RBAC)nº175: Transporte de Artigos Perigosos em Aeronaves Civis.** Emenda nº 01. Brasília, 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (Brasil). **Análise do setor de transporte aéreo de carga.** Brasília, 2013. Nota Técnica Nº 18/2013/SRI. AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (Brasil). Comando da Aeronáutica. **Programa brasileiro para a segurança operacional da aviação civil (PSO-BR).** 2019-2022.

ARAÚJO, Laysa Bernardes Marques de. **Dinamite.** Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/dinamite.htm>. Acesso em: 2 nov. 2025.

AUSTIN POWDER. **Produtos.** [S.l.]: Austin Powder Brazil, [s.d.]. Disponível em: <https://austinpowder.com/brazil/products/>. Acesso em: 2 nov. 2025.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 19 - Explosivos.** Publicação D.O.U. PortariaMTbn.º3.214,de08dejunhode1978. Última alteração: Portaria MTP n.º 4.219, de 20 de dezembro de 2022.

BRASILTÁTICA.**MUNIÇÃO CBC CAL.32 S&W CHOG 85gr.**[S.l.]:BrasilTática,2025.Disponível em: <https://www.brasiltatica.com.br/municoes/municao-cbc-cal-32-s-amp-w-chog-85gr>.

Acesso em: 2 nov. 2025.

CAVOK BRASIL. **Segunda Guerra Mundial: O dia em que um piloto alemão desertou com um Me 262.** Cavok Brasil, 26 ago. 2021. Disponível em: <https://www.cavok.com.br/segunda-guerra-mundial-o-dia-em-que-um-piloto-alemao-desertou-com-um-me-262>. Acesso em: 2 nov. 2025.

COELHO, Alexandre de O. *et al.* **Verificação a influência do comportamento humano nas causas de um acidente de segurança de processo utilizando o método FRAM (Functional Resonance Analysis Method).** 2023. Projeto de Conclusão de Curso – [S.l.: s.n.], 2023.

DERCIO FOGOS. **Rojão de Vara 1 Tiro Treme Terra.** [S.l.]: Dercio Fogos, 2020. Disponível em: <https://www.derciofogos.com.br/produtos/fogos-de-artificio/rojoes-de-vara-fogos-de-artificio/rojao-de-vara-treme-terra-especial-no18/>. Acesso em: 2 nov. 2025.

FLUG REVUE. **Eins atz reifer Mehrz weckhubsch rauber:** Flettner Fl 282 Kolibri. Flug Revue, 12 jan. 2024. Disponível em: <https://www.flugrevue.de/klassiker/einsatzreifer-mehrzweckhubschrauber-flettner-fl-282/>. Acesso em: 2 nov. 2025.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

INTERNATIONAL AIR TRANSPORT ASSOCIATION (IATA). **IATA e OACI ampliam cooperação para implementação de padrões globais para o transporte aéreo de carga perigosa.** Genebra, 22 jan. 2024.

INTERNATIONAL AIR TRANSPORT ASSOCIATION (IATA). **Regulamento de Mercadorias Perigosas.** 54ª Edição. Montreal-Genebra: IATA, 2013.

INTERNATIONAL AIR TRANSPORT ASSOCIATION (IATA). **O valor do transporte aéreo no Brasil.** 2019.

LABTRANS/UFSC. **Metodologia:** carga aérea – fase 4: diagnóstico da carga aérea. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2020.

LAMIZ, Aureo Vilete. **A aviação na Segunda Guerra Mundial:** evolução tecnológica e domínio do ar. 2022.

MENDONÇA, Fabricio Machado. **Artigos perigosos:** os riscos do transporte de artigos perigosos na aviação civil. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Aeronáuticas) - Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2018. MIRANDA, Alexandre Castelo Branco de. **Cargas Perigosas:** apostila. [S.l.]: CENIPA, [2011].

NEVES, José Luiz. **Pesquisa qualitativa:** características, usos e possibilidades. Caderno de pesquisas em administração, São Paulo, v. 1, n. 3, p. 1-5, 2º sem. 1996.

OLIVEIRA, Raphael Rodrigues de. **Transporte de cargas na aviação civil brasileira**. 2022. 22 f. TCC (Graduação em Ciências Aeronáuticas) - Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2022.

PEREIRA, M. A.; HAUENSTEIN, N. E.; FRIEDRICH, A. **Um relato sobre a evolução histórica da aviação**. *Anais do XXIII Seminário Interinstitucional de Ensino, Pesquisa e Extensão*, Cruz Alta, RS, 2018.

SANTOS, Paulo Roberto dos. **Segurança da aviação**. Palhoça: UnisulVirtual, 2016.
SETON. **Placa Explosivo 1.1 de Simbologia de Risco**. [S.l.]: Seton, 2019.
Disponível em: <https://www.seton.com.br/placa-explosivo-1-1.html>. Acesso em: 2 nov. 2025.

STATE LIBRARY OF QUEENSLAND. **Unloading air freight from a plane, Queensland, 1936**. 1 fotografia. Publicado no Wikimedia Commons, 2011.
Disponível em:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:StateLibQld_1_105692_Unloading_air_freight_from_a_plane,_Queensland,_1936.jpg. Acesso em: 2 nov. 2025.

TURBOSQUID. **American Frag Hand Grenade Pack M26 M67 MK2 MK3**. [S.l.]: TurboSquid, [s.d.]. Disponível em: <https://www.turbosquid.com/3d-models/american-frag-hand-grenade-pack-m26-m67-mk2-mk3-1393719>. Acesso em: 2 nov. 2025.

UNITED NATIONS (UN). **Recommendations on the Transport of Dangerous Goods: Model Regulations**. 19. ed. rev. New York; Geneva: United Nations, 2015 . v. 1. (ST/SG/AC.10/1/Rev.19 (Vol.I)).

UFSC. Universidade Federal de Santa Catarina & Ministério da Infraestrutura. **Carga aérea - Volume 1 - Metodologia**. Florianópolis, Brasil, 2020.

ISSN 2763-7697