



**IMPLEMENTAÇÃO DA TECNOLOGIA CPDLC NA COMUNICAÇÃO
AERONÁUTICA BRASILEIRA: ANÁLISE DAS MUDANÇAS E IMPACTOS
OPERACIONAIS**

Anna Paula Bechepeche¹

João Gabriel Trindade Durigan²

RESUMO

A tecnologia *Controller–Pilot Data Link Communications* (CPDLC) influencia a comunicação entre pilotos e controladores, além de melhorar a eficiência das operações aéreas, demonstrando um impacto significativo desde sua implementação no espaço aéreo superior brasileiro. No contexto do progresso contínuo do sistema de controle de tráfego aéreo, o estudo tem como objetivo, investigar os efeitos operacionais decorrentes da implementação total da tecnologia CPDLC no espaço aéreo superior do Brasil, incluindo uma análise histórica e os obstáculos enfrentados durante sua implementação. Para tratar dessa questão, opta-se por uma abordagem metodológica qualitativa, empregando a técnica de Análise de Conteúdo em publicações e documentos relevantes disponíveis. Esta pesquisa é realizada devido à importância da comunicação aeronáutica para assegurar a segurança e a eficiência do tráfego aéreo. A implementação do CPDLC constitui um avanço significativo, uma vez que permite a troca de mensagens padronizadas por meio de data link, reduzindo a necessidade de comunicação por voz via rádio VHF e aprimorando o ambiente de trabalho para pilotos e controladores. Portanto, esta pesquisa visa oferecer uma análise técnica e operacional para o desenvolvimento constante da aviação civil brasileira.

Palavras-chaves: CPDLC; Comunicação; Tecnologia; Padronização.

¹ Graduada em Física pela Universidade Federal de Goiás (1988), mestre em Física pela Universidade de São Paulo (1991), doutora em Química pela Universidade Federal de São Carlos (1996). Professora efetiva na Pontifícia Universidade Católica de Goiás e na Universidade Estadual de Goiás. Possui experiência na área de Física, com ênfase em Física da Matéria Condensada.

E-mail: abechepeche@yahoo.com.br

² Graduando em Ciências Aeronáuticas pela Pontifícia Universidade Católica de Goiás.
Treinamento em CRM e alta performance pela FCT. Instrutor de voo – Avião. PUC-GO.
E-mail: duriganlol5269@gmail.com

IMPLEMENTATION OF CPDLC TECHNOLOGY IN BRAZILIAN AERONAUTICAL COMMUNICATIONS: ANALYSIS OF CHANGES AND OPERATIONAL IMPACTS

ABSTRACT

Controller-Pilot Data Link Communications (CPDLC) technology influences communication between pilots and controllers, improving the efficiency of air operations and demonstrating a significant impact since its implementation in Brazilian upper airspace. In the context of the continuous progress of the air traffic control system, this study aims to investigate the operational effects resulting from the full implementation of CPDLC technology in Brazilian upper airspace, including a historical analysis and the obstacles faced during its implementation. To address this issue, a qualitative methodological approach is chosen, employing content analysis techniques on relevant publications and documents. This research is conducted due to the importance of aeronautical communication in ensuring the safety and efficiency of air traffic. The implementation of CPDLC constitutes a significant advancement, as it allows the exchange of standardized messages via data link, reducing the need for voice communication via VHF radio and improving the working environment for pilots and controllers. Therefore, this research aims to offer a technical and operational analysis for the constant development of Brazilian civil aviation.

Keywords: CPDLC; Comunicação; Technology; Standardization.

1 INTRODUÇÃO

O CPDLC - *Controller Pilot Data Link Communications*, Comunicação Piloto Controlador via Enlace de Dados, é uma das principais tecnologias previstas no conceito global de Comunicação, Navegação, Vigilância e Gerenciamento de Fluxo de Tráfego Aéreo (CNS/ATM) promovido pela Organização da Aviação Civil Internacional (OACI). Diferente do tradicional sistema de comunicações por voz via rádio VHF ou HF, essa tecnologia permite uma transmissão em forma de texto, sendo possível enviar e receber instruções de navegação, autorizações de nível de voo, mudanças de rota, entre outras mensagens operacionais, diminuindo os impactos de vários problemas presentes hoje na comunicação aeronáutica, como o congestionamento das frequências, ruídos, entre outros, e melhorando alguns

. bras. Av. civil. ci. Aeron., Florianópolis, v. 6, n. 1, p. 174-194, jan/fev. 2026.

fatores operacionais, como a segurança, eficiência e a diminuição da carga de trabalho dos controladores e pilotos.

A implementação do CPDLC no Brasil constitui um ponto significativo na melhora do sistema de gerenciamento de tráfego aéreo do país. Essa tecnologia foi implementada inicialmente na FIR Recife, que cobre uma parte razoável do espaço aéreo oceânico sob responsabilidade brasileira, onde a comunicação por HF sempre teve restrições técnicas e operacionais. Em seguida, estendeu-se a todo o espaço aéreo superior brasileiro. Nesse cenário, o Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), teve um destaque fundamental ao direcionar a implementação gradual do CPDLC, em conformidade com os padrões estabelecidos mundialmente pela OACI e visando aumentar a segurança e a eficiência das comunicações aeronáuticas em regiões de longo curso. Com isso, esse artigo mostra quais foram os efeitos da implementação dessa tecnologia no sistema de controle do espaço aéreo brasileiro.

Essa mudança traz impactos operacionais significativos, tanto para os controladores de tráfego aéreo quanto para os operadores aeronáuticos. O CPDLC proporciona aos controladores uma administração mais estruturada do tráfego aéreo, diminui a quantidade de mensagens transmitidas por voz e proporciona maior clareza e rastreabilidade nas instruções dadas, principalmente em áreas de tráfego denso ou com condições de comunicação adversas. Por outro lado, os pilotos e operadores, se beneficiam da diminuição de ambiguidades, do menor risco de interpretações equivocadas e de um ambiente mais estável e seguro para a execução das autorizações recebidas.

Por outro lado, a adoção dessa tecnologia demanda investimentos significativos em infraestrutura terrestre, adequação das aeronaves, capacitação de profissionais e padronização dos procedimentos operacionais. A coexistência entre os métodos existentes de (voz) e os digitais (data link) exige atenção redobrada graças à interoperabilidade e à continuidade dos serviços, principalmente em casos críticos onde a comunicação rápida é essencial.

Esse trabalho tem como problema “Quais foram os desafios da implementação do CPDLC e quais são seus impactos operacionais?”, juntamente com objetivos de avaliar como essa tecnologia contribuiu para a melhora da operação para controladores e pilotos, analisar um cenário histórico sobre o antes e

depois da implementação e identificar os desafios técnicos e operacionais na implementação dessa tecnologia. A justificativa dessa pesquisa se dá pela grande importância de uma análise das mudanças ocorridas com a implementação completa dessa inovação no Brasil, com uma hipótese que consiste em um aumento da qualidade, segurança das comunicações e uma diminuição da carga de trabalho dos pilotos e controladores.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O início do século XX marcou o começo da evolução da comunicação na aviação, constituída então por sistemas rústicos criados para facilitar as trocas de comunicações básicas entre aeronaves e estações terrestres. Nesta época, os pilotos confiavam principalmente em sinais visuais e equipamentos de rádios rudimentares (Hewings, 2002; Bocorny, 2011).

2.1 HISTÓRIA DA COMUNICAÇÃO NA AVIAÇÃO

A língua e sua relação na aviação remetem às primeiras tentativas de voo e evolui por guerras e viagens ao espaço. O inglês nem sempre foi a língua oficial da aviação. Dentre as grandes potências que começaram com a aviação como conhecemos, destaca-se a França, tornando o francês como a primeira língua na aviação. Assim, se estendendo desde 1860 até 1918, se caracterizando com a publicação das suas primeiras obras e os primeiros termos cunhados nesse idioma (Hewings, 2002; Bocorny, 2011).

A definição de fraseologia é um procedimento estabelecido mirando garantir a uniformidade das comunicações radiotelefônicas, reduzindo assim o tempo de transmissão das mensagens e visando aumentar a clareza das autorizações. Segundo as normas da OACI, algumas recomendações para a melhoria da segurança e eficiência da comunicação devem ser aplicadas. Assim, são adotadas na língua inglesa, palavras preferencialmente advindas do latim, juntamente evitando palavras e expressões que podem ser caracterizadas como homófonas, e a utilização de palavras e expressões que possam garantir melhor compreensão nas comunicações radiotelefônicas (MCA 100-16, 2021).

. bras. Av. civil. ci. Aeron., Florianópolis, v. 6, n. 1, p. 174-194, jan/fev. 2026.

Conforme a aviação foi evoluindo e se tornando mais complexa, sentiu-se a necessidade de, além da modernização das tecnologias de comunicação, o estudo de uma padronização da sua utilização. Após o acidente de Tenerife em março de 1977, nas Ilhas Canárias, o acidente com maior número de mortos na história da aviação. Foi determinado que entre as causas do acidente, os problemas de comunicação entre piloto e controlador foram os principais fatores que levaram a essa tragédia. Assim, a comunicação se tornou um fator de grande importância para a prevenção de acidentes. Nesse sentido, afirma Crystal (1997): “Um estudo relativo à prevenção de acidentes realizado pela Boeing descobriu que, na década de 1982-1991, os problemas de comunicação entre pilotos e controladores contribuíram para pelo menos 11% dos acidentes fatais ao redor do mundo” (Bocorny, 2011).

O conceito “Comunicação, Navegação, Vigilância preconizados no Gerenciamento de Tráfego Aéreo” foi desenvolvido na década de 80, quando a OACI observou que os sistemas de navegação aérea não iriam atender as futuras necessidades da aviação previstas para o próximo século. Assim, em 1983, foi criado um comitê denominado de “Sistemas Futuros de Navegação Aérea” (FANS), ao qual foi determinada a função de desenvolver, analisar e julgar novas tecnologias e futuras iniciativas que poderiam gerar inovações para possibilitar um desenvolvimento progressivo e bem coordenado da aviação. Após cinco anos, o primeiro FANS demonstrou a concepção dos “sistemas de Comunicações, Navegação e Vigilância” (CNS) (FAB, 2011).

Devido a mastodôntica necessidade de coordenação e cooperação mundial, envolvendo prestadores de serviços, indústria, organizações da aviação civil e usuários em geral, a OACI estabeleceu, após alguns anos, um novo comitê, com mais abrangência, encarregando-o de desenvolvimento e aplicação de um plano global coordenado que disciplinasse e provesse orientação dos novos meios, procedimentos e tecnologias, batizado futuramente de CNS/ATM. Em 1991, o conceito CNS/ATM foi finalmente oficializado após ser aprovado pela OACI na 10ª Conferência de Navegação. Após essa aprovação, foram seguidas grandes mudanças na Comunicação, Navegação e Vigilância aeronáutica (FAB, 2011).

Sobre o elemento de comunicação dos sistemas CNS/ATM, a troca de dados substituindo a comunicação por voz em situações rotineiras é prevista, contemplada por mensagens automáticas entre usuários aeronáuticos e/ou sistemas

automatizados. Aplicando-se em suporte a funções específicas de navegação e vigilância. Os serviços de comunicações se baseiam em duas principais categorias de comunicação aeronáutica. As comunicações que se relacionam com segurança, que exigem alta integridade e resposta rápida, sendo Comunicações de serviços de tráfego aéreo (ATSC) e as comunicações não relacionadas à segurança, como Comunicações Administrativas Aeronáuticas (AAC). Em geral, a comunicação nos sistemas de CNS/ATM são capazes de transportar ambas as categorias acima. Porém, as comunicações que estão relacionadas à segurança devem sempre ter prioridade sobre as não relacionadas à segurança (DOC 9750, 2002).

2.2 IMPLEMENTAÇÃO DO CPDLC

Os novos sistemas de comunicação possuem algumas características e diferenças fundamentais se comparados com os sistemas de comunicações aeronáuticas convencionais. A maioria das comunicações de rotina devem ser feitas por meio de intercâmbio de dados, substituindo principalmente as comunicações por voz, com exceção de situações não rotineiras, de emergência e a grande ênfase na conectividade global são algumas das mudanças trazidas com a adoção dessas tecnologias. Melhorando assim, o uso dos canais de comunicação que permitem que as facilidades sejam compartilhadas entre muitos usuários (DOC 9750, 2002).

A Comunicação e Vigilância Baseadas em Performance (PBCS) é a combinação dos critérios de Comunicação Baseada em Desempenho (PBC) e Vigilância Baseada em Desempenho (PBS). Esses termos referem-se à comunicação e vigilância que se baseiam em especificações de performance aplicadas à prestação de serviços de tráfego aéreo. Novas tecnologias e procedimentos, incluindo a Comunicação e Vigilância Baseadas em Desempenho, estão sendo implementados para reduzir a separação lateral e longitudinal mínima entre aeronaves, aumentando assim a capacidade do espaço aéreo onde aplicado (DOC 9869, 2017).

No Brasil, o cronograma de implementação do ATM brasileiro se baseou em um planejamento modular composto por três fases, seguindo os requisitos técnicos e operacionais no cenário nacional. Sendo elas, respectivamente, fase 1 – curto prazo, até 2010; fase 2, médio prazo, de 2011 até 2015 e fase 3, de longo prazo, de

2016 até 2020. Esses prazos foram necessários para a futura aplicação de processos e capacidades, do ATM global, que se deu em função da criação e amadurecimento de tecnologias e processos novos, assim como a necessidade de requisitos operacionais futuros (FAB, 2011).

Em relação a implementação da comunicação entre pilotos e controladores de tráfego aéreo por enlace de dados (CPDLC), no Brasil, começou no ano de 2009 com a implementação dessa tecnologia no Centro de Controle de Área Atlântico (ACC-AO), juntamente com o Sistema de Vigilância Dependente Automática por Contrato (ADS-C), no qual o equipamento de bordo das aeronaves transmite informações de posicionamento do sistema de navegação. Assim, essas e outras informações de suma importância operacional para o controle de tráfego aéreo foram enviadas via enlace de dados para sistemas instalados em terra. Melhorando as comunicações, quando comparado ao sistema de alta frequência (HF), até então utilizado de forma exclusiva (DECEA, 2018).

O programa SIRIUS foi criado como um instrumento do Comando da Aeronáutica, com a função principal de modernizar o Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro (SISCEAB), diante das demandas do crescimento do tráfego aéreo no País e da evolução tecnológica na aviação. Dentre vários projetos, se destaca o Projeto LANDELL- CPDLC Continental, ativado dia nove de setembro de 2021 para representar a nova era das Comunicações Aeronáuticas no Espaço Aéreo Continental Brasileiro. Após o conceito e a aplicação bem-sucedidas em 2009 no espaço aéreo na porção do (ACC-AO), foi ampliado a sua área de atuação para a porção continental do Brasil iniciando-se pelas Regiões de Centros de Controle de Área de Recife (ACC-RE) e Amazônico (ACC-AZ), após evoluindo e se consolidando finalmente com a implementação do CPDLC em todas as Regiões de Informação de Voo (FIRs), abrangendo todo o espaço aéreo superior brasileiro, acima de 25 mil pés, no dia vinte oito de novembro de 2024 (DECEA, 2021 e 2024).

O documento pertinente ao emprego no espaço aéreo brasileiro, incluindo oceânico e continental da Comunicação por Enlace de Dados (CPDLC), se dá pela publicação “MCA 100-23”, que segue as disposições contidas no Documento 10037 *Global Operational Data Link Document (GOLD) Manual*, da OACI, estando de acordo com o antes disposto pela tal Organização, sobretudo no que concerne aos Anexos: 10 e 11 da Convenção de Aviação Civil Internacional e ao PANS-ATM

(Procedimentos para os Serviços de Navegação Aérea – Gerenciamento de Tráfego Aéreo – Documento 4444 da OACI), contendo os respectivos códigos e padronizações esperadas (MCA 100-23, 2020).

2.3 TECNOLOGIA CPDLC

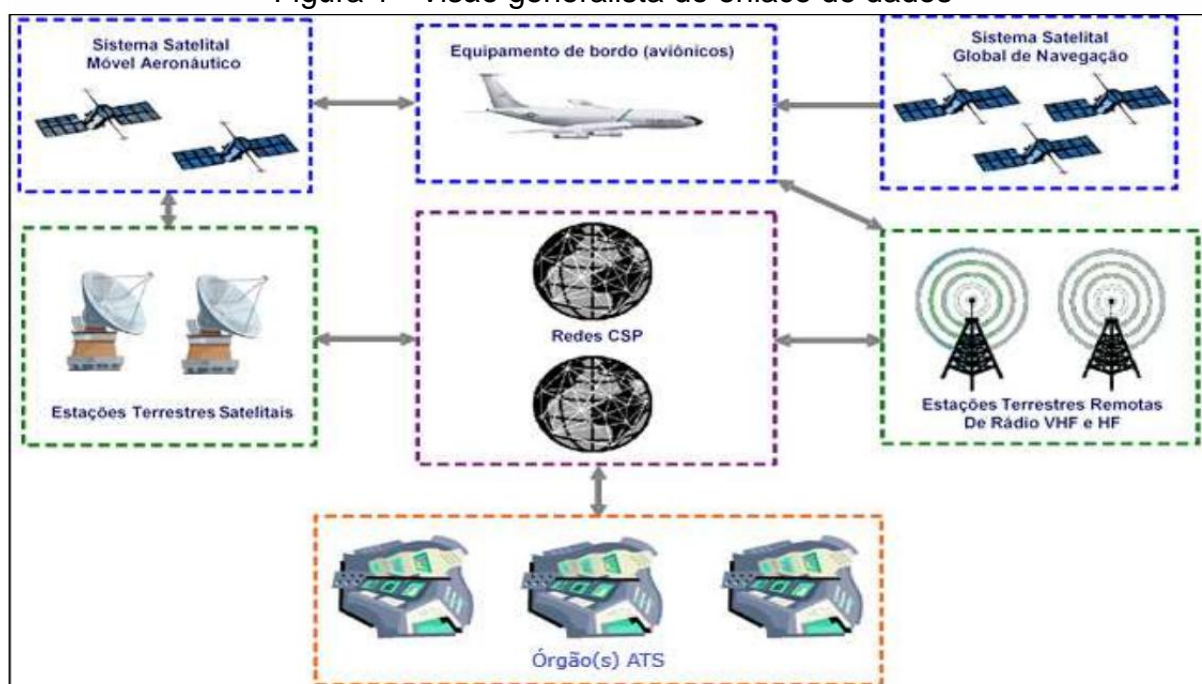
A comunicação por enlace de dados controlador-piloto (CPDLC) é uma componente fundamental na modernização do gerenciamento do tráfego aéreo ao nível mundial. O CPDLC é um meio de comunicação entre o controlador e o piloto, que utiliza comunicação via enlace de dados para a coordenação com o ATC. A sua aplicação fornece comunicação de dados ar-solo para a aviação.

Assim, isso inclui um complexo conjunto de elementos de mensagens de autorização/informação/solicitação que procedem como a fraseologia de voz antes empregada pelos procedimentos de controle de tráfego aéreo por voz. Possibilitando ao controlador a capacidade de atribuir níveis, restrições de cruzamentos, desvios laterais, alterações e autorizações de rota. Um recurso de "texto livre" também é fornecido para trocar informações que não estejam em conformidade com os formatos definidos disponíveis para os pilotos e os controladores (DOC 9694, 1999).

Os controladores e pilotos irão utilizar o CPDLC em conjunto com a comunicação de voz existente, sendo previsto no futuro uma evolução dos sistemas e dos procedimentos, resultando assim em uma maior automação devido a sistemas complementares de mensagens pré-selecionadas e a abrangência da sua operação na comunicação da aviação. O envio de uma mensagem pelo CPDLC é majoritariamente baseado em selecionar o destinatário, selecionar a mensagem apropriada em um menu exibido previamente que permite a seleção rápida e eficiente e executar a transmissão. Já a mensagem recebida pode ser exibida e/ou impressa, após deverá ser confirmada ou ser respondida com as respectivas informações adicionais. Essa tecnologia pode ser utilizada para modificar uma série de deficiências antes presentes na comunicação por voz, como o congestionamento do canal de voz, mal-entendidos devido à má qualidade da voz e a possível corrupção dos sinais, devido a transmissões simultâneas. Assim, com a sua implementação, muda significativamente a maneira como os pilotos e controladores se comunicam (DOC 9694, 1999).

Todas as aeronaves com capacidade de enlace de dados têm acesso à capacidade de enlace VHF, porém nem todas têm acesso adicional à capacidade de enlace por Comunicação Via Satélite (SATCOM) e/ou Alta frequência (HF). De maneira semelhante, não necessariamente os provedores de serviço de comunicação (CSP) também têm essa capacidade, conforme demonstrado abaixo na Figura 1 (MCA 100-23, 2020).

Figura 1 - Visão generalista do enlace de dados

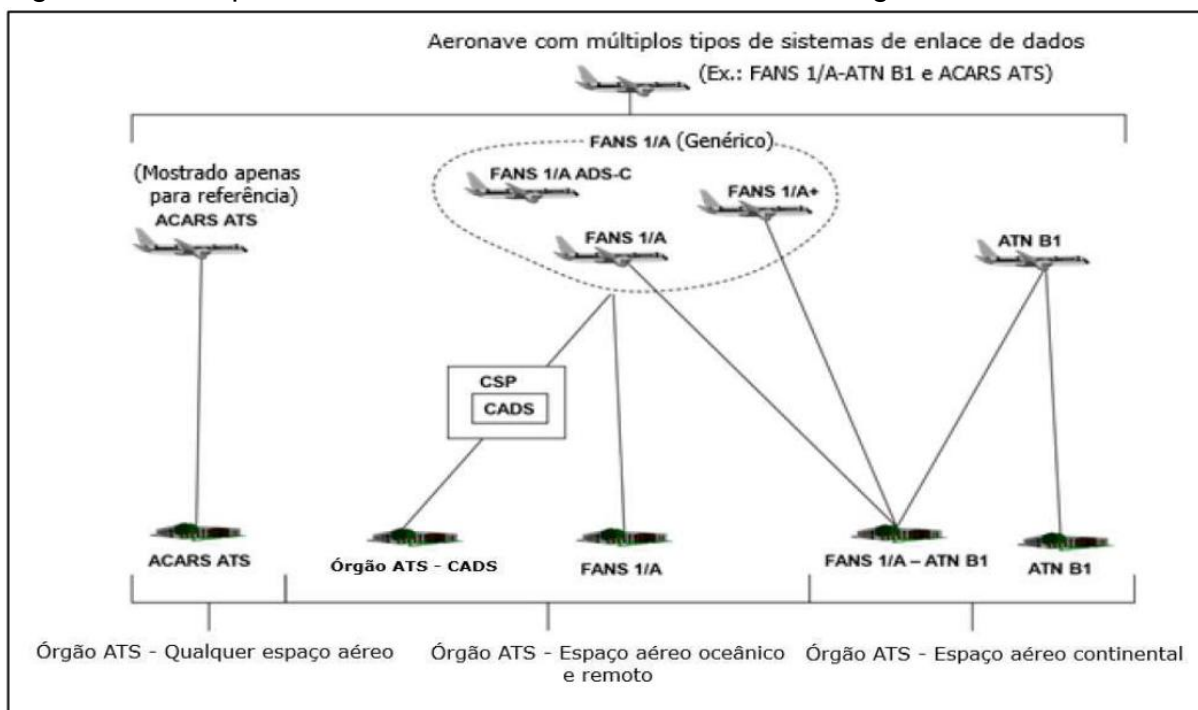


Fonte: MCA 100-23, 2020.

A Figura 2 representa os diferentes sistemas de órgãos ATS e sistemas de aeronaves que são interoperáveis. Vale ressaltar que apenas uma aeronave ou um órgão ATS é capaz de empregar variedades de sistemas de enlace de dados.

Já a Tabela 1, a seguir, designadores de Sub-redes por sua vez trazem uma resumida descrição de cada possibilidade de conexões que sustentam os diferentes tipos de sistemas pertencentes à tecnologia de enlace de dados e identificam os modelos de interoperabilidade aplicáveis.

Figura 2 - Interoperabilidade entre os sistemas CPDLC de Órgãos ATS e aeronaves



Fonte: MCA 100-23, 2020.

Tabela 1 - Designadores de Sub-redes

Designador	Descrição do designador	Padrão(ões) Aplicável(eis)
VDL M0/A	Enlace de dados de frequência muito alta- modo 0/A	ARINC 618-6 (INTEROP) para protocolo ar/solo
VDL M2	Enlace de dados de frequência muito alta – modo 2	a) Anexo 10 à CACI, Vol. III; b) Documento 9776 (OACI); c) RTCA DO-224C (MASPS); e d) ARINC 631-6 (INTEROP).
HFDL	Enlace de dados de frequência alta	a) Anexo 10 à CACI, Vol. III; b) Documento 9741 (OACI); c) RTCA DO-265 (MASPS); e d) ARINC 753-3 (INTEROP).
SATCOM (Inmarsat)	Comunicações satelitais com uso da constelação Inmarsat	a) Anexo 10 à CACI, Vol. III; b) Documento 9925 (OACI); c) RTCA DO-270 (MASPS); e d) ARINC 741P2-11 (INTEROP).
SATCOM (Iridium)	Comunicações satelitais com uso da constelação Iridium	a) Anexo 10 à CACI, Vol. III; b) Documento 9925 (OACI); c) RTCA DO-270, Mudança 1 (MASPS); e d) ARINC 741P2-11 (INTEROP).

Fonte: MCA 100-23, 2020.

2.4 DIFICULDADES DE IMPLEMENTAÇÃO DO CPDLC NO BRASIL

Para ofuncionamento da tecnologia CPDLC de forma padronizada, foi necessário um vasto programa de treinamento por parte da Força Aérea, com um de seus principais cursos preparatórios sendo realizado entre o final de novembro e meados de dezembro de 2020. Esse treinamento prévio foi de suma importância para a operação e implantação dessa tecnologia, assim os objetivos do treinamento foram a familiarização com os recursos de automação, operação Data Link aplicados ao controle de tráfego aéreo e a valorização dessa ferramenta. Um enorme planejamento para cumprir com o cronograma global de implementação dessa tecnologia e um alto investimento em infraestrutura e treinamento de controladores e pilotos foram alguns dos desafios enfrentados durante a implementação do CPDLC no Brasil, devido a essa complexidade o projeto de implantação faz parte do empreendimento “Infraestrutura e Aplicações de Comunicações Ar-Terra e Terra-Terra” inserido no Programa SIRIUS Brasil (DECEA, 2020).

Ademais, um dos problemas encontrados no projeto de implementação dessa tecnologia foi, a promoção do desenvolvimento autônomo de um Simulador de Controle de Tráfego Aéreo e Pilotagem via link de dados (MSCS), para atender o aumento da automatização e o uso das comunicações data link para o treinamento dos profissionais. Após um grande investimento financeiro e de pessoal, o DECEA em 2017 concluiu o desenvolvimento e integração a um sistema nacional de processamento dados de diversas fontes para os controladores de tráfego aéreo conhecido como SAGITARIO. Seu treinamento contempla cenários que retratam situações variadas com as mesmas características de uma operação real e permite assim a adequação e a qualificação dos controladores para a nova realidade, visando a garantia da eficiência e segurança do serviço prestado à comunidade aeronáutica e a manutenção da segurança operacional (DECEA, 2017).

Vale ressaltar que foi necessária a realização de uma estratégia para a diminuição da resistência por partes dos usuários a essa nova realidade operacional, divulgando suas características principais e possíveis benefícios. A participação e acompanhamento contínuo de profissionais com experiência nas áreas técnica e operacional para a realização de testes e resolução de erros, estendendo-se até a

sua efetiva implementação operacional a fim de evitar um possível retrabalho de desenvolvimento e custos adicionais, é de suma importância para o andamento do projeto e por vezes se tornou um problema na implementação dessa tecnologia. Ademais, identificar perigos, realizar avaliações e classificações de riscos, desenvolver um Documento de Gestão de Riscos de Segurança Continental CPDLC também trouxeram um trabalho árduo para a sua implementação (ICAO, 2024).

Além disso, mesmo que o Brasil tenha concluído a infraestrutura do CPDLC com o treinamento dos Controladores de tráfego aéreo (ATCO) e a sua aplicação esteja disponível, o sucesso total desse sistema e a potencialização na obtenção dos benefícios advindos, dependeu e ainda depende da ampla adesão da frota. O DECEA convocou operadores aéreos, companhias aéreas e pilotos a priorizarem a instalação e certificação dos aviônicos e demais aplicações necessárias, de modo a utilizar as comunicações por enlace de dados no País. Juntamente com a promoção de treinamento por parte dos operadores aéreos para com os pilotos, visando um maior proveito dessa tecnologia e uma maior eficiência na sua implementação (DECEA, 2024).

2.5 IMPACTOS OPERACIONAIS COM A ADOÇÃO DO CPDLC

Assim, com a completa adoção do CPDLC no espaço aéreo superior nacional, essa tecnologia apresentou posteriormente um grande avanço na aviação nacional ao possibilitar a troca de mensagens digitais entre ATCO e pilotos, complementando as comunicações por via HF ou VHF nas operações aéreas. Seus benefícios incluem uma maior precisão, eliminando ruído e erros de interpretação. Juntamente com uma maior eficiência, graças à sua velocidade e facilidade de troca de informações e autorizações complexas. A otimização do carregamento de dados no sistema de gestão de voo se enquadra também como uma de suas qualidades, economizando tempo e trabalho por parte dos controladores e pilotos na transmissão de autorizações. Assim, tem-se uma enorme redução da carga de trabalho e habilita alguns conceitos mais complexos, como a Operação Baseada em Trajetória (TBO), otimizando assim as rotas (FAB, 2024).

Visto que toda mudança operacional pode trazer riscos à segurança, uma análise da mesma deve ser realizada antes da sua implementação. Dentro do

projeto LANDELL, foi desenvolvido e aprovado em 2021 um Documento de Gerenciamento de Riscos à Segurança Operacional (DGRSO), para a implementação continental do CPDLC. Seus riscos identificados foram advindos dos potenciais perigos na mudança que ocorria no espaço aéreo continental nas áreas da FIR Amazônica, FIR Recife e, mais à frente, FIRs restantes. Os mesmos foram sendo mitigados no decorrer do projeto, permitindo que grande parte das ações corretivas já tivessem sido implantadas no momento da oficialização do DGRSO (DECEA, 2021).

Em atualizações mais recentes, com a aplicação completa do CPDLC, o desenvolvimento, os testes e a experiência operacional destacaram diferenças fundamentais entre as comunicações via voz e a p^or enlace de dados. Assim, foram desenvolvidos programas e procedimentos para a tripulação, contando com a utilização do CPDLC. O MCA 100-23 trata sobre essas mudanças e os procedimentos operacionais que devem ser tomados pelos controladores e principalmente pela tripulação. Ademais, a forma como se deve receber as *mensagensuplink*(UM) e a ação para respondê-las ao ATCO devem ser padronizadas e seguindo o manual, ressaltando que com as mensagens por enlace de dados, a leitura das informações e autorizações deve ser realizada de modo individual e silencioso, evitando que algum membro da tripulação deduza nenhuma intenção pré-concebida diferente da pretendida ou apropriada (MCA 100-23, 2021).

A aplicação dessa tecnologia é fornecida através de uma infraestrutura de comunicação terrestre operada através do sistema de enlace de dados da rede ACARS - FANS 1/A ou FANS 1/A+, usando VDL Modo 2, VDL Modo A no espaço aéreo acima de FL250, inclusive. Também pode-se usar a sub-rede SATCOM. No espaço aéreo continental brasileiro, a conexão CPDLC só é possível se a aeronave com essa capacidade é registrada na rede SITA. Operadores que possuem contrato com outro provedor de serviço devem consultar o seu fornecedor sobre a interoperabilidade entre o serviço contratado e o operante no Brasil. Vale ressaltar que não é obrigatório que todas as aeronaves estejam equipadas com aviônicos de link de dados CPDLC, não possuindo segregação do espaço aéreo. Assim, o espaço aéreo continental brasileiro é um ambiente misto, ou seja, onde o ATS será prestado para ambas as aeronaves com capacidade CPDLC e sem capacidade CPDLC (ICAO, 2024).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa deste artigo caracteriza-se como básica, pois tenciona gerar conhecimentos teóricos que venham a auxiliar o progresso científico, mas não objetiva uma aplicação prática imediata. A metodologia da revisão bibliográfica sistemática, busca explorar as principais contribuições de excelência científica e acadêmica sobre a tecnologia CPDLC. Portanto, a revisão bibliográfica permite uma análise dos desafios e oportunidades que o setor enfrenta, dado que, fornecem uma visão completa dos fatores que moldam a área. Os dados a serem coletados a respeito dos resultados abrangerão publicações científicas, artigos acadêmicos sobre a tecnologia CPDLC no Brasil, documentos oficiais operacionais e a funcionalidade destes equipamentos e suas regulamentações.

As fontes utilizadas provêm da coleta de bases de dados de fontes confiáveis dos sites do governo brasileiro, Documentos da Força Aérea e Documentos de regulação internacional pela ICAO dessa tecnologia. Esse perfil de coleta de dados é considerado pertinente e seguro para manter a qualidade das informações e criar uma base robusta para a pesquisa.

A análise dos dados foi realizada de maneira qualitativa com foco na identificação de padrões comuns na literatura bibliográfica sobre essa tecnologia. Os dados coletados foram organizados entre uma comparação com a implementação do CPDLC no espaço aéreo brasileiro e a identificação das áreas de melhorias. Esse método qualitativo permitiu uma avaliação crítica dos princípios fundamentais do setor.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 COMPARAÇÃO COM A IMPLEMENTAÇÃO COMPLETA DO CPDLC NO ESPAÇO AÉREO SUPERIOR BRASILEIRO

No dia 28 de novembro de 2024, a Força Aérea brasileira por meio do programa SIRIUS, terminou a implementação completa da tecnologia CPDLC em todas as Regiões de Informação de voo no espaço aéreo superior brasileiro. Após a integração da FIR Curitiba, todo espaço aéreo superior se beneficia com essas

vantagens, impulsionando a inovação do espaço aéreo e fortalecendo a segurança e a eficiência das operações (DECEA, 2024).

Desde 2009, a implementação parcial dessa tecnologia trouxe inúmeros benefícios a operação dos Centros de Controles de Área, substituindo as comunicações antigas de voz por mensagens de texto previamente escritas. Por meio de sua interface, os pilotos podem realizar requisições e buscar informações através de comandos de texto, correspondente a fraseologia convencional. É previsto o mesmo tipo de novidade por parte do controle de tráfego aéreo com as instruções, autorizações e informações emitidas pelo controlador na tela da interface do CPDLC à sua frente. Além dos comandos de texto pré-convencionados o equipamento também viabiliza a inscrição de "texto livre", em caso de necessidade de uma comunicação não conforme com os padrões definidos (DECEA,2024).

O CPDLC dispensa os canais saturados da comunicação por voz e diminui consideravelmente os problemas advindos da má qualidade de áudio, de barreiras linguísticas, de problemas de propagação de sinal, de interpretações equivocadas e o envio mais rápido de autorizações complexas. Seu uso se estende para a habilitação de uma operação baseada em trajetória, que se caracteriza com rotas mais otimizadas e sustentáveis, condizentes com o futuro da aviação (DECEA, 2024).

4.2 ÁREAS PARA MELHORIAS IDENTIFICADAS

Além dos avanços adquiridos com a completa implementação da tecnologia CPDLC no espaço aéreo superior brasileiro, algumas regiões de melhoria estão ainda evidentes. Assim destaca-se como necessário aprimorar a interoperabilidade entre sistemas de diferentes fabricantes e provedores de serviço, sendo que não são todos os operadores que possuem contratos compatíveis com a rede nacional SITA, o que limita, por sua vez, o pleno uso do sistema. Essa limitação existente impacta diretamente a eficiência operacional juntamente como alcance dos benefícios previstos com o uso da comunicação via enlace de dados (DECEA, 2024).

Outro ponto de melhora abriga-se na necessidade de incrementar o contínuo treinamento dos controladores e pilotos. Embora cursos específicos tenham sido realizados pelo DECEA, a veloz evolução tecnológica e a complexidade crescente das operações exigem atualizações constantes e simuladores mais modernos que

ressaltem o ambiente operacional real. O uso do simulador MSCS, desenvolvido pelo DECEA, representa um marco, mas sua ampliação e integração a outros sistemas de treinamento ainda é um desafio operacional devido a altos custos e dificuldade técnica envolvida (DECEA, 2017).

Além disso, a resistência inicial de parte dos usuários e operadores aéreos à implementação dessa nova tecnologia representa ainda uma barreira a ser superada. Campanhas de conscientização e incentivo à integração são elementares para que o sistema seja plenamente utilizado, reduzindo a dependência da comunicação verbal e ressaltando a completa integração das aeronaves com equipamentos aderentes ao sistema nacional. A cooperação entre o DECEA, companhias aéreas e fabricantes de aviônicos é essencial para o sucesso dessa fase (ICAO, 2024).

Por fim, é importante realçar que a infraestrutura no solo e os mecanismos redundantes ainda carecem investimentos. Embora o conjunto sistemático seja funcional, a dependência de enlaces de dados em regiões de cobertura ainda limitada pode diminuir o desempenho em situações críticas. O contínuo avanço das estações provedoras de comunicação, aliado ao monitoramento da qualidade de enlace, deve ser uma prioridade estratégica para os próximos anos (FAB, 2024).

4.3 IMPACTOS FUTUROS E PERSPECTIVAS OPERACIONAIS

A adoção da tecnologia CPDLC no espaço aéreo brasileiro indica não apenas o fim de um ciclo de melhora, mas também o início de uma nova fase na progressão do gerenciamento do tráfego aéreo brasileiro. Com sua grande integração aos Centros de Controle de Área (ACC) e à infraestrutura do Programa SIRIUS, o Brasil posiciona-se entre os estados que adotam modelos avançados de comunicação aeronáutica. Esse mérito abre caminho para o aumento da automação dos processos operacionais, aumentando o nível de segurança, eficiência e previsibilidade nas comunicações entre pilotos e controladores (DECEA, 2025).

Do ponto de vista econômico e operacional, constante uso do CPDLC tende a diminuir despesas e ressaltar a eficiência das companhias aéreas. A otimização dos recursos humanos e técnicos é favorecida pela diminuição de falhas de comunicação, redução do tempo de resposta nas autorizações e aumento da

precisão nas mensagens. O Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) revela que as comunicações se tornam mais rápidas, seguras e registráveis com o uso do enlace de dados, permitindo a criação de um histórico operacional que pode ser aplicado em auditorias e investigações de segurança (DECEA, 2025).

Entretanto, para assegurar que esses progressos sejam mantidos, é obrigatório o reforço da infraestrutura terrestre e o contínuo investimento em formação profissional. O CPDLC, por sua interface digital integrada, requer operadores capacitados e familiarizados com os protocolos técnicos e operacionais. Assim, o DECEA, em conjunto com a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), deve continuar promovendo treinamentos regulares, simuladores atualizados e manuais padronizados para assegurar o cumprimento das normas estabelecidas pela OACI (DECEA, 2011).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A implementação do CPDLC no Brasil representa um marco na história da aviação nacional e mostra o compromisso do país com os padrões globais de modernização e segurança. O projeto, conduzido pelo DECEA e inserido no contexto do Programa SIRIUS, demonstrou a capacidade técnica e operacional do sistema de controle do espaço aéreo brasileiro, que passou a adotar uma comunicação digital mais precisa, eficiente e padronizada. Essa inovação mostra um avanço não apenas tecnológico, mas também cultural, uma vez que modificou inteiramente a dinâmica de interação entre controladores e pilotos, reduzindo a dependência da comunicação por voz e aprimorando a rastreabilidade das autorizações emitidas.

Com a aplicação completa do CPDLC em todo o espaço aéreo superior, o Brasil alcançou um nível de integração tecnológica comparável aos principais centros de controle aéreo do mundo. Essa conquista modificou diretamente a qualidade das operações aéreas, aumentando a segurança operacional e possibilitando a aplicação de conceitos modernos, como a Operação Baseada em Trajetória (TBO), que otimiza as rotas e reduz o consumo de combustível. Além disso, o uso do enlace de dados melhora a sustentabilidade e a redução das emissões de CO₂, aspectos cada vez mais relevantes no contexto global da aviação sustentável.

Contudo, o sucesso dessa implementação não exclui a necessidade de aperfeiçoamentos contínuos. O sistema de comunicação por enlace de dados requer infraestrutura robusta, manutenção constante e atualizações da tecnologia periódica. É de suma importância que o Brasil invista em redundância de sistemas e ampliação das estações terrestres de comunicação, garantindo cobertura uniforme em todo o território, inclusive nas áreas amazônicas e oceânicas. A continuidade do investimento público e privado será primordial para que o CPDLC mantenha sua eficiência nas futuras evoluções previstas pela Organização da Aviação Civil Internacional (OACI).

Além dos aspectos técnicos, a adoção do CPDLC carece fortemente da cooperação entre os diversos agentes do setor aeronáutico. Fabricantes de aviônicos, companhias aéreas, autoridades reguladoras e organizações internacionais devem manter uma comunicação constante e colaborativa para assegurar a interoperabilidade dos sistemas e a harmonização dos procedimentos. Apenas por meio dessa integração terá possibilidade alcançar uma operação totalmente padronizada e segura, em conformidade com os requisitos da OACI e das normas brasileiras estabelecidas pelo DECEA e ANAC.

As áreas de melhoria identificadas apontam para a necessidade de investimentos contínuos em treinamento, tecnologia e integração entre os diversos agentes do setor aeronáutico. A interoperabilidade total entre as aeronaves, centros de controle e provedores de serviço é um dos principais requisitos para a consolidação definitiva do CPDLC como ferramenta essencial na aviação civil brasileira. A adoção plena dessa tecnologia trará benefícios que ultrapassam a comunicação em si, refletindo diretamente na otimização das rotas e na sustentabilidade operacional.

Em conclusão, os efeitos próximos e as perspectivas operacionais do CPDLC indicam um desenvolvimento contínuo na aviação brasileira. A modernização das comunicações é apenas o começo do processo de integração total do sistema de controle do espaço aéreo nacional, que contempla o uso intensivo de dados e automação. Assim, o CPDLC se estabelece como um instrumento de suma importância para o futuro da aviação civil no país, representando uma conquista na busca pela excelência, eficiência e segurança das operações aéreas brasileiras (DECEA, 2021).

Por fim, a implementação do CPDLC deve ser vista não apenas como um avanço tecnológico, mas como parquede uma transformação mais ampla na aviação nacional. O fortalecimento da infraestrutura, a melhora das comunicações e o aprimoramento das práticas de gestão do tráfego aéreo são passos fundamentais para consolidar o Brasil como um exemplo em inovação e segurança operacional. Assim, este trabalho conclui que o CPDLC representa uma nova era para a aviação brasileira, marcada pela integração digital, pela eficiência operacional e pela busca incessante pela excelência na gestão do espaço aéreo.

REFERÊNCIAS

BOCORNLY, A. Panorama dos estudos sobre a linguagem da aviação. **Revista Brasileira de Linguística Aplicada**, 2025. Disponível em: https://www.academia.edu/85478656/Panorama_dos_estudos_sobre_a_linguagem_da_avia%C3%A7%C3%A3o. Acesso em: 06 maio 2025.

BRASIL. **Decreto nº 21.713, de 27 de agosto de 1946. Promulga a Convenção sobre Aviação Civil Internacional**. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1930-1949/d21713.htm. Acesso em: 08 mar. 2025.

CENTRO DE INVESTIGAÇÃO E PREVENÇÃO DE ACIDENTES AERONÁUTICOS (CENIPA). *Página inicial do CENIPA*. 2025. Disponível em: <https://www2.fab.mil.br/cenipa/>. Acesso em: 09 mar. 2025.

CENIPA. **Painel SIPAER: Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos**. 2025. Disponível em: <https://painelsipaer.cenipa.fab.mil.br/extensions/Sipaer/home.html>. Acesso em: 02 abr. 2025.

DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO (DECEA). **Comunicação por enlace de dados também será aplicada no espaço aéreo continental brasileiro**. 2025. Disponível em: https://www.decea.mil.br/?i=midia-e-informacao&p=pg_noticia&materia=comunicacao-por-enlace-de-dados-tambem-sera-aplicada-no-espaco-aereo-continental-brasileiro. Acesso em: 11 mar. 2025.

DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO (DECEA). **DECEA aprova importante documento do gerenciamento de riscos do Projeto Landell**. 2025. Disponível em: https://www.decea.mil.br/?i=midia-e-informacao&p=pg_noticia&materia=decea-aprova-importante-documento-do-gerenciamento-de-riscos-do-projeto-landell. Acesso em: 12 mar. 2025.

DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO (DECEA). **DECEA conclui implementação do CPDLC no espaço aéreo brasileiro superior**. 2025.

Disponível em: https://www.decea.mil.br/?i=midia-e-informacao&p=pg_noticia&materia=decea-conclui-implementacao-do-cpdlc-no-espaco-aereo-brasileiro-superior. Acesso em: 14 mar. 2025.

DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO (DECEA). **DECEA desenvolve simulador de pilotagem e controle de tráfego aéreo.** 2025. Disponível em: <https://institutoaviacao.org/noticias/industria/decea-desenvolve-simulador-de-pilotagem-e-controle-de-trafego-aereo/>. Acesso em: 15 mar. 2025.

DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO (DECEA). **DECEA inaugura Projeto Landell: a CPDLC continental.** 2025. Disponível em: https://www.decea.mil.br/?i=midia-e-informacao&p=pg_noticia&materia=decea-inaugura-projeto-landell-a-cpdlc-continental. Acesso em: 17 mar. 2025.

DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO (DECEA). **Dez: Projeto Landell encerra mais uma etapa com a conclusão dos cursos ATM 042.** 2025. Disponível em: https://www.decea.mil.br/?i=midia-e-informacao&materia=dez-projeto-landell-encerra-mais-uma-etapa-com-a-conclusao-dos-cursos-atm-042&p=pg_noticia. Acesso em: 18 mar. 2025.

DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO (DECEA). Glossário DECEA. 2025. Disponível em: <https://www.decea.mil.br/index.cfm?i=utilidades&p=glossario&single=2264>. Acesso em: 20 mar. 2025.

DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO (DECEA). **MCA 100-16: Manual de Comunicação por Enlace de Dados.** 2021. Disponível em: <https://static.decea.mil.br/publicacoes/files/2021/1610642317-mca-100-16-republicado.pdf>. Acesso em: 21 mar. 2025.

DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO (DECEA). **MCA 100-23: Manual de Gerenciamento de Riscos do Projeto Landell.** 2021. Disponível em: <https://static.decea.mil.br/publicacoes/files/2021/1629117240-mca-100-23-modificado-final2.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2025.

DUNCAN AVIATION. **Future Air Navigation System (FANS).** 2025. Disponível em: <https://www.duncanaviation.aero/intelligence/future-air-navigation-system-fans>. Acesso em: 24 mar. 2025.

FORÇA AÉREA BRASILEIRA (FAB). **DECEA aprova importante documento do gerenciamento de riscos do Projeto Landell.** 2025. Disponível em: <https://www.fab.mil.br/noticias/mostra/8543/>. Acesso em: 26 mar. 2025.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (ICAO). **AN-Conf/12 – Doc 9694.** 2025. Disponível em: [https://www.icao.int/Meetings/anconf12/Document%20Archive/9694_cons_en\[1\].pdf](https://www.icao.int/Meetings/anconf12/Document%20Archive/9694_cons_en[1].pdf). Acesso em: 27 mar. 2025.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (ICAO). **Convention on International Civil Aviation – Doc 7300. 9. ed.**2025. Disponível em: <https://www.icao.int/publications/pages/doc7300.aspx>. Acesso em: 29 mar. 2025.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (ICAO). **GRP/22 – WorkingPaper NE/32.**2024. Disponível em: <https://www.icao.int/NACC/Documents/Meetings/2024/GRP22/GRP22NE32.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2025.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (ICAO). **Global Air Navigation Plan – Doc 9750.2. ed.** 2025. Disponível em: https://www.icao.int/publications/Documents/9750_2ed_en.pdf. Acesso em: 01 abr. 2025.

ICAO. **Global Operational Data Link Document (GOLD).** Documento 10037. Disponível em: <https://skybrary.aero/sites/default/files/bookshelf/2411.pdf>. Acesso em: 15 out. 2025.

