

LEAN MAINTENANCE OFFICE: APLICABILIDADE DE PRÁTICAS ENXUTAS E INTEGRAÇÃO AO SAFETY MANAGEMENT SYSTEM NA GESTÃO DOCUMENTAL DE OFICINAS DE MANUTENÇÃO AERONÁUTICA

Reinaldo Moreira Del Fiacco¹

Ezequiel Pereira Borges²

Marina Rodrigues de Souza³

Rafael de Freitas Montoya⁴

Tafarel Carvalho de Gois⁵

RESUMO

A manutenção aeronáutica opera em um ambiente de elevada complexidade regulatória, no qual a gestão documental é elemento central para a segurança operacional e para a conformidade com os Regulamentos Brasileiros de Aviação Civil (RBAC). As pequenas Organizações de Manutenção (OM), classificadas pela ANAC entre oito e quinze colaboradores, enfrentam desafios para cumprir os requisitos do RBAC 145, do RBAC 43 e da IS 145.214-001B com recursos limitados. Este artigo analisa a aplicabilidade do modelo *Lean Maintenance Office* (LMO), entendido como integração entre *Lean Thinking*, *Lean Office* e *Lean Maintenance*, e propõe sua articulação com o *Safety Management System* (SMS) como caminho para otimizar o Controle Técnico de Manutenção (CTM). A pesquisa adota revisão sistemática segundo o protocolo PRISMA 2020, complementada por análise documental dos regulamentos da ANAC e *benchmarking* de casos internacionais em *Maintenance, Repair and Overhaul* (MRO). Os resultados identificam sete categorias de desperdício documental e propõem um modelo conceitual estruturado em seis eixos: 5S documental, padronização com Poka-Yoke, Kanban, digitalização com validação em *Blockchain*, Kaizen e integração ao SMS. Demonstra-se que os princípios enxutos não conflitam com as exigências regulatórias, mas as reforçam, pois padronização, rastreabilidade e melhoria contínua são, ao mesmo tempo, requisitos do RBAC 145 e pilares do *Lean Office* e do SMS.

Palavras-chave: *Lean Maintenance Office*; *Safety Management System*; RBAC 145; *Blockchain* aeronáutico; Gestão documental.

¹ Doutor Eng. de Defesa pelo Instituto Militar de Engenharia. Mestre em Eng. de Transportes pelo mesmo instituto. Bacharel em Ciências Aeronáuticas pela Pontifícia Universidade Católica de Goiás. Instituto Militar de engenharia - IME. E-mail: fiaco@ime.eb.br

² Pós-graduado em Segurança Operacional e Qualidade na Aviação pela Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC-GO). E-mail: borgespezequel@gmail.com

³ Pós-graduado em Segurança Operacional e Qualidade na Aviação pela Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC-GO). Engenheira Aeronáutica pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. E-mail: souza.rmarina@gmail.com

⁴ Pós-graduado em Segurança Operacional e Qualidade na Aviação pela Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC-GO). E-mail: montoyarf@gmail.com

⁵ Professor da Faculdade de Administração da Universidade de Brasília (UnB). Doutor em Eng. de Transportes pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). E-mail: tafarelgois@yahoo.com.br

LEAN MAINTENANCE OFFICE: APPLICABILITY OF LEAN PRACTICES AND INTEGRATION WITH SAFETY MANAGEMENT SYSTEM IN DOCUMENT MANAGEMENT OF AIRCRAFT MAINTENANCE ORGANIZATIONS

ABSTRACT

Aircraft maintenance operates in a highly regulated environment in which document management is central to operational safety and compliance with the Brazilian Civil Aviation Regulations (RBAC). Small Maintenance Organizations, classified by ANAC as those with eight to fifteen employees, face significant challenges in meeting the requirements of RBAC 145, RBAC 43, and IS 145.214-001B with limited resources. This article examines the applicability of the Lean Maintenance Office (LMO) model, understood as the integration of Lean Thinking, Lean Office, and Lean Maintenance, and proposes its articulation with the Safety Management System (SMS) as a path to optimize Technical Maintenance Control (CTM). The research adopts a systematic literature review following the PRISMA 2020 protocol, complemented by documentary analysis of ANAC regulations and international Maintenance, Repair and Overhaul (MRO) benchmarking. The findings identify seven categories of document waste and propose a conceptual model structured around six axes: documentary 5S, standardization with Poka-Yoke, Kanban, digitalization with Blockchain validation, Kaizen, and SMS integration. The study demonstrates that lean principles do not conflict with regulatory requirements; on the contrary, they reinforce them, since standardization, traceability and continuous improvement are simultaneously requirements of RBAC 145 and pillars of Lean Office and SMS.

Keywords: Lean Maintenance Office; Safety Management System; RBAC 145; Aeronautical Blockchain; Document management.

1 INTRODUÇÃO

A aviação constitui um ecossistema de elevada complexidade, no qual a segurança e a confiabilidade são princípios inegociáveis. Para assegurar esses

pilares, a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) estabelece normas que abrangem toda a cadeia produtiva, incluindo a manutenção aeronáutica. O RBAC 145 (Organizações de Manutenção), o RBAC 43 (Regras Gerais de Manutenção) e o RBAC 65 (Certificação de Pessoal) definem padrões obrigatórios de rastreabilidade, qualidade e controle documental. Embora indispensáveis, essas exigências impõem desafios significativos às oficinas de pequeno porte, que precisam cumprir os mesmos requisitos aplicados a grandes operadores com recursos humanos e estruturais limitados (Anuário Brasileiro de Aviação Civil, 2025).

No plano internacional, o Anexo 19 da OACI consolidou o *Safety Management System (SMS)* como pilar do gerenciamento da segurança operacional (ICAO, 2016, 2018). A União Europeia tornou o SMS obrigatório para Organizações Part-145 desde 2 de dezembro de 2024, por meio do Regulamento (UE) 2021/1963 (EASA, 2024), e a *Federal Aviation Administration* estende o escopo da regra de SMS a múltiplos segmentos. No Brasil, a IS 145.214-001B já exige o Sistema de Gerenciamento da Segurança Operacional (SGSO/SMS) das OM, e a Resolução ANAC nº 458/2017 regulamenta a digitalização de registros, com menção explícita ao uso de *Blockchain* como mecanismo de garantia de integridade (ANAC, 2017, 2018, 2022).

Surge, assim, uma questão central: como pequenas OM podem transformar a gestão documental de uma obrigação burocrática em um instrumento de eficiência, rastreabilidade e segurança operacional, em conformidade simultânea com os requisitos enxutos e com os pilares do SMS? A filosofia *Lean*, originada no Sistema Toyota de Produção (Ohno, 1988; Shingo, 1989) e consolidada por Womack e Jones (1996), oferece princípios — eliminação de desperdícios, fluxo contínuo, valor para o cliente e melhoria contínua — que se expandiram para áreas administrativas, via *Lean Office* (Tapping; Shuker, 2010), e para a manutenção, via *Lean Maintenance* (Smith; Hawkins, 2004; Ayeni et al., 2011).

A integração dessas vertentes resulta no conceito de *Lean Maintenance Office (LMO)*: a aplicação dos princípios enxutos aos processos administrativos e documentais relacionados à manutenção. Quando articulado ao SMS, esse modelo deixa de ser uma técnica de produtividade e passa a operar como ferramenta de gestão proativa de risco, alinhada simultaneamente ao RBAC 145, à IS 145.214-001B e às exigências internacionais da Part 145.

1.1 JUSTIFICATIVA

Estudos como os de Mostafa, Dumrak e Soltan (2015) e Ayeeni, Baines, Lightfoot e Ball (2011) demonstram que a adoção de práticas enxutas em MRO produz ganhos de eficiência, redução do tempo de ciclo e maior confiabilidade documental. A literatura recente sobre SMS em manutenção aeronáutica (Insua-Arévalo; Baena; Cárcel-Carrasco, 2024; Kafka; Filip, 2023; Zimmermann; Duffy, 2022) enfatiza que a maturidade do SMS depende de processos auditáveis e rastreáveis, com indicadores de desempenho — atributos que coincidem com a essência do Lean Office. Tecnologias emergentes, como o Blockchain (Ahmad *et al.*, 2021; Aleshi; Seker; Babiceanu, 2024; Efthymiou *et al.*, 2022), potencializam a rastreabilidade e a imutabilidade dos registros.

Pequenas organizações enfrentam desafios na padronização de processos administrativos, marcados por alta rotatividade, falta de processos formalizados e baixa cultura organizacional (Guimarães; De Paula; Couto, 2023; Alotaibi; Liu, 2016). Esses fatores reforçam a dificuldade dessas empresas em adotar práticas estruturadas de *Business Process Management* (BPM). Nesse contexto, o *Lean Office* surge como resposta viável (Dennis, 2007; Tapping; Shuker, 2010), e sua integração ao SMS oferece um caminho para que a melhoria contínua opere também como mecanismo de *Safety Risk Management*.

No setor aeronáutico, a ANAC classifica como de pequeno porte as OM com 8 a 15 colaboradores (ANAC, 2018), perfil predominante no país, com 607 OM distribuídas em diversas categorias (Anuário Brasileiro de Aviação Civil, 2025). A justificativa deste estudo repousa na sua relevância acadêmica e prática: contribui ao integrar *Lean Thinking*, *Lean Office*, *Lean Maintenance* e SMS em um modelo único voltado às pequenas OM, e oferece a essas oficinas caminhos para alcançar excelência operacional sem comprometer a segurança.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Analisar a aplicabilidade do modelo *Lean Maintenance Office* no Controle Técnico de Manutenção (CTM) de OM aeronáuticas de pequeno porte e discutir como a integração de ferramentas enxutas (5S, padronização, Kanban, Kaizen), de tecnologias digitais (*Blockchain*) e dos pilares do SMS pode garantir a conformidade regulatória, aumentar a rastreabilidade e otimizar a eficiência administrativa.

1.2.2 Objetivos específicos

- a) Realizar revisão sistemática da literatura sobre *Lean Thinking*, *Lean Office*, *Lean Maintenance* e SMS em manutenção aeronáutica, segundo o protocolo PRISMA 2020;
- b) Identificar e analisar, por meio de pesquisa documental e *benchmarking* internacional, ferramentas Lean e tecnologias digitais com potencial de aplicação na gestão documental de MRO;
- c) Mapear os requisitos regulatórios da ANAC (RBAC 145, RBAC 43, IS 145.214-001B, Resolução 458/2017) que regem o CTM e identificar desperdícios documentais (Mudas) recorrentes em pequenas OM;
- d) Propor um modelo conceitual de *Lean Maintenance Office* para o CTM, articulado aos pilares do SMS, com mecanismos de controle e travas documentais que garantam conformidade, rastreabilidade e eficiência.

2 REVISÃO TEÓRICA

2.1 FUNDAMENTOS DO LEAN THINKING

O conceito de *Lean* tem origem no *Toyota Production System*, desenvolvido por Taiichi Ohno e consolidado por Womack e Jones (1996) em *Lean Thinking*. Seus princípios — identificação de valor, mapeamento do fluxo de valor, criação de fluxo contínuo, sistemas puxados e busca pela perfeição — têm sido aplicados em diversos setores. A aplicação desses princípios depende de ferramentas específicas

(Rewers *et al.*, 2016). Erbs, Detro e Rosa (2021), por meio do método ProKnow-C, identificam as ferramentas mais utilizadas: 5S (Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke), Kanban, padronização de processos, Kaizen e Value Stream Mapping (VSM).

Simonsen, Herrera e Atencio (2023) destacam criticamente que a efetividade dessas ferramentas está vinculada ao seu uso integrado à filosofia *Lean*. Aplicadas isoladamente, geram apenas resultados pontuais. Esse alerta é especialmente relevante em ambientes regulados, como o setor aeronáutico, onde mudanças culturais consistentes são pré-requisito para a segurança operacional.

2.2 LEAN OFFICE: EXPANSÃO DO LEAN PARA PROCESSOS ADMINISTRATIVOS

A partir dos resultados na manufatura, o *Lean* expandiu-se para áreas administrativas, como o *Lean Office*. Freitas e Freitas (2019) o definem como melhoria do fluxo de informações em apoio à melhoria contínua. Ruwanpura, Perera e Ranadewa (2023) registram que práticas enxutas em ambientes administrativos reduzem desperdícios e atrasos e aumentam a confiabilidade das atividades de apoio. Santos, Bragatto e Calado (2024) destacam que o *Lean Office*, aliado às tecnologias da Indústria 4.0, possibilita a redução dos tempos de espera, a padronização de tarefas e a melhoria da qualidade da informação. Em oficinas aeronáuticas, esse arranjo permite otimizar o ciclo de manutenção, reduzir retrabalhos e melhorar a confiabilidade documental.

2.3 LEAN MAINTENANCE E LEAN MRO

Smith e Hawkins (2004) consolidam o conceito de *Lean Maintenance* no contexto da aviação, buscando alinhar a confiabilidade à redução de custos, sem comprometer a segurança. Ayeni, Baines, Lightfoot e Ball (2011), em uma revisão de referência publicada no *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part B*, mapeiam o estado da arte do *Lean* na indústria de *Repair and Overhaul* (MRO) e identificam barreiras culturais e regulatórias específicas do setor. Em estudo posterior, Ayeni, Ball e Baines (2016) propõem um *framework* para adoção estratégica do *Lean* em MRO, evidenciando que a aderência depende menos de ferramentas isoladas e mais da integração com sistemas de gestão da qualidade e da segurança.

Stoll, Paryani e Awoniyi (2018), no *The Aeronautical Journal*, descrevem a aplicação direta de princípios Lean e de soluções de para registros de manutenção em *Continuing Air worthiness Management Organisations* (CAMO), demonstrando ganhos de eficiência e melhor controle das versões dos manuais. Mostafa, Dumrak e Soltan (2015) propõem um *Lean Maintenance Roadmap* aplicável a ambientes industriais e aeronáuticos. Ulewicz, Mazur e Bošković (2024) consolidam, em uma revisão sistemática, evidências de que a maturidade Lean em manutenção depende da cultura organizacional, da capacitação e de indicadores objetivos.

2.4 SAFETY MANAGEMENT SYSTEM (SMS) E CONVERGÊNCIA COM LEAN

O *Safety Management System* (SMS), conforme estabelecido no Anexo 19 da OACI (ICAO, 2016) e operacionalizado pelo Doc 9859 (ICAO, 2018), estrutura a gestão da segurança em quatro pilares: Política e Objetivos de Segurança, Gestão de Riscos de Segurança (GRS), Garantia de Segurança e Promoção da Segurança. No Brasil, esses pilares são incorporados ao SGSO previsto no RBAC 145 e detalhados pela IS 145.214-001B (ANAC, 2018). Internacionalmente, o Regulamento (UE) 2021/1963 tornou o SMS obrigatório para todas as Organizações Part-145 a partir de 02 de dezembro de 2024 (EASA, 2024).

A literatura aponta uma convergência substancial entre *Lean* e SMS. De Carvalho, Saurin, Savio e Almeida (2015) descrevem o desenvolvimento e a implementação de um SMS em uma companhia aérea *Lean*, evidenciando que melhorias no fluxo de informações, na padronização e na cultura colaborativa beneficiam ambos os sistemas. Insua-Arévalo, Baena e Cárcel-Carrasco (2024) demonstram que a abordagem baseada em risco na manutenção depende fortemente de processos auditáveis e rastreáveis, características intrínsecas do *Lean Office*. Kafka e Filip (2023) mapeiam perigos no setor de manutenção e os associam a falhas de gestão documental e cultural.

Há também tensões a considerar. Saurin e Werle (2017) alertam para o paradoxo da redução de slack em sistemas sociotécnicos: cortes nos buffers documentais podem aumentar a fragilidade diante de eventos imprevistos. Hollnagel (2014) propõe a transição de uma abordagem reativa (*Safety-I*) para uma abordagem proativa (*Safety-II*), na qual a segurança decorre do desempenho cotidiano em condições reais. Reason (1997, 2000) consolida o modelo de queijo

suíço, no qual falhas documentais latentes alinham-se a defeitos ativos para produzir acidentes. Esses referenciais reforçam a necessidade de tratar as mudanças documentais não apenas como ineficiências, mas também como riscos potenciais.

2.5 GESTÃO DOCUMENTAL DIGITAL, INDÚSTRIA 4.0 E *BLOCKCHAIN*

A gestão documental é elemento basilar para a eficiência administrativa, mas a descentralização do armazenamento, a morosidade na recuperação e a suscetibilidade a erros comprometem sua eficácia (Costa; De Souza, 2022). Ainda hoje, parte expressiva dos registros de manutenção aeronáutica é mantida em papel. Efthymiou, McCarthy, Markou e O'Connell (2022) descrevem os riscos do livro de registro físico — danos, perdas, extravios — e os custos de reconstrução documental. O conceito de MRO 4.0 (Plastropoulos *et al.*, 2024) sintetiza a aplicação de tecnologias da Indústria 4.0 à manutenção aeronáutica, com adoção de Internet das Coisas, gêmeos digitais e *Blockchain*.

A Resolução ANAC nº 458/2017, com as alterações nº 511/2019 e 678/2022, regulamenta o uso de sistemas informatizados em substituição aos registros em papel, e o Programa de Transformação Digital, instituído pela Portaria nº 8.499/SPO (ANAC, 2022), apoia a transição. O Art. 3º da Resolução 458/2017 menciona explicitamente a gravação em banco de dados do tipo *Blockchain* como meio de demonstrar a segurança do registro. Ahmad *et al.*, (2021), Aleshi, Seker e Babiceanu (2024) e Dela Peña, Rutao e Corpuz (2024) apresentam *frameworks* concretos de *Blockchain* aplicados a registros de aeronavegabilidade, com ganhos em transparência, imutabilidade e auditabilidade. Madhwal e Panfilov (2017) ampliam a discussão para a cadeia de suprimentos de peças aeronáuticas.

3 METODOLOGIA

A pesquisa caracteriza-se como teórico-conceitual, de natureza qualitativa e finalidade aplicada. O método principal é a Revisão Sistemática da Literatura (RSL) conduzida segundo o protocolo PRISMA 2020 (Page *et al.*, 2021) e os princípios de Tranfield, Denyer e Smart (2003), complementada por análise documental dos atos normativos da ANAC e por *benchmarking* de casos internacionais relevantes em MRO.

As bases consultadas foram Scopus, Web of Science, ScienceDirect, IEEE Xplore e SciELO, no período de 2010 a 2025. As strings de busca combinaram os termos: ("*lean maintenance*" OR "*lean office*" OR "*lean MRO*") AND ("*aviation*" OR "*aircraft*" OR "*aeronautical*") AND ("*document management*" OR "*records*" OR "*safety management*" OR "*SMS*" OR "*blockchain*"). Os critérios de inclusão foram: artigos revisados por pares, em inglês ou português, publicados entre 2010 e 2025, com foco em manutenção aeronáutica ou processos administrativos correlatos. Os critérios de exclusão eliminaram artigos exclusivamente focados na manufatura, sem aplicação a MRO, ou em segmentos não regulados.

A análise documental abrangeu o RBAC 145 (Emenda 04), o RBAC 43, a IS 145.214-001B, a Resolução ANAC nº 458/2017 (consolidada com as Resoluções 511/2019 e 678/2022) e a Portaria 8.499/SPO (ANAC, 2022). O *benchmarking* internacional incluiu casos relatados por Boeing (EPA, 2000), Lockheed Martin LM21 (EPA, 2014), Airbus (*Hangar of the Future*) e Lufthansa Technik AVIATAR. Os dados foram tratados pela técnica de análise de conteúdo de Bardin (2011), com categorias a priori derivadas dos pilares do SMS e dos sete tipos clássicos de Muda, e categorias emergentes identificadas durante a codificação.

Reconhecem-se como limitações do estudo a ausência de validação empírica em campo, o foco no contexto regulatório brasileiro e o escopo restrito às OM de pequeno porte. Essas limitações são apresentadas como sugestões para trabalhos futuros.

4 DESENVOLVIMENTO

A integração entre *Lean Thinking*, *Lean Office*, *Lean Maintenance* e SMS resulta no modelo conceitual denominado *Lean Maintenance Office* (LMO). Trata-se de uma abordagem que transpõe os princípios enxutos para o ambiente administrativo-documental das oficinas de manutenção aeronáutica e os articula aos pilares do SMS, sem perder de vista a conformidade regulatória.

4.1 EIXO 1 — APLICAÇÃO DO 5S À DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA

O 5S é o ponto de partida natural para a implementação do LMO. Adaptados ao Controle Técnico de Manutenção (CTM), os cinco sentidos podem ser interpretados da seguinte forma. *Seiri* (utilização) consiste em eliminar documentos obsoletos, versões revogadas de manuais técnicos e formulários desatualizados. *Seiton* (ordenação) diz respeito à organização lógica dos documentos por meio de um sistema de indexação padronizado. *Seiso* (limpeza) refere-se à eliminação de registros duplicados, campos em branco e inconsistências. *Seiketsu* (padronização) é o senso mais relevante para a conformidade com o RBAC 145, pois trata da criação de procedimentos escritos que descrevam como os documentos devem ser abertos, preenchidos, revisados, assinados e arquivados. *Shitsuke* (disciplina) sustenta a mudança por meio de auditorias internas periódicas e comprometimento da liderança, exigência reforçada pela IS 145.214-001B (ANAC, 2018).

Do ponto de vista do SMS, o 5S documental opera como elemento do pilar *Safety Promotion*: organiza o ambiente de trabalho da equipe técnica e reduz erros latentes associados à fadiga visual e à confusão entre versões.

4.2 EIXO 2 — PADRONIZAÇÃO DE FLUXOS DOCUMENTAIS E BPM

A padronização dos processos documentais, segundo o *Business Process Management (BPM)*, define como cada documento nasce, tramita e é encerrado. No CTM, o fluxo tem início com a abertura da Ordem de Serviço (OS), passa pelo planejamento dos recursos, pela execução técnica, pela conferência pelo Inspetor, pela emissão da Aprovação para Retorno ao Serviço (APRS) e pelo encerramento. Cada etapa possui exigências documentais específicas previstas nos RBAC 145 e 43, que atuam como travas naturais ao processo. A proposta do LMO é transformar essas travas regulatórias em travas documentais automatizadas, integradas ao workflow eletrônico. Esse mecanismo aproxima-se do *Poka-Yoke* documental, adaptação do dispositivo à prova de erros de Shingo (1989) ao contexto administrativo: tornar o erro mais difícil de cometer do que a conformidade.

4.3 EIXO 3 — KANBAN DOCUMENTAL

O Kanban documental adapta o sinal visual do ambiente fabril ao fluxo de OS e documentos associados. Em OM com registros físicos, ele pode ser implementado por meio de um painel dividido em colunas: Aberta, Em execução, Aguardando APRS, Encerrada e Arquivada. Em ambientes digitais, o painel pode ser reproduzido em sistemas informatizados, com alertas automáticos para documentos próximos do vencimento e para prazos regulatórios em risco. A percepção imediata de gargalos é especialmente valiosa em pequenas OM, nas quais o Responsável Técnico acumula funções operacionais e administrativas.

4.4 EIXO 4 — DIGITALIZAÇÃO E BLOCKCHAIN

A digitalização dos registros, regulamentada pela Resolução ANAC nº 458/2017 e suas alterações posteriores, representa um caminho sem retorno para a modernização das OM. Efthymiou *et al.*, (2022) descrevem os riscos do registro físico no setor aeronáutico — danos, perdas, extravios — e os custos de reconstrução documental. A tecnologia *Blockchain* emerge como resposta direta às exigências regulatórias: o Art. 3º da Resolução 458/2017 menciona explicitamente a gravação em banco de dados do tipo *Blockchain* como meio de demonstrar a segurança do sistema informatizado. Aleshi, Seker e Babiceanu (2024) e Ahmad *et al.*, (2021) descrevem frameworks que oferecem imutabilidade, redução de retrabalho e diminuição do custo de armazenamento físico.

Reconhecem-se limitações: a implementação exige investimento em tecnologia, treinamento e processos formais de acreditação. Para OM de menor porte, recomenda-se uma abordagem gradual — digitalização convencional dos registros e avanço progressivo para soluções com *Blockchain*, possivelmente em redes permissionadas (Hyper ledger Fabric).

4.5 EIXO 5 — KAIZEN DOCUMENTAL

O Kaizen propõe que melhorias não sejam eventos isolados, mas postura permanente. No CTM, pode ser operacionalizado por meio de reuniões periódicas de curta duração, nas quais a equipe discute não conformidades documentais,

propõe ajustes nos procedimentos e registra lições aprendidas. Esse ciclo virtuoso consolida a cultura de padronização e conformidade. Simonsen, Herrera e Atencio (2023) identificam a descontinuidade após os ganhos iniciais como o principal fator de fracasso das implementações *Lean*. Em pequenas OM, em que a rotatividade de pessoal é frequente, o Kaizen documental funciona como mecanismo de retenção do conhecimento organizacional.

4.6 EIXO 6 — INTEGRAÇÃO AO SAFETY MANAGEMENT SYSTEM

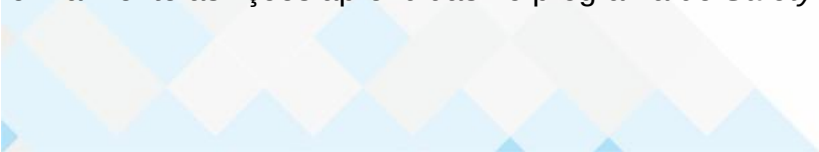
O sexto eixo consolida a articulação entre LMO e os quatro pilares do SMS. Cada Muda documental identificada nos eixos anteriores passa a ser tratada como hazard, com avaliação de severidade e probabilidade pela matriz de risco do SMS (ICAO, 2018). O comprometimento da alta gestão exigido pela IS 145.214-001B materializa o pilar "*Safety Policy and Objectives*" (Quadro 1). Desse modo, a gestão documental enxuta deixa de ser uma técnica de produtividade para constituir um instrumento de gestão proativa de risco.

Quadro 1 — Convergências entre os pilares do SMS e os eixos do modelo LMO

Pilar do SMS	Convergência com o eixo do LMO
SafetyPolicyandObjectives	Eixo 5 (Kaizen) e compromisso da alta gestão (IS 145.214-001B)
Safety Risk Management	Eixos 1, 2 e 3 (5S, padronização e Kanban): Mudanças tratadas como hazards
SafetyAssurance	Eixo 4 (digitalização e Blockchain): trilhas de auditoria imutáveis e SPIs
SafetyPromotion	Eixos 1 e 5 (5S e Kaizen): cultura justa, treinamento e gestão visual

Fonte: elaborado com base em ICAO (2016, 2018), ANAC (2018) e Insua-Arévalo, Baena e Cárcel-Carrasco (2024).

O *workflow* eletrônico produz indicadores de desempenho da segurança (*Safety Performance Indicators*) e metas (*Safety Performance Targets*), realimentando o pilar *Safety Assurance*. As reuniões de Kaizen passam a registrar formalmente as lições aprendidas no programa de *Safety Promotion*.



5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 DIAGNÓSTICO DOS DESPERDÍCIOS DOCUMENTAIS NO CTM

A análise da literatura revisada, em cotejo com o RBAC 145 e o RBAC 43, permitiu identificar um conjunto recorrente de ineficiências documentais nas pequenas OM aeronáuticas. Antes de qualquer proposta de melhoria, é necessário compreender onde esses desperdícios se manifestam, pois é nesse ponto que a filosofia Lean encontra sua razão de ser. O CTM é o fio condutor que garante a rastreabilidade de cada intervenção realizada em uma aeronave. Em organizações de pequeno porte, esse fluxo ocorre frequentemente de maneira fragmentada, dependente de rotinas informais e vulnerável à rotatividade de pessoal (Guimarães; De Paula; Couto, 2023).

Quadro 2 — Categorias de desperdício documental (Muda) no CTM e implicações para o SMS

Categoria de Muda	Manifestação no CTM de pequenas OM	Implicação para o SMS
Superprodução documental	Cópias extras de formulários nunca utilizadas; replicação em papel e planilha	Aumento da carga cognitiva e do risco de uso de versão incorreta
Espera	Tempo ocioso aguardando aprovação de formulários que tramitam fisicamente	Atrasos podem comprometer prazos regulatórios e a aeronavegabilidade
Transporte desnecessário	Circulação de pastas entre hangar, sala técnica e arquivo	Risco de extravio e quebra de cadeia de custódia documental
Processamento excessivo	Preenchimento manual repetitivo e dupla conferência	Erros por fadiga; identificado como hazard recorrente (Reason, 2000)
Estoque de documentos	OS abertas aguardando encerramento; assinaturas pendentes	Acúmulo aumenta probabilidade de não conformidade em auditoria
Movimentação desnecessária	Busca por documentos em pastas físicas mal organizadas	Tempo de resposta a auditoria comprometido
Defeitos e retrabalho	Erros de preenchimento; não conformidades em auditoria	Hazard direto: registro inconsistente afeta decisões de aeronavegabilidade

Fonte: adaptado de Ohno (1988), Tapping e Shuker (2010), Reason (2000) e Insua-Arévalo, Baena e Cárcel-Carrasco (2024).

Os desperdícios identificados não decorrem, em sua maioria, de negligência dos profissionais envolvidos. Ao contrário, refletem ausência de processos formalizados e de cultura de padronização, agravadas pela escassez de recursos típica das OM de pequeno porte (Alotaibi; Liu, 2016). Nesse sentido, o problema documental nas OM é, antes de tudo, um problema de gestão. A constatação alinha-se ao argumento de Simonsen, Herrera e Atencio (2023): ferramentas *Lean* isoladas produzem resultados pontuais e efêmeros; o que gera transformação sustentável é a mudança cultural que acompanha a implementação dessas ferramentas. Em oficinas aeronáuticas, esse argumento ganha peso adicional, pois qualquer ineficiência documental representa potencial risco à segurança operacional.

5.2 ANÁLISE COMPARATIVA: CTM ANTES E DEPOIS DO LMO

Quadro 3 — Comparativo entre o estado atual e o estado futuro projetado pelo modelo LMO

Dimensão	Estado atual (sem LMO)	Estado futuro (com LMO + SMS)
Abertura de OS	Manual, sem padronização; dependente do conhecimento tácito	Formulário digital padronizado com campos obrigatórios e Poka-Yoke
Tramitação	Física, com circulação de pastas entre setores	Workflow eletrônico com rastreamento em tempo real
Versões de manuais	Informal; risco de uso de versão revogada	Gestão centralizada com bloqueio de versões obsoletas
APRS	Sem trava documental prévia	Emissão condicionada à verificação automática dos registros obrigatórios
Rastreabilidade	Reconstituída manualmente em auditoria	Trilha de auditoria digital imutável via Blockchain
Melhoria contínua	Reativa, após não conformidades	Proativa, via ciclos Kaizen com SPIs alimentando o SMS
Gestão de risco	Implícita e fragmentada	Mudas documentais tratadas como hazards no SRM

Fonte: elaborado com base em Ohno (1988), ANAC (2017, 2018, 2022) e ICAO (2016, 2018).

A transformação proposta não é incremental, mas sistêmica. Ela reorganiza a lógica com que a organização trata a informação: de obrigação burocrática a instrumento estratégico de gestão e segurança. Essa mudança de perspectiva

diferencia as OM que apenas cumprem a regulação daquelas que fazem da conformidade um diferencial competitivo.

5.3 INDICADORES DE DESEMPENHO PARA VALIDAÇÃO DO MODELO

Para que o modelo seja mensurável, propõem-se *Safety Performance Indicators (SPIs)* e *Safety Performance Targets (SPTs)* por eixo. Esses indicadores conectam diretamente os ganhos enxutos aos requisitos do SMS e do RBAC 145, permitindo monitoramento contínuo e evidenciação em auditoria.

Quadro 4 — Indicadores de desempenho propostos para o modelo LMO

Eixo do LMO	Indicador (SPI)	Meta sugerida (SPT)
1 — 5S documental	Índice de aderência à versão vigente de manuais (DocumentCurrency Index)	≥ 98% após 6 meses
2 — Padronização/BPM	Taxa de OS com retrabalho documental	Redução de 50% em 12 meses
3 — Kanban	Lead time médio do CTM (abertura ao arquivamento)	Redução de 30% em 9 meses
4 — Digitalização/Blockchain	Tempo médio de recuperação de registros em auditoria	≤ 2 minutos por registro
5 — Kaizen	Número de não conformidades reincidentes/trimestre	Redução de 60% em 12 meses
6 — SMS	Taxa de hazards documentais identificados proativamente	≥ 80% antes da ocorrência

Fonte: elaborado pelos autores com base em ICAO (2018) e Stoll, Paryani e Awoniyi (2018).

5.4 BARREIRAS À IMPLEMENTAÇÃO

A literatura sobre Lean em pequenas e médias empresas é farta em registrar barreiras que comprometem essas iniciativas (Jouhri; Soulhi, 2020; Silva et al., 2020). A primeira é a resistência cultural: nas pequenas OM, processos informais funcionam aparentemente bem na percepção dos colaboradores, e a formalização é vista como burocracia adicional. Superar essa resistência exige comunicação clara e participação dos colaboradores no desenho dos novos processos. A segunda barreira é a escassez de recursos humanos qualificados: em uma organização de oito a quinze colaboradores, dificilmente haverá um profissional dedicado exclusivamente à gestão de processos. O caminho é a capacitação focada e

distribuída. A terceira barreira é o custo da transformação digital, que deve ser comparado ao custo da não transformação: multas regulatórias, retrabalho, perda de contratos e ineficiência operacional.

Há ainda uma barreira crítica menos discutida: o paradoxo *Lean* × Segurança. Saurin e Werle (2017) e Hollnagel (2014) alertam que a redução excessiva de *slack* pode aumentar a fragilidade do sistema sociotécnico. A resposta do LMO é manter *buffers* documentais inteligentes (versionamento automático, redundância distribuída em *Blockchain*), eliminando desperdícios sem sacrificar resiliência. A integração ao SMS funciona como mecanismo de proteção: *hazards* introduzidos por novas práticas são detectados pelo *Safety Risk Management* antes de se converterem em eventos.

5.5 ALINHAMENTO COM OS REQUISITOS DA ANAC E COM O CENÁRIO INTERNACIONAL

A filosofia *Lean* não entra em tensão com as exigências da ANAC; ao contrário, as reforça. O RBAC 145, ao exigir rastreabilidade, está pedindo o que o *Lean* propõe: processos documentados, auditáveis e consistentes. A IS 145.214-001B alinha-se ao Kaizen ao determinar que a alta gestão garanta políticas e recursos para melhoria contínua. A Resolução 458/2017 antecipa o caminho que o mercado já aponta com o *Blockchain*. No cenário internacional, o Regulamento (UE) 2021/1963 (EASA, 2024) impôs SMS a Part-145 a partir de dezembro de 2024 e cria pressão competitiva para que OM brasileiras avancem em maturidade equivalente. Estudos comparativos (Ayeni; Ball; Baines, 2016; Stoll; Paryani; Awoniyi, 2018) mostram que organizações que implementaram *Lean* MRO antes da exigência regulatória do SMS tiveram transição mais suave, pois a infraestrutura documental e cultural já estava posicionada.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo analisou a aplicabilidade do modelo *Lean Maintenance Office* (LMO) no Controle Técnico de Manutenção (CTM) de Organizações de Manutenção (OM) de pequeno porte, à luz das exigências regulatórias da ANAC e em articulação com os pilares do *Safety Management System* (SMS). Partiu-se da premissa de que a regulação aeronáutica, longe de ser obstáculo à eficiência, estabelece padrões de

rastreabilidade, padronização e auditabilidade convergentes com o *Lean*. O desafio das pequenas OM não reside na regulação em si, mas na capacidade estrutural, econômica e operacional de implementá-la com consistência.

A análise mostrou que os processos documentais das pequenas OM apresentam ineficiências recorrentes — superprodução, espera, retrabalho, movimentação desnecessária e falhas de padronização —, decorrentes da ausência de processos estruturados e de cultura de melhoria contínua. A aplicação integrada de *Lean Thinking*, *Lean Office*, *Lean Maintenance* e SMS oferece alternativa consistente para a reestruturação desses processos. O modelo conceitual proposto, em seis eixos — 5S documental, padronização com Poka-Yoke, Kanban, digitalização com Blockchain, Kaizen e integração ao SMS —, demonstrou potencial para reduzir desperdícios, aumentar rastreabilidade e fortalecer a conformidade regulatória, com indicadores mensuráveis.

Os objetivos foram alcançados: identificaram-se gargalos documentais, analisaram-se ferramentas aderentes ao ambiente regulado e propôs-se modelo conceitual estruturado. Reconhecem-se limitações: a pesquisa é teórico-conceitual, sem validação empírica, e tem como foco o contexto regulatório brasileiro. A implementação enfrenta desafios de resistência cultural, recursos limitados e necessidade de capacitação. Esses fatores reforçam que a transformação proposta é técnica e organizacional, exigindo comprometimento da alta gestão e visão de longo prazo.

Conclui-se que não há antagonismo entre eficiência operacional e conformidade regulatória na manutenção aeronáutica, mas sim convergência. Padronização, rastreabilidade, auditabilidade e melhoria contínua são, simultaneamente, pilares do *Lean*, requisitos do RBAC 145 e elementos do SMS. O LMO, articulado ao SMS, oferece às pequenas OM um caminho para que a conformidade deixe de ser um custo e passe a ser um diferencial competitivo e um fundamento da segurança operacional.

6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Recomendam-se: (i) pesquisa-ação em uma OM de pequeno porte, com mensuração pré e pós da implementação dos seis eixos; (ii) estudo Delphi com auditores da ANAC para validar e priorizar as Mudanças documentais; (iii) prova de

conceito de *Blockchain* permissionado (*Hyper ledger Fabric*) para registros de APRS, com avaliação de custo/benefício; (iv) investigação do fator humano na adoção de práticas *Lean*, com foco em resistência cultural, engajamento e papel da alta gestão; (v) estudos comparativos internacionais que avaliem a aplicabilidade do LMO em diferentes regimes regulatórios (EASA Part-145, FAA Part-145), à luz da obrigatoriedade do SMS.

REFERÊNCIAS

- AHMAD, R. W.; SALAH, K.; JAYARAMAN, R.; HASAN, H. R.; YAQOOB, I.; OMAR, M. The role of blockchain technology in aviation industry. *IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine*, v. 36, n. 3, p. 4–15, 2021.
- ALESHI, A.; SEKER, R.; BABICEANU, R. F. Blockchain Model for Enhancing Aircraft Maintenance Records Security. In: *IEEE International Symposium on Technologies for Homeland Security (HST)*, 2024.
- ALOTAIBI, Y.; LIU, F. Management practice in small enterprises: problems and solutions from the perspective of open innovation. *Enterprise Information Systems*, v. 10, n. 8, p. 1–20, 2016.
- ALQARYUTI, A.; MOAWAD, K.; SALAH, K. et al. Estrutura baseada em blockchain para gestão de manutenção preventiva de sistemas hidráulicos de aeronaves. *Discover Internet of Things*, v. 5, art. 50, 2025.
- AYENI, P.; BAINES, T.; LIGHTFOOT, H.; BALL, P. State-of-the-art of "Lean" in the aviation maintenance, repair, and overhaul industry. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, v. 225, n. 11, p. 2108–2123, 2011.
- AYENI, P.; BALL, P.; BAINES, T. Towards the strategic adoption of Lean in aviation Maintenance Repair and Overhaul (MRO) industry. *Journal of Manufacturing Technology Management*, v. 27, n. 1, p. 38–61, 2016.
- BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. São Paulo: Edições 70, 2011.
- BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). IS 145.214-001B – Sistema de Gerenciamento da Segurança Operacional em Organizações de Manutenção de Produto Aeronáutico. Brasília: ANAC, 2018.
- BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). Resolução nº 458, de 9 de novembro de 2017. Brasília: ANAC, 2017.
- BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). Portaria nº 8.499/SPO, de 11 de julho de 2022. Institui o Programa de Transformação Digital. Brasília: ANAC, 2022.

CAVAGLIERI, M.; JULIANI, J. Lean Archives: o emprego do Lean Office na gestão de arquivos. Perspectivas em Ciência da Informação, Belo Horizonte, 2016.

COSTA, M. A. F.; DE SOUZA, R. R. Gestão documental digital: desafios e perspectivas para instituições públicas. Revista Brasileira de Administração Pública, v. 56, n. 3, p. 425–441, 2022.

DE CARVALHO, R. J. M.; SAURIN, T. A.; SAVIO, S. M.; ALMEIDA, S. R. M. Development and Implementation of a Safety Management System in a Lean Airline. Cognition, Technology & Work, v. 17, n. 1, p. 39–57, 2015.

DEKKER, S. The Field Guide to Understanding Human Error. 3. ed. Farnham: Ashgate, 2014.

DELA PEÑA, A. C.; RUTAO, M. I.; CORPUZ, R. P. Blockchain-enabled MRO: enhancing transparency and efficiency in aircraft maintenance. International Journal of Advances in Scientific Research and Engineering, v. 10, n. 12, p. 1–13, 2024.

DENNIS, P. Produção Lean simplificada. Porto Alegre: Bookman, 2007.

EFTHYMIU, M.; MCCARTHY, K.; MARKOU, C.; O'CONNELL, J. F. An Exploratory Research on Blockchain in Aviation: The Case of Maintenance, Repair and Overhaul (MRO) Organizations. Sustainability, v. 14, n. 5, 2643, 2022.

ERBS, C. C.; DETRO, S. R.; ROSA, M. R. The Lean Tools and Elements Most Used in Literature: Application of ProKnow-C. Journal of Lean Systems, v. 6, n. 1, p. 1–18, 2021.

EUROPEAN UNION AVIATION SAFETY AGENCY. Easy Access Rules for Continuing Airworthiness — Regulation (EU) No 1321/2014, consolidated with Regulation (EU) 2021/1963 introducing SMS for Part-145 organisations. Cologne: EASA, 2024.

FREITAS, R. C.; FREITAS, M. C. D. Information management in lean office deployment contexts. International Journal of Lean Six Sigma, v. 11, n. 6, p. 1161–1192, 2019.

GUIMARÃES, R. V. T.; DE PAULA, P. P.; FRÓES COUTO, F. Difficulties in process management and standardization in junior companies: a case study. Seven Publicações, 2023.

HOLLNAGEL, E. Safety-I and Safety-II: The Past and Future of Safety Management. Farnham: Ashgate, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE AVIAÇÃO. Anuário Brasileiro de Aviação Civil. 10. ed. São Paulo, 2025.

INSUA-ARÉVALO, J. M.; BAENA, J. C.; CÁRCEL-CARRASCO, F. J. Safety management system and risk-based approach in aviation maintenance: A systematic literature review. Safety Science, v. 175, 106494, 2024.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION. Annex 19 to the Convention on International Civil Aviation: Safety Management. 2. ed. Montreal: ICAO, 2016.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION. Doc 9859: Safety Management Manual. 4. ed. Montreal: ICAO, 2018.

JAVAID, M. et al. Blockchain technology applications for Industry 4.0: a literature-based review. *Computers & Industrial Engineering*, v. 156, p. 107–118, 2021.

JOUHRI, N.; SOULHI, A. Barriers of Lean Manufacturing Implementation in Small and Medium Enterprises. *International Journal of Engineering and Technology*, v. 9, n. 3, p. 219–226, 2020.

KAFKA, F.; FILIP, V. Safety management system and hazards in the aircraft maintenance industry: a systematic literature review. *Aviation*, v. 27, n. 4, p. 273–283, 2023.

KURNIADI, K.; IBRAHIM, S.; BADRUZZAMAN, B. Avaliação da eficiência de sistemas de arquivamento eletrônico no gerenciamento de registros. *Cogent Education*, v. 12, n. 1, 2025.

LIU, J. J. H.; YEN, L.; TZENG, G.-H. Building an effective safety management system for airlines. *Journal of Air Transport Management*, v. 14, n. 1, p. 20–26, 2008.

MADHWAL, Y.; PANFILOV, P. B. Blockchain and supply chain management: aircraft parts business case. In: *Proceedings of the 28th DAAAM International Symposium*. Vienna: DAAAM, 2017. p. 1051–1056.

MOSTAFA, S.; DUMRAK, J.; SOLTAN, H. Lean maintenance roadmap. *Procedia Manufacturing*, v. 2, p. 434–444, 2015.

OHNO, T. *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. New York: Productivity Press, 1988.

PAGE, M. J.; MCKENZIE, J. E.; BOSSUYT, P. M. et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, v. 372, n71, 2021.

PLASTROPOULOS, A. et al. The hangar of the future for sustainable aviation. *The Aeronautical Journal*, v. 128, n. 1329, p. 2429–2450, 2024.

REASON, J. *Managing the Risks of Organizational Accidents*. Aldershot: Ashgate, 1997.

REASON, J. Human error: models and management. *British Medical Journal*, v. 320, n. 7237, p. 768–770, 2000.

REWERS, P. et al. Selected aspects of lean tools implementation in metallurgical industry. *Applied Mechanics and Materials*, v. 834, p. 13–18, 2016.

RUWANPURA, U. D. R. E.; PERERA, B. A. K. S.; RANADEWA, T. Lean tools used in administrative processes across sectors: a systematic review. *Construction Innovation*, v. 23, n. 6, p. 1050–1073, 2023.

SANTOS, A. A.; BRAGATTO, L. R.; CALADO, R. D. Industry 4.0 technologies and Lean Office: perspectives to Smart Office. *Independent Journal of Management & Production*, v. 15, n. 1, p. 1–20, 2024.

SAURIN, T. A.; WERLE, N. J. B. A framework for the analysis of slack in socio-technical systems. *Reliability Engineering & System Safety*, v. 167, p. 439–451, 2017.

SCALERA, F. International crisis and competitiveness of service companies and public administration in Italy and in Europe: the application of lean office. *Business and Management Review*, v. 2, n. 1, p. 63–75, 2012.

SHINGO, S. *A Study of the Toyota Production System*. New York: Productivity Press, 1989.

SILVA, I. B. et al. Challenges in lean implementation in manufacturing companies. *Brazilian Journal of Operations & Production Management*, v. 17, n. 2, p. 1–15, 2020.

SIMONSEN, H.; HERRERA, M.; ATENCIO, C. Barriers to lean implementation in the public sector: a systematic literature review. *Sustainability*, v. 15, n. 7, 6161, 2023.

SMITH, R.; HAWKINS, B. *Lean Maintenance: Reduce Costs, Improve Quality, and Increase Market Share*. Burlington: Elsevier, 2004.

STOLL, J.; PARYANI, K.; AWONIYI, S. Application of Lean principles and software solutions for maintenance records in continuing airworthiness management organisations. *The Aeronautical Journal*, v. 122, n. 1254, p. 1207–1227, 2018.

STOLZER, A. J.; HALFORD, C. D.; GOGLIA, J. J. *Safety Management Systems in Aviation*. 3. ed. London: Routledge, 2023.

TAPPING, D.; SHUKER, T. *Value Stream Management for the Lean Office*. New York: Productivity Press, 2010.

TRANFIELD, D.; DENYER, D.; SMART, P. Towards a methodology for developing evidence-informed management knowledge by means of systematic review. *British Journal of Management*, v. 14, n. 3, p. 207–222, 2003.

ULEWICZ, R.; MAZUR, M.; BOŠKOVIĆ, G. Lean management implementation in industrial maintenance: a systematic review. *Production Engineering Archives*, v. 30, n. 1, p. 86–97, 2024.

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Pursuing Perfection: Case Studies Examining Lean Manufacturing Strategies*. Washington: EPA, 2000.

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Lean Manufacturing and Environment Lockheed Martin Case Study. Washington: EPA, 2014.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation. New York: Simon & Schuster, 1996.

ZIMMERMANN, N.; DUFFY, V. G. Systematic Literature Review of Safety Management Systems in Aviation Maintenance Operations. In: HCI International 2022 — Late Breaking Papers. LNCS, v. 13522. Cham: Springer, 2022. p. 271–287.



APÊNDICE

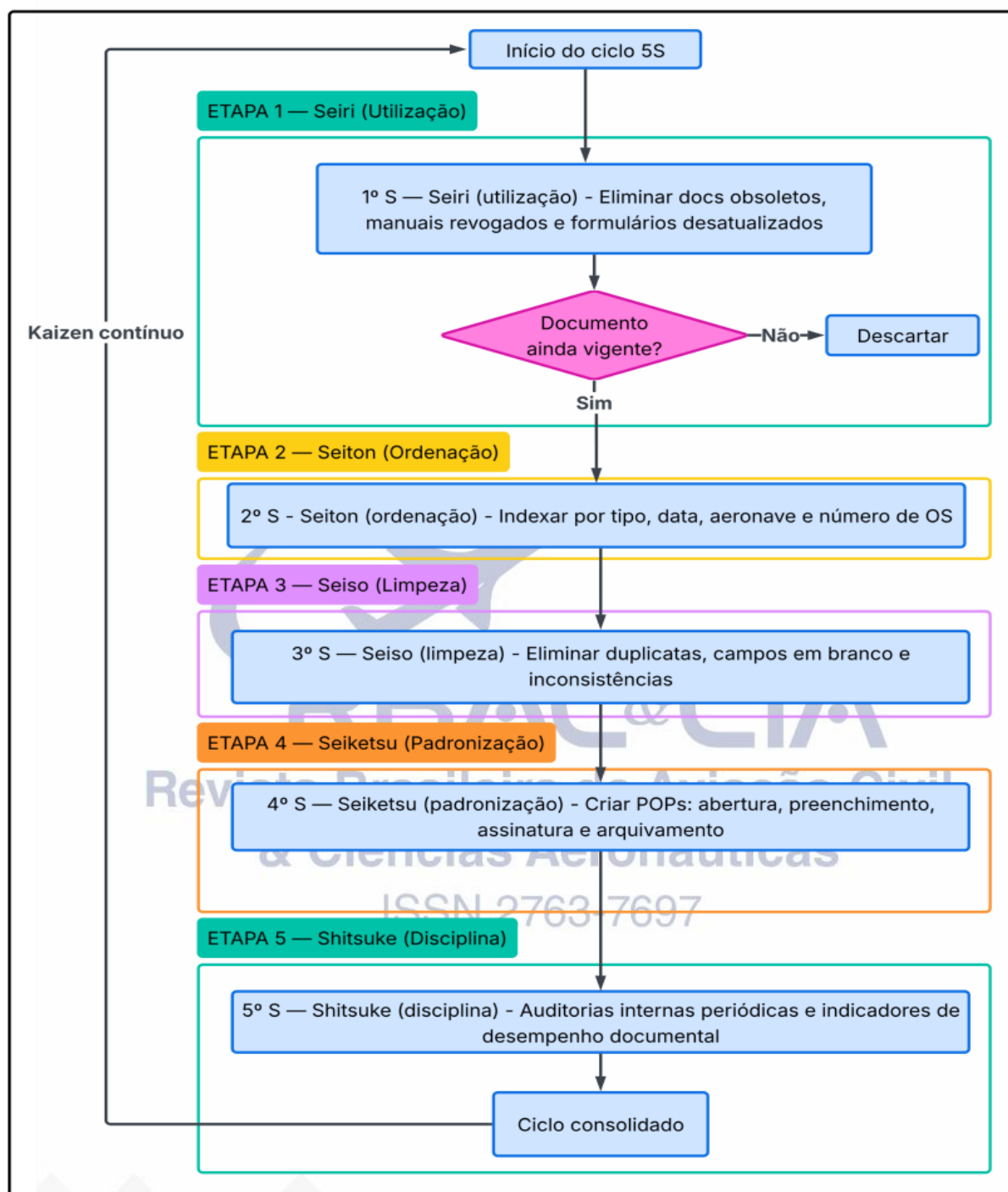


Figure 1 - Aplicação de 5S na gestão documental do CTM

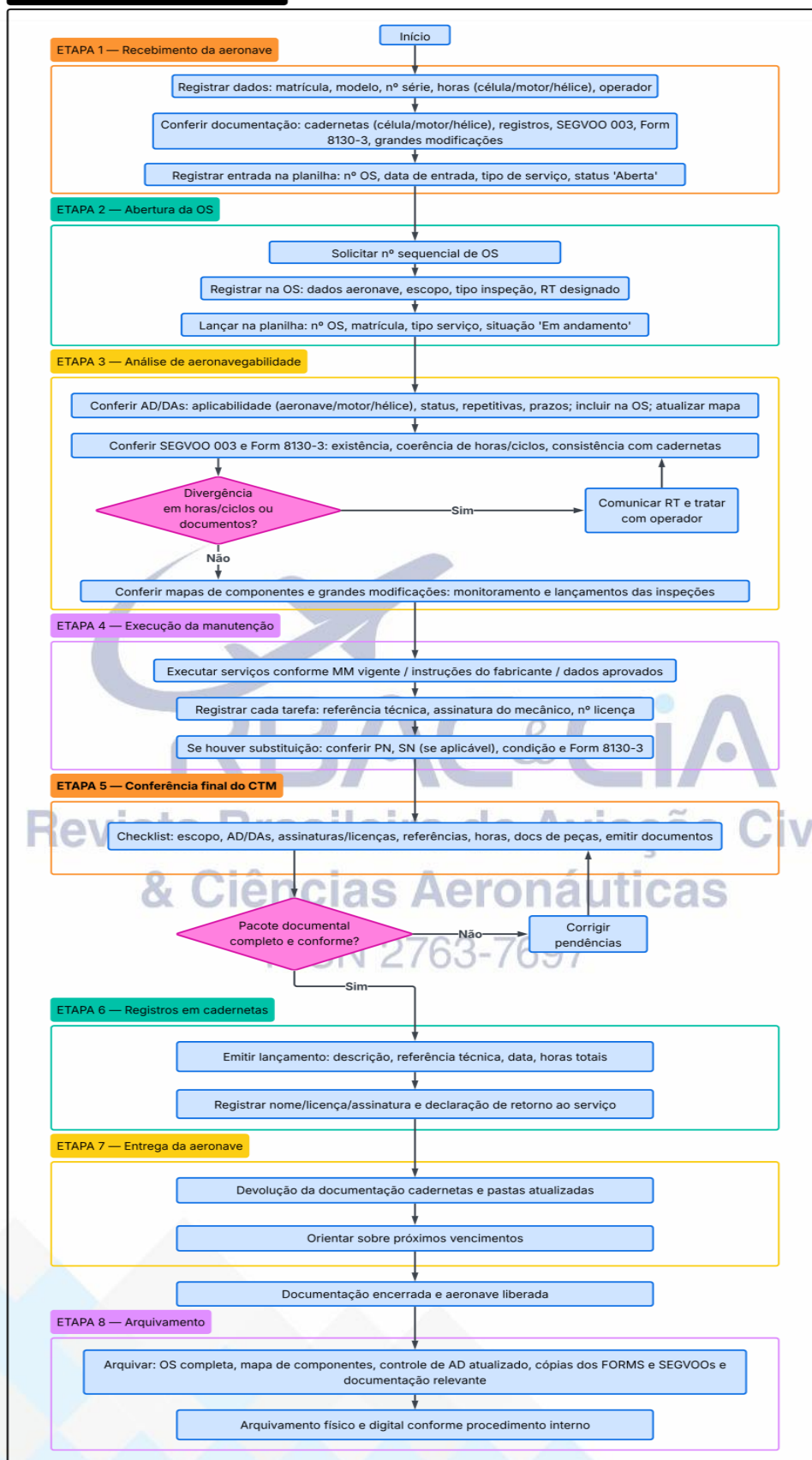


Figure 2 - Fluxo Operacional do CTM (RBAC 145/ANAC)

Transição do Registro Físico para Digital com Blockchain

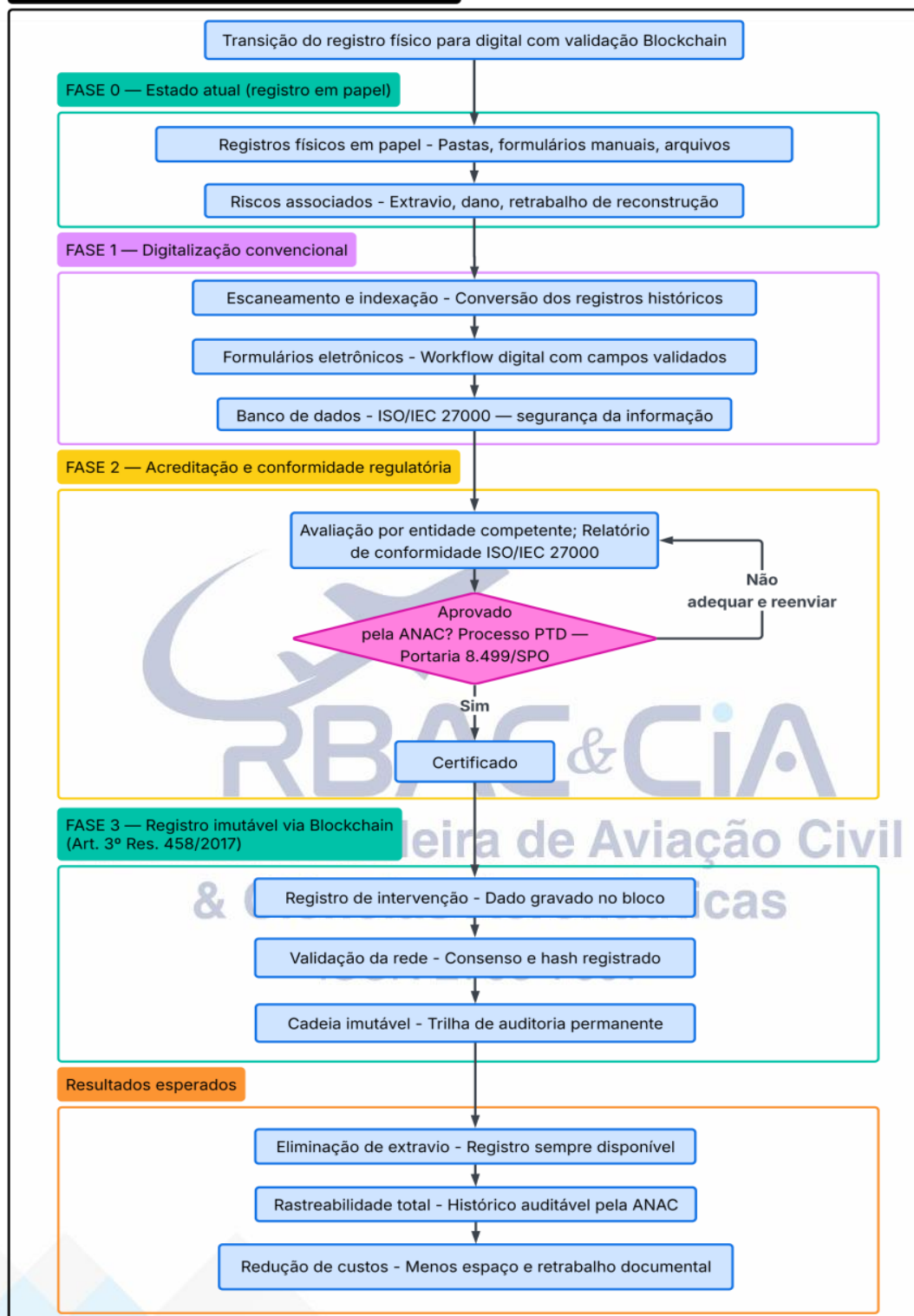


Figure 3 - Transição do registro físico para digital com blockchain