

**A regulação sobre os treinamentos na aviação civil:
assimetria de informação e o uso de blockchain como alternativa
para os registros educacionais.**

Gabriel Santiago Macedo

A regulação sobre os treinamentos na aviação civil: assimetria de informação e o uso de blockchain como alternativa para os registros educacionais.

Gabriel Santiago Macedo

RESUMO

Este trabalho consiste numa pesquisa exploratória de cunho qualitativo que se destina a avaliar os *procedimentos de controle* sobre o licenciamento e a formação dos profissionais de aviação civil. Através da técnica de observação participante em conjunto com entrevistas com o pessoal-chave, envolvido na regulação do setor, será constatada a presença de assimetrias informacionais nos procedimentos de controle e supervisão dos treinamentos, indicando a necessidade de melhoria do modelo implementado na aviação brasileira para a efetivação dos objetivos de segurança operacional propostos pelo agente regulador. Como uma possível resposta ao problema, será procedida uma pesquisa sobre as boas práticas para os registros educacionais, com foco na substituição dos documentos em papel e dos arquivos digitais não interoperáveis atualmente empregados. Ao fim, o trabalho apontará caminhos para a melhoria do desenho regulatório utilizado para transacionar as informações sobre a educação dos profissionais, propondo a utilização da tecnologia de *blockchain* como uma alternativa promissora, em razão das características aplicadas na construção dos seus modelos de bases de dados distribuídas.

PALAVRAS-CHAVE

Blockchain; Aviação; Segura Operacional; Assimetria de Informação.

1 INTRODUÇÃO

A segurança na aviação é uma atividade complexa que envolve uma intensa cooperação e troca de informações entre os agentes envolvidos no transporte aéreo [OACI DOC 9734:2006; OACI DOC 9859:2018; OACI DOC 10004:2016]. Parte dessas informações é relacionada ao controle e vigilância sobre os requisitos de formação profissional dos trabalhadores empenhados nas mais diversas atividades, seja na construção, manutenção, supervisão ou operação das aeronaves, dos aeroportos e dos sistemas de navegação.

A pesquisa aqui empreendida procura, por meio da identificação de fragilidades no monitoramento sobre o licenciamento dos profissionais de aviação, sugerir respostas regulatórias sistêmicas mais efetivas o avanço da segurança operacional.

Como exemplo, conforme apresenta o *Plan global para la seguridad operacional de la aviación* (GASP) - documento dedicado a indicar prioridades para o incremento contínuo da segurança em todo o mundo - os problemas relativos à qualificação de pessoal técnico da aviação, envolvidos na segurança operacional, respondem pelos piores índices globais de cumprimento regulatório entre todos os países avaliados pelo *Universal Safety Oversight Audit Programme* (USOAP)¹ [OACI DOC 10004:2016].

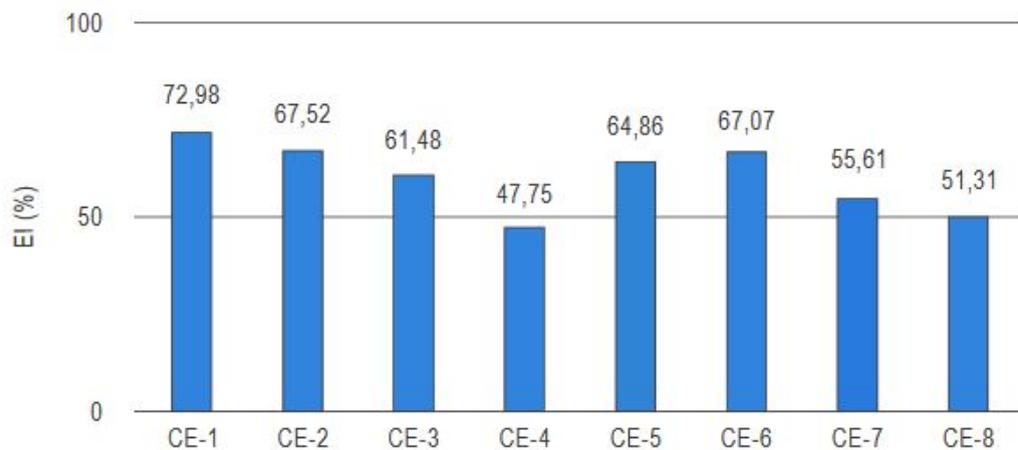
Como pode ser observado na figura abaixo, o *Elemento Crítico 4* (CE-4)², *Personal técnico cualificado*, apresenta apenas 47,45% de implementação eficaz

¹ O objetivo do *Universal Safety Oversight Audit Programme* (USOAP) é promover a segurança global da aviação. Isso é feito através de auditorias regulares da Organização Internacional da Aviação Civil (OACI) nos Estados, a fim de determinar a capacidade para realizar a supervisão da segurança. As medições sobre o cumprimento são avaliadas considerando a implementação efetiva dos *elementos críticos* (CE). Ver “ICAO Universal Safety Oversight Audit Programm”, disponível em: <https://www.skybrary.aero/index.php/ICAO_Universal_Safety_Oversight_Audit_Programm>. Acesso em 20 mar. 2019.

² Os *elementos críticos* (CE) dizem respeito às dimensões para uma implementação efetiva de um sistema de vigilância da segurança operacional. São ferramentas de defesa para o sistema de vigilância, requeridas para implantar políticas e procedimentos prevendo que os Estados assumam suas responsabilidades com a comunidade aeronáutica internacional, incluindo todo o espectro de atividades de aviação civil. [OACI DOC 9734:2006, p. 22]. Quanto ao CE-4, aponta-se: “CE-4. Cualificación e instrucción del personal técnico. El establecimiento de requisitos mínimos de conocimiento y experiencia del personal técnico que desempeña las funciones de vigilancia de la seguridad operacional y el suministro de la instrucción apropiada para mantener y mejorar su competencia al nivel deseado. En la instrucción debería incluirse enseñanza inicial y periódica” [OACI DOC 9734:2006, p. 23].

(EI) [OACI DOC 10004:2016]. Para o propósito deste trabalho, informa-se que os elementos críticos de 1 a 8, em recorte transversal sobre a formação dos profissionais, também se mostram relevantes, pois vinculam as obrigações legais, os requisitos técnicos e os meios de cumprimento regulatório a serem observados entre os países.

Figura 1 - Implementação eficaz - GASP



Leyenda:

- CE-1 Legislación aeronáutica
- CE-2 Reglamentos operacionales específicos
- CE-3 Sistema y funciones estatales
- CE-4 Personal técnico cualificado
- CE-5 Orientación técnica, instrumentos y suministro de información crítica para la seguridad operacional
- CE-6 Obligaciones de otorgamiento de licencias, certificación, autorización o aprobación
- CE-7 Obligaciones de vigilancia
- CE-8 Solución de problemas de seguridad operacional
- EI Implementaciónn eficaz

Fonte: *Plan global para la seguridad operacional de la aviación - Figura 4-3. EI (%) por CE - a nivel mundial* [OACI DOC 10004:2016, p. 34].

A baixa capacidade de implementação, em alguns contextos, demonstra que os controles e a supervisão das atividades aéreas ainda são deficientes e fazem uso de práticas pouco seguras. Ainda, segundo indica o GASP, os requisitos de conhecimento e experiência para o pessoal técnico envolvidos em funções de supervisão e organização da instrução são componentes-chave para um sistema estatal eficaz de supervisão da segurança operacional [OACI DOC 10004:2016, p. 34].

Quanto ao tamanho e a evolução da indústria nos próximos anos, estimar com alguma precisão o universo dos trabalhadores envolvidos na aviação, em toda a sua cadeia de suprimentos e de serviços, nos mais diversos países, é uma tarefa árdua. No entanto, observam-se algumas aproximações com base no histórico e nas expectativas de crescimento dos mercados. Conforme indica o estudo intitulado *Global and Regional 20-year Forecasts*, publicado em 2011 pela Organização Internacional de Aviação Civil (OACI), entre 2010 e 2030 espera-se um incremento médio do tráfego aéreo de 4.7% a cada ano, acompanhado da necessidade de formação dos profissionais. Considerando deste estudo apenas o recorte para a população mundial de pilotos, no cenário projetado como mais provável, esta passará de aproximadamente 463.386 profissionais em 2010 para 980.799 em 2030 [OACI DOC 9956:2011].

Quanto ao licenciamento e à formação dos profissionais, em linhas gerais, a responsabilidade sobre a segurança operacional do sistema recai na obrigação dos órgãos reguladores de estabelecerem requisitos mínimos aceitáveis para as operações áreas, seus meios de cumprimento e o estímulo para adoção de boas práticas que, dentre outros aspectos, devem estar voltadas à melhoria do desempenho do sistema.

Espera-se com este trabalho que a avaliação dos perigos presentes nos procedimentos relativos à formação educacional seja capaz de apontar possíveis caminhos para evitar o emprego de pessoas não habilitadas, principalmente em atividades nas quais o treinamento é exigido por dispositivos legais e essencial para a manutenção da segurança das operações.

Objetiva-se, ao fim, compreender os desafios da regulação sobre os treinamentos da aviação civil, apresentando um panorama sobre a atual estrutura do sistema adotada pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) e a pertinência da utilização da tecnologia de *blockchain* como uma resposta mais efetiva para a vigilância e a promoção da segurança sistêmica relacionada à transação de informações educacionais.

2 METODOLOGIA

O trabalho consistiu numa pesquisa exploratória de cunho qualitativo, interdisciplinar e inserida no campo das tecnociências. Com intenção de oferecer argumentos para uma intervenção regulatória possível de ser realizada pelo Estado, a abordagem tecnocientífica configura-se como coerente, pois procura articular conhecimentos de modo interdisciplinar, situando a investigação científica entre metodologias e conceitos de diferentes áreas do saber. Apresenta, assim, uma discussão acadêmica propositiva destinada à criação de tecnologias para a abordagem de problemas práticos [ECHEVERIA, 2009; KOSLOWSKI, 2015].

A premência dessa pesquisa surge da constatação de evidências de campo, advindas de atividades de fiscalização e inspeção sobre os agentes regulados no Brasil, passando posteriormente pela mensuração das falhas encontradas, suas causas e consequências. Assim, foram utilizadas técnicas de entrevistas semi-estruturadas e de observação participante, uma vez que o campo de estudo é parte indissociável do contexto de trabalho do pesquisador [MINAYO, 2001].

Nas entrevistas semi-estruturadas, para o recorte das categorias de investigação, foi utilizado o recurso de análise temática, enfocando o problema de controle e supervisão dos registros de treinamentos por parte do órgão regulador [DUARTE, 2004, p. 222]. Em razão da necessidade de compreensão do trabalho como realmente executado, ou seja, das atividades do dia-a-dia (*work-as-done*), foram realizadas 14 entrevistas, entre setembro de 2018 e março de 2019, com o pessoal-chave envolvido nas atividades de monitoramento da formação educacional e no gerenciamento da segurança. Os entrevistados são funcionários da ANAC e dos prestadores de serviços de aviação, incluindo operadores nacionais e internacionais de portes distintos.

Ao longo da pesquisa foram também consultados documentos de referência sobre o Sistema de Gerenciamento da Segurança Operacional (SGSO) e sobre o Programa de Segurança Operacional do Estado (PSO), publicados pela Organização Internacional da Aviação Civil (OACI) e por autoridades reguladoras signatárias da Convenção de Chicago, em especial a Agência Nacional de Aviação

Civil (ANAC). Em complemento, o trabalho foi apoiado em literaturas das áreas de regulação e de aviação.

Para a compreensão da tecnologia de livros-razão distribuídos, em especial o *blockchain*, entre fevereiro de 2018 e março de 2019, foram consultados desenvolvedores de *software* e provedores de sistemas de *blockchain* localizados no Brasil, Estados Unidos e Emirados Árabes Unidos. Tal abordagem se fez necessária em função da tecnologia avaliada ainda estar em estágio imaturo, principalmente quanto à aplicação para fins educacionais. Adicionalmente foi realizada uma pesquisa sobre trabalhos acadêmicos em bases disponíveis na internet (*Google Scholar*, *Semantic Scholar* e *Research Gate*), utilizando as expressões “*blockchain*” e “*education*”, visando identificar as referências mais relevantes quanto ao número de leitores e de citações, sendo posteriormente selecionadas aquelas qualitativamente mais aderentes ao problema de pesquisa.

3 A ASSIMETRIA DE INFORMAÇÃO EM AMBIENTES REGULADOS

O ponto central desta investigação se constitui na observação de falhas relacionadas à troca de informações entre a ANAC e o setor regulado. Na literatura de regulação, a atuação das agências, de maneira geral, é justificada pela necessidade de resolver problemas de assimetria de informação entre os agentes econômicos e promover o desenvolvimento dos mercados³ [SALGADO & OLIVEIRA, 2012; MORAES, 2017].

No caso específico da aviação, problemas de assimetria informacional sobre o treinamento de pessoal especializado pode expor toda a sociedade a condições de insegurança. Por exemplo, um mecânico de voo que ao forjar sua formação para o

³ Conforme o Art. 8º da lei 11.182/2005, dentre diversas obrigações, compete a ANAC:

“Art. 8º Cabe à ANAC adotar as medidas necessárias para o atendimento do interesse público e para o desenvolvimento e fomento da aviação civil, da infra-estrutura aeronáutica e aeroportuária do País, atuando com independência, legalidade, impessoalidade e publicidade, competindo-lhe:

(...)

X – regular e fiscalizar os serviços aéreos, os produtos e processos aeronáuticos, a formação e o treinamento de pessoal especializado, os serviços auxiliares, a segurança da aviação civil, a facilitação do transporte aéreo, a habilitação de tripulantes, as emissões de poluentes e o ruído aeronáutico, os sistemas de reservas, a movimentação de passageiros e carga e as demais atividades de aviação civil;”

empregador ou para a autoridade de aviação realize a manutenção de uma aeronave. A relação de confiança na atuação estatal, assim, assenta-se na capacidade dos reguladores promoverem uma atuação coerente frente aos valores e normas que são esperados pela sociedade [FILGUEIRAS, 2018].

Ao autorizar a realização de atividades econômicas de modo regulado, a ação dos órgãos reguladores com o mercado pode ser caracterizada como uma *relação de agência*. A abordagem trazida pela Teoria da Agência explica que as *relações de agência* ocorrem quando um dos entes envolvidos em uma transação (*principal* ou *proprietário*) delega autoridade a outro e o bem-estar econômico do primeiro é afetado pelas escolhas do segundo [BARNEY & HESTERLY, 2004].

Dessa delegação de autoridade surge o *problema da agência* possibilitando o comportamento oportunístico, ou seja, a obtenção de vantagens injustas pelo ente que possui mais informações. Visando reduzir a assimetria informacional e a possibilidade de comportamento oportunístico o *principal* empreende esforços de monitoramento para assegurar que o *agente* atue da forma como esperada. No entanto, o custo da realização desse monitoramento (*custo de agência*) acaba impondo ônus tanto ao *principal* (que precisa obter a informação) quanto ao *agente* (que precisa entregar a informação). Para ambos, a redução desses custos pode ser alcançada se forem estabelecidos contratos e vínculos sobre os monitoramentos, de modo a reduzir os esforços para a troca de informações [BARNEY & HESTERLY, 2004].

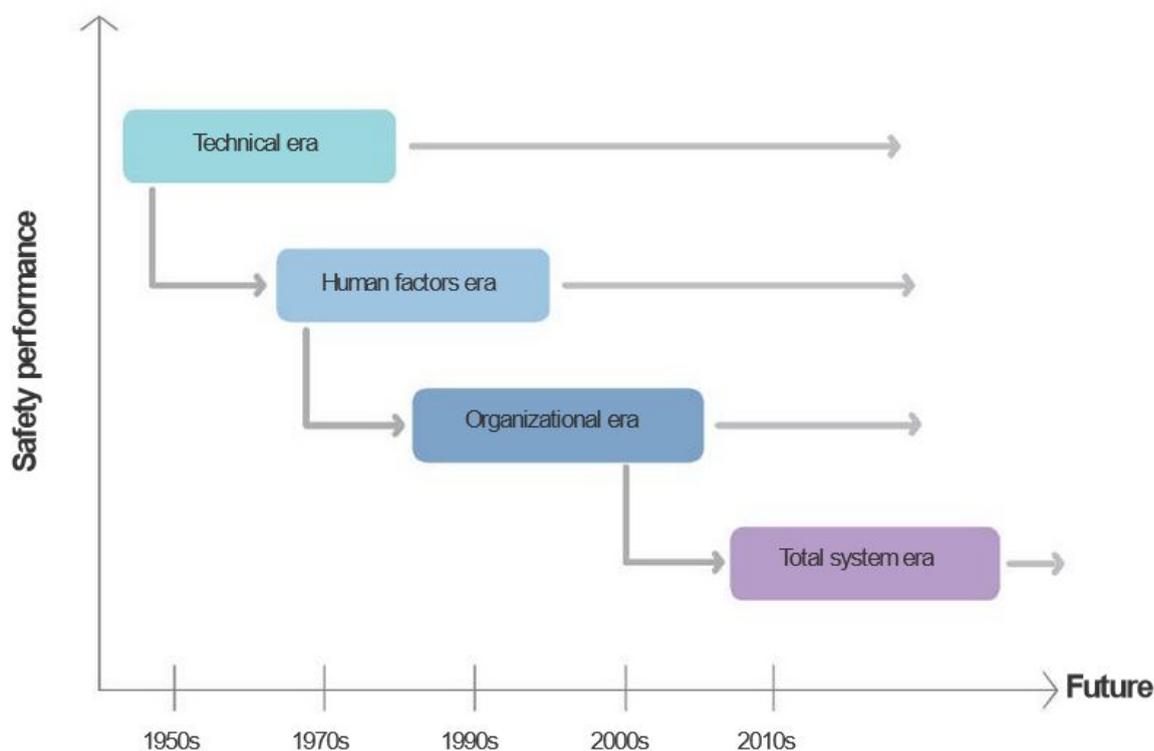
4 A OBSERVAÇÃO DO COTIDIANO PARA UMA REGULAÇÃO EFETIVA (WORK-AS-DONE vs. WORK-AS-IMAGINED)

Na aviação, a abordagem dos problemas sistêmicos de segurança enfrentados pelo setor ainda é recente, não havendo uma metodologia suficientemente madura⁴ que indique a forma como os agentes reguladores devem

⁴ O OACI DOC 9859:2018 apresenta uma evolução das fases relacionadas ao gerenciamento da segurança na aviação. É possível constatar que a implementação dos sistemas de segurança operacional, até o momento, estavam concentradas principalmente nos rendimentos individuais e controles locais, “com mínima consideração do contexto mais amplo do sistema aeronáutico total” [OACI DOC 9859:2018, p. 26] (tradução do autor). Os muitos exemplos de acidentes e incidentes indicaram que as relações entre as organizações e o Estado contribuíram para os resultados

tratar os perigos e riscos identificados, apesar dos esforços de implementação dos Programas Estatais de Segurança Operacional (PSO). Uma evolução da compreensão do sistema pode ser observada na figura abaixo.

Figura 2 - Evolução da Segurança na aviação



Fonte: Figura 2.1 - The Evolution of Safety [OACI DOC 9859:2018, p. 26].

No entanto, visando capturar a dimensão das dificuldades do trabalho e das trocas de informação em sua realidade cotidiana, as quais são fonte de muitas assimetrias, as recomendações recentes na comunidade internacional de aviação tratam da necessidade de aproximar o trabalho como realizado (*work-as-done*) do trabalho como imaginado (*work-as-imagined*) [HOLLNAGEL, 2017].

Don Arendt⁵ [2017], no artigo *Work-as-imagined And Work-as-done: A Safety Management Reality Check For Regulators*, explora as tensões envolvidas na prática

negativos; inaugurando, no período mais recente, a necessidade de um enfoque de *sistema total* para o gerenciamento da segurança [OACI DOC 9859:2018, p. 27].

⁵ “Dr. Don Arendt é especialista em gerenciamento de segurança e desenvolvimento de sistemas e trabalha na segurança da aviação há mais de 30 anos. Atualmente, ele é Senior Technical Advisor for Safety Management, Flight Standards Service, U.S. Federal Aviation Administration (FAA). É formado em Psicologia Industrial / Organizacional, Pesquisa Operacional e Tecnologia Industrial. Detém certificados de Piloto de Linha Aérea e Instrutor de Voo” [ARENDR, 2017, p. 39] (tradução do autor).

da regulação e indica a posição difícil dos agentes reguladores em imaginar e prescrever (*work-as-imagined*) como o trabalho dos operadores precisa ser feito.

Para este autor, o amadurecimento da segurança na aviação passa pela avaliação da efetividade do gerenciamento e dos controles implementados, cabendo aos agentes reguladores observarem não apenas se as regulamentações são cumpridas (*compliance*), mas também *como* são implementadas. A percepção do conjunto de perigos e dos riscos a serem controlados passa pela identificação das situações reais de trabalho (*work-as-done*), a fim de estabelecer um nível sistêmico geral de desempenho de segurança sob diferentes necessidades e capacidades dos provedores de serviço. Quanto à conformidade efetiva, explica o autor:

“Conformidade é frequentemente vista como sendo preto e branco enquanto raramente, ou nunca, é tão simples. Mesmo os padrões mais prescritivos exigem compreensão e desenvolvimento de estratégias para adequar os comportamentos às expectativas da regra. Os reguladores devem determinar se a conformidade, no contexto do trabalho realizado, corresponde a intenção da regra como um controle efetivo de uma situação de risco imaginada. O foco deve estar no cumprimento efetivo: não apenas se os provedores de serviços cumprem, mas como [ARENDETT, 2017, p. 38] (tradução do autor).

Assim, as estratégias de supervisão empregadas pelo regulador devem ser capazes empreender uma avaliação contínua dos contextos dos agentes e capturar como os objetivos propostos pelos regulamentos estão sendo atingidos, com vistas ao seu cumprimento efetivo. Quanto à ação de gerenciar, explica Hollnagel⁶: “O gerenciamento de segurança deve corresponder ao trabalho como realizado e não depender do trabalho como imaginado” [HOLLNAGEL, 2017, p.12] (tradução do autor).

A compreensão, portanto, de como funciona o monitoramento da qualificação e da disponibilização para o trabalho dos profissionais de aviação civil - com vistas a uma regulação efetiva da segurança - requer um mergulho nas atividades cotidianas, realizadas tanto diretamente pelos prestadores de serviços aéreos quanto indiretamente pelos órgãos reguladores.

⁶ “Erik Hollnagel é professor do Institute of Regional Health Research, University of Southern Denmark (DK), Dinamarca, consultor chefe do Centre for Quality, Region of Southern Denmark, Dinamarca, e professor emérito do Department of Computer Science, University of Linköping (S), Linköping, Suécia. Os interesses profissionais de Erik incluem segurança industrial, engenharia de resiliência, segurança do paciente, investigação de acidentes e modelagem de sistemas sociotécnicos de larga escala. Ele é o autor/editor de mais de 20 livros, bem como um grande número de artigos e capítulos de livros” [HOLLNAGEL, 2017, p. 13] (tradução do autor).

5 O TREINAMENTO NA AVIAÇÃO CIVIL

O controle sobre o licenciamento e a formação profissional das pessoas envolvidas na aviação civil é regulado conforme as recomendações da Organização Internacional da Aviação Civil (OACI). Essas orientações fazem parte de uma estratégia de co-regulação negociada entre os diversos Estados signatários da Convenção de Chicago⁷, numa tentativa de harmonização internacional sobre os requisitos e competências a serem exigidos dos trabalhadores nas mais diversas funções envolvidas na indústria de aviação.

A garantia de que os acordos sobre as necessidades de formação e licenciamento serão implementados, pelas respectivas autoridades nacionais, constitui-se numa condição essencial para a continuidade do sistema de regulação, visto que este se fundamenta num processo de construção de confiança mútua entre os Estados. Tal processo leva ao reconhecimento e aceitação internacional de qualificações e licenças de pessoal, além de promover a confiança por parte dos viajantes [OACI, 2016]. Sobre as licenças, destaca o documento:

“Una de las tareas primordiales de la OACI en el otorgamiento de licencias al personal consiste en fomentar la resolución de las diferencias relativas a los requisitos exigidos para dicha tarea y garantizar que las normas internacionales sigan el tenor de las prácticas presentes y futuras. Este aspecto es cada vez más crucial, ya que la tripulación de vuelo está expuesta al constante aumento de la densidad del tránsito y de la congestión del espacio aéreo, a procedimientos sumamente complicados en las áreas terminales y a un equipo más y más complejo” [OACI, 2016, p. 80-81].

O conjunto de regulamentos e recomendações estão presentes no Anexo 1 da OACI e em outros documentos de suporte, sendo aplicáveis à toda cadeia de aviação, envolvendo licenciamento de membros da tripulação de voo (pilotos, engenheiros de voo e navegadores de voo), controladores de tráfego aéreo, operadores de estação aeronáutica, técnicos de manutenção, despachantes de voo, transportadores de carga, equipes de emergência de aeródromos, operadores de

⁷ No Brasil o acordo foi internalizado originalmente pelo Decreto N° 21.713, de 27 de agosto de 1946, que promulgou a Convenção sobre a Aviação Civil Internacional, concluída em Chicago em 7 de dezembro de 1944 e firmada pelo país em Washington em 29 de maio de 1945.

guichê, instrutores de voo, escolas de aviação, agentes reguladores, dentre outros [OACI, 2016].

Os diversos documentos fornecem orientação às autoridades sobre como compor com profundidade os conteúdos destinados à formação de pessoal especializado e garantir a segurança para a realização das operações aéreas. Além dos assuntos a serem trabalhados nos treinamentos, são também propostos processos de vigilância sobre o licenciamento desses profissionais, de modo a salvaguardar a manutenção de suas qualificações, por meio de reciclagens e atualizações periódicas sobre novas práticas e exigências. Salienta-se que a indústria de aviação é intensiva em tecnologia, o que reforça a necessidade de um acompanhamento constante sobre as habilitações dos profissionais envolvidos na sua cadeia.

O Brasil, como signatário da Convenção de Chicago, se compromete a internalizar as recomendações da OACI no seu arcabouço regulatório. Essa internalização se concretiza por meio de legislações (em diversos níveis), resoluções, orientações, instruções e estímulos à difusão de melhores práticas.

A responsabilidade sobre a internalização, no caso brasileiro, se divide entre o Comando da Aeronáutica (COMAER) e a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). Em linhas gerais, o COMAER absorve as atribuições relacionadas ao controle do tráfego aéreo e investigação de acidentes, enquanto a ANAC é responsável pela regulação e fiscalização das demais atividades da aviação civil. Grande parte dos profissionais envolvidos nas funções sob supervisão do COMAER é militar, ao passo em que as atividades vinculadas à aviação comercial e sob supervisão da ANAC são executadas por civis.

Quanto a legislação nacional, ela é composta de um amplo arcabouço normativo⁸, tendo como principais referências para a lei nº 7.565, de 19 de dezembro de 1986 (Código Brasileiro de Aeronáutica) e a lei nº 13.475, de 28 de agosto de 2017 (Lei do Aeronauta), além do marco regulatório no âmbito da ANAC.

⁸ Uma busca realizada em 15 de março de 2019 no sistema LexML (<https://www.lexml.gov.br>) pela palavra-chave “aviação” e tipo de documento “legislação”, foram obtidas como retorno 656 referências, entre as classes: Decreto, Decreto-lei, Decreto Legislativo, Instrução Normativa, Lei, Medida Provisória, Portaria e Resolução.

Dentre as responsabilidades relacionadas aos treinamentos dos profissionais de aviação, conforme o Art. 8º da lei 11.182, de 27 de setembro de 2005 (Lei de Criação da ANAC), compete à agência:

“Art. 8o Cabe à ANAC adotar as medidas necessárias para o atendimento do interesse público e para o desenvolvimento e fomento da aviação civil, da infra-estrutura aeronáutica e aeroportuária do País, atuando com independência, legalidade, impessoalidade e publicidade, competindo-lhe:

(...)

X – regular e fiscalizar os serviços aéreos, os produtos e processos aeronáuticos, a **formação e o treinamento de pessoal especializado**, os serviços auxiliares, a segurança da aviação civil, a facilitação do transporte aéreo, a **habilitação de tripulantes**, as emissões de poluentes e o ruído aeronáutico, os sistemas de reservas, a movimentação de passageiros e carga e as demais atividades de aviação civil;”

(grifos do autor)

6 A ESTRUTURA DA ANAC PARA O MONITORAMENTO DA QUALIFICAÇÃO PROFISSIONAL

A estrutura da ANAC⁹ é composta por quatro diretorias - sendo uma dessas ocupada pelo Diretor Presidente - dez superintendências e outras estruturas de apoio. A atuação da ANAC na regulação e no acompanhamento das habilitações profissionais, tanto para os agentes internos (servidores) quanto externos (pessoas físicas e jurídicas), é complexa.

A observação da Cadeia de Valor da ANAC¹⁰ permite localizar que as atribuições relacionadas aos treinamentos estão distribuídas de forma difusa e transversal em sua governança. Já no Regimento Interno¹¹ estas responsabilidades estão alocadas nas superintendências relacionadas às atividades finalísticas, quais sejam, a Superintendência de Padrões Operacionais - SPO; Superintendência de Aeronavegabilidade - SAR; Superintendência de Infraestrutura Aeroportuária - SIA; Superintendência de Ação Fiscal - SFI; e na Superintendência de Gestão de Pessoas - SGP, esta última focada nas capacitações do seu próprio corpo de servidores.

⁹ Ver Organograma da ANAC. Disponível em:

<http://www.anac.gov.br/A_Anac/institucional/organogramas/anac.pdf>. Acesso em 24 mar. 2019.

¹⁰ Ver Cadeia de Valor da ANAC. Disponível em:

<http://www.anac.gov.br/A_Anac/institucional/Cadeia_de_Valor.pdf>. Acesso em 24 mar. 2019.

¹¹ Ver Regimento Interno da ANAC. Disponível em:

<http://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/resolucoes/resolucoes-2016/resolucao-no-381-14-06-2016-1/@@display-file/arquivo_norma/RA2016-0381%20-%20Compilado%20at%C3%A9%20RA2019-0502.pdf>. Acesso em 24 mar. 2019.

Ressalta-se que os mecanismos de controle dos treinamentos em cada instância organizacional são distintos, sendo aplicados critérios e processos específicos para cada gerência, existindo discricionariedade nos procedimentos de fiscalização, além de múltiplos canais de comprovação de habilitações e proficiências.

O processo de fiscalização dos treinamentos dos profissionais de aviação também envolve a delegação de responsabilidades a agentes externos à agência que precisam cumprir uma rotina preestabelecida para comprovação das suas habilitações ou de terceiros por eles representados. Como exemplo, constam: os pilotos e mecânicos credenciados para verificação de habilitações; outros profissionais dos próprios provedores de serviços de aviação; e todo o conjunto de instituições de ensino.

Essas rotinas são múltiplas, variando em função das atividades que são desempenhadas e dos riscos a elas associados. A ANAC pode também requisitar a apresentação *ad hoc* de comprovação de treinamentos ou realizar atividades de fiscalização e inspeção nos agentes regulados para apurar a conformidade dos seus procedimentos.

7 O GERENCIAMENTO DA COMPROVAÇÃO DA QUALIFICAÇÃO PROFISSIONAL

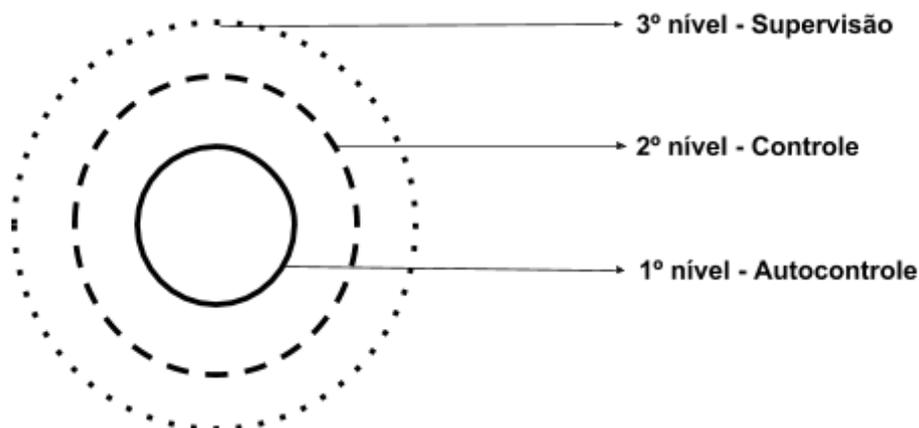
As configurações das necessidades de capacitação e de suas comprovações são inúmeras, tendo em vista o universo de atividades distintas a serem desempenhadas na aviação civil. Muitas vezes essas atividades podem ser acumuladas por um mesmo profissional, resultando em combinações diferentes de competências e requisitos a serem comprovados. Outra característica que merece relevo é que alguns profissionais, conforme as regulamentações específicas de cada função, ainda podem atuar como instrutores, sendo responsáveis pelo treinamento dos demais funcionários da organização.

Para a compreensão das informações sobre a comprovação da habilitação de cada profissional empenhado em atividades de aviação civil, este trabalho propõe o esquema explicativo abaixo, considerando a agregação da multiplicidade de

configurações possíveis e objetivando facilitar o processo de assimilação. Em linhas gerais, pode-se assumir que:

- 1) um indivíduo possui informações de treinamento vinculadas à ele;
- 2) toda atividade para ser executada demanda um conjunto de requisitos;
- 3) um indivíduo só poderá executar uma atividade se comprovar possuir esses requisitos;
- 4) o conjunto de requisitos pode ser determinado por uma exigência legal ou por definição do empregador do indivíduo;
- 5) o monitoramento sobre o conjunto de requisitos para o exercício de determinada atividade prevê, ao menos, três níveis de checagem:
 - 3º nível - regulador (supervisão da vigilância);
 - 2º nível - o empregador do indivíduo (controle da vigilância);
 - 1º nível - o próprio indivíduo (autocontrole - autovigilância).

Figura 03 - Os níveis de vigilância da formação do profissional de aviação



Fonte: elaboração do autor.

6) a agência reguladora, em última instância, precisa garantir que este sistema funcione.

Como pode ser verificado no esquema acima, o sistema de comprovação das habilitações funciona a partir do levantamento sobre as necessidades para a execução de determinada atividade ou conjunto de atividades, da disponibilidade de um indivíduo para executar esta atividade e de uma capacitação adequada para habilitá-lo ao trabalho. Destaca-se que determinadas habilitações podem estar vinculadas a uma limitação temporal, sendo necessária renovação periódica por

meio da realização de cursos (teóricos ou práticos) ou da comprovação de efetivo exercício da atividade (proficiência) em um período de tempo anterior.

No entanto, não basta que um indivíduo seja capacitado para determinada atividade, é necessário haver um processo de monitoramento que garanta que a habilitação continue vigente ao longo do tempo, uma vez que os requisitos para esta habilitação podem mudar em função de alterações no marco regulatório, introdução de novas tecnologias, mudanças de processos organizacionais, entre outros.

A supervisão sobre o processo de treinamento dos profissionais de aviação é realizada pela ANAC com o objetivo de garantir que os indivíduos e suas organizações apenas desempenhem atividades para as quais estão habilitadas ou autorizadas. O mesmo formato de acompanhamento também é realizado pela OACI (3º nível - supervisão) sobre a ANAC (2º nível - controle), como apontado anteriormente, através do programa USOAP CMA¹², avaliando os requisitos de treinamentos e a rastreabilidade dos registros de formação dos servidores da agência.

Para monitorar o licenciamento dos profissionais de aviação, sua vigência e conjunto de requisitos, a ANAC utiliza sistemas próprios ou verifica os sistemas utilizados pelos operadores. Entre os sistemas próprios foi possível observar a presença de ao menos 10 canais de entrada e verificação de documentos: SISHAB, SACI, Sharepoint, GFT, SICAV, Moodle, 32EP, SIA - Security, SEI, e-mail, planilhas. Já os agentes regulados geralmente utilizam: sistemas corporativos, e-mails, planilhas e pastas físicas.

Cada setor da ANAC possui fluxos e rotinas específicas para acompanhamento e averiguação dos documentos comprobatórios sobre a habilitação dos profissionais. É importante salientar que a rastreabilidade sobre os documentos de comprovação de capacidade constitui-se num instrumento essencial para a promoção da segurança na aviação [STOLZER et al, 2011]. Neste sentido, é

¹² No âmbito do *Universal Oversight Audit Programme/Continuous Monitoring Approach* (USOAP CMA), a OACI propõe o monitoramento contínuo do cumprimento, por parte dos Estados, dos padrões e práticas recomendadas (SARPS) constantes nos Anexos e demais orientações, melhorando a supervisão que, de outra forma, seria feita apenas em auditorias presenciais que são menos frequentes e mais custosas. Este programa foi lançado de forma completa em janeiro de 2013, como resultado da evolução do USOAP, que existe desde janeiro de 1999. Na ANAC, os procedimentos para tratamento do USOAP foram estabelecidos pela Instrução Normativa nº 76, de 1 de novembro de 2013.

exigido dos entes regulados que os arquivos relacionados à formação sejam mantidos de modo organizado e estejam disponíveis para a fiscalização tempestiva. Entre estes documentos constam, por exemplo, certificados, provas, documentação dos instrutores, avisos da realização de cursos e listas de presença dos participantes.

8 AS FALHAS VERIFICADAS NO SISTEMA

No desenvolvimento da pesquisa, a realização de entrevistas com os profissionais envolvidos diretamente nas atividades de supervisão e de controle de treinamentos permitiu constatar que o atual modelo não contribui para o alcance dos objetivos institucionais da ANAC e não mitiga de forma eficiente o risco do ***emprego de profissional de aviação não capacitado para realizar atividades nas quais se exige comprovação de treinamento ou proficiência***. Algumas das principais deficiências indicadas pelos entrevistados são:

1) Certificados em meio físico (papel) - fraudes; extravios; rasuras; dados inteligíveis; tempo para verificação; dificuldades de compartilhamento; dificuldades de comprovação de autenticidade; dificuldades de cruzamento de informações de maneira automatizada; indução a erro no registro das informações quando estas precisam que ser transcritas para outros sistemas; manipulação e guarda de grande quantidade de documentos em papel.

2) Multiplicidade de sistemas comprobatórios - embora diversos sistemas atuem simultaneamente, estes não se comunicam, impedindo o compartilhamento eficiente de informação e gerando desperdício de recursos (associados a manutenção, licenciamento, capacitação para uso e infraestrutura de rede).

3) Processos manuais de verificação por amostragem - a fiscalização é feita apenas em parte da documentação da equipe de funcionários, visto que a averiguação em sua totalidade se torna inviável.

4) Restrição de pessoal - em virtude das diversas demandas relacionadas ao funcionamento da agência, é possível destinar apenas uma fração dos servidores para a atividade de fiscalização.

5) Dificuldade de fiscalização remota - nem todos os treinamentos estão disponíveis para serem fiscalizados remotamente e, ainda que exista a possibilidade de observação remota, os sistemas não comportam a totalidade dos documentos comprobatórios, exigindo que os documentos físicos sejam encaminhados à agência.

6) Custo da fiscalização em campo - é necessário encaminhar os servidores a campo para realizar verificações nos documentos comprobatórios dos treinamentos, mesmo a um alto custo de passagens e diárias.

Em suma, pode-se constatar que a atual configuração do sistema de monitoramento contribui para um alto grau de assimetria informacional entre os agentes. O quadro a seguir, levantado nas entrevistas com o pessoal-chave e que serviu de base para a construção das seis principais deficiências apontadas acima, elenca de forma não exaustiva algumas causas e consequências relacionadas ao problema identificado.

Quadro 1 - Causas, Problema e Consequências

CAUSAS	PROBLEMA	CONSEQUÊNCIAS
1. Controle ineficiente 2. Supervisão ineficiente 3. Desconhecimento da exigência legal específica para cada função exercida 4. Ausência de verificação automatizada 5. Dificuldade de verificação dos documentos em papel (processo manual e despadronizado) 6. Verificações realizadas por amostragem 7. Alto custo para a supervisão realizada <i>in loco</i> 8. Alta dedicação de tempo para verificação da documentação acessória de comprovação dos treinamentos (folhas de ponto e provas) 9. Fraudes na documentação comprobatória	Emprego de profissional de aviação não capacitado para realizar atividades nas quais se exige comprovação de treinamento ou proficiência	1. Exposição do sistema a risco inaceitável para a aviação 2. Exposição do trabalhador a condição insegura 3. Sanções e punições 4. Acidentes de trabalho 5. Acidentes com aeronaves 6. Danos a passageiros e mercadorias

<p>10. Extravios e danos na documentação comprobatória 11. Desorganização dos arquivos de cada profissional 12. Pressões internas do ambiente de trabalho 13. Custo para a realização dos treinamentos</p>		
---	--	--

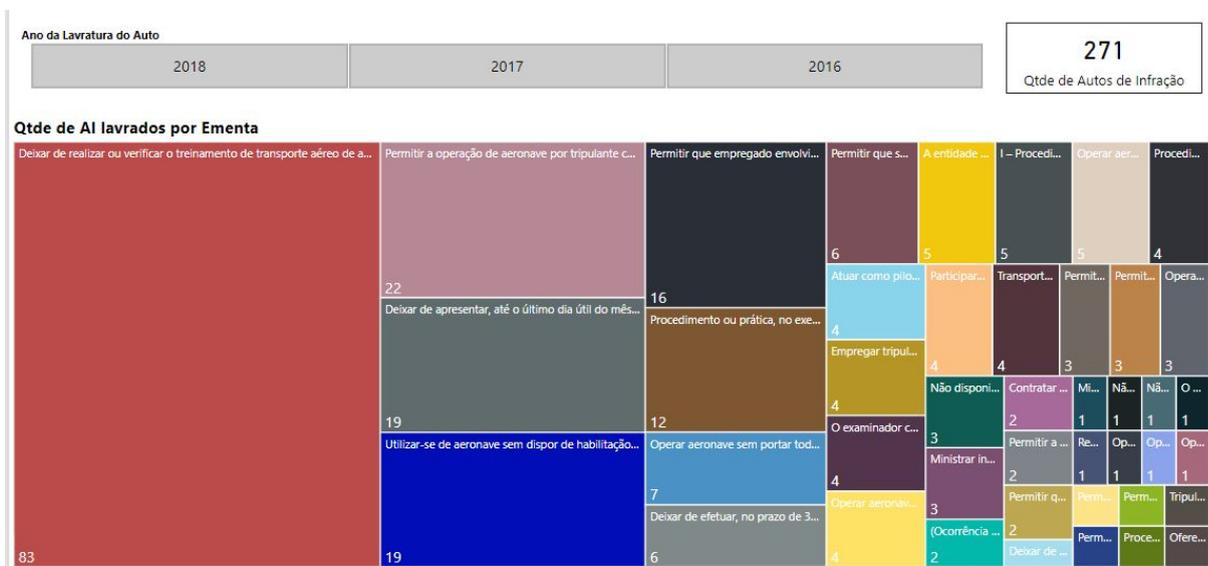
Fonte: elaboração do autor.

Destaca-se que a ocorrência de cada uma dessas causas e consequências varia conforme a área da atividade, o monitoramento utilizado, o contexto em que se insere e a capacidade interna de gestão, tanto do setor responsável na ANAC quanto de cada agente regulado.

Uma das principais evidências que reforçam a ineficiência do sistema, com a consequente presença de assimetrias, é a análise dos autos de infração aplicados pela ANAC. A avaliação da atividade de fiscalização (quadro 2) permite constatar que as infrações relacionadas ao licenciamento e a formação dos profissionais de aviação civil totalizaram 271 autos, entre 2016 e agosto de 2018¹³.

¹³ A agregação das informações foi feita com base nas ementas das autuações disponíveis no Sistema de Multas e Infrações (SMI) utilizando as expressões “habilita*” + “treinament*”. Como ainda não há na ANAC uma taxonomia que vincule as ementas das infrações às suas atividades, é possível que outras autuações envolvendo treinamentos estejam ocultas.

Quadro 2 - Autos de Infração relacionados a licenças e treinamentos



Fonte: Sistema de Multas e Infrações (SMI), elaborado a partir de filtro nas ementas dos autos de infração.

Os dados apresentados sugerem que o Estado não foi capaz de atuar de forma preventiva, sendo que o pagamento da multa, quando ocorre, não garante a modificação do comportamento dos agentes e nem a melhoria das condições de segurança do sistema.

Ressalta-se, ainda, que a coexistência de sistemas com a obrigatoriedade do uso de papel como meio primário de documentação, impõe custos tanto ao regulado quanto a ANAC. Nas atividades de fiscalização, mesmo documentos que são nativamente digitais precisam ser impressos e encaminhados em papel para a agência. Quanto aos valores gastos pela ANAC, por exemplo, o processo SEI nº 00058.519658/2017-81¹⁴ informa da contratação recente pela agência de empresa terceirizada para o trato documental de 40 mil caixas de 20kg de papel, ao custo de 1.7 milhões de reais.

Quanto às punições propriamente (Quadro 2), observadas à luz da segurança operacional e para além do exercício de poder de polícia dos órgãos reguladores, pode-se considerar que elas revelam a presença de uma situação insegura nas operações aéreas, caracterizada na literatura de gerenciamento de riscos como um

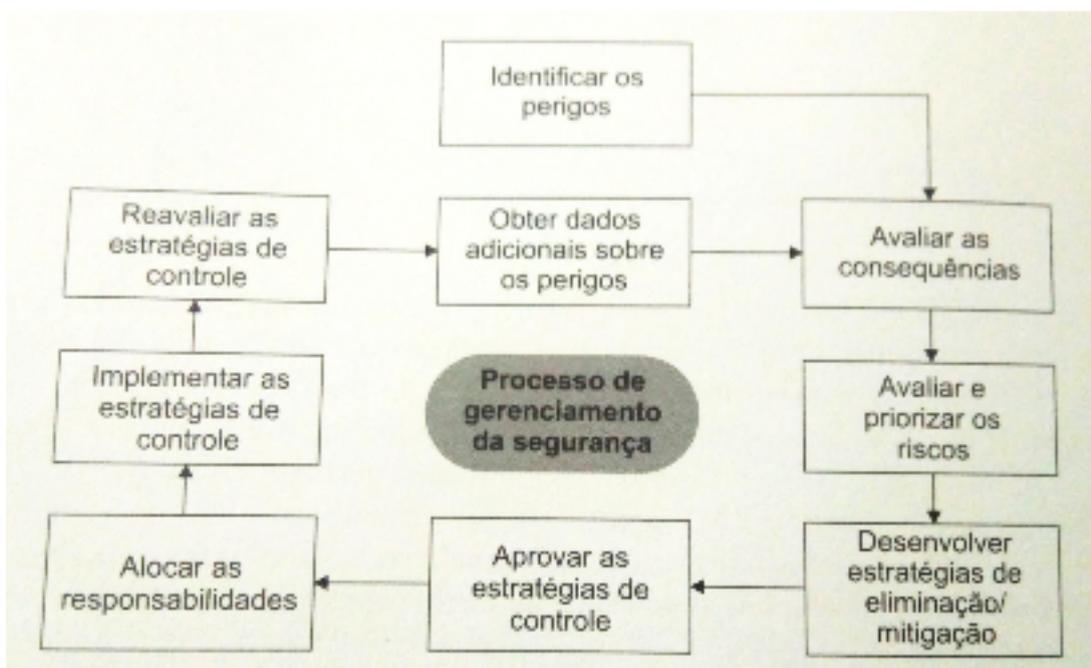
¹⁴ Nota Técnica nº 4(SEI)/2017/JN/DIR, processo nº 00058.519658/2017-81: a autenticidade deste documento pode ser conferida no site <<http://sistemas.anac.gov.br/sei/autenticidade>>, informando o código verificador 1081542 e o código CRC 298A5AA0.

*perigo*¹⁵, identificado através de observações operacionais [STOLZER et al, 2011, p. 129]. Elas demonstram que o sistema, como um todo, não foi capaz de evitar o emprego de um profissional não habilitado.

Para uma proposta de correção destas condições, o processo de gerenciamento da segurança operacional coloca a identificação dos perigos como o primeiro passo para a promoção de mudanças qualitativas no sistema. Este modelo prevê que após a fase de identificação, o perigo seja considerado à luz dos riscos que podem provocar, da priorização do tratamento desses riscos e da implantação de estratégias de controle e mitigação dos seus efeitos.

Tendo em conta um sistema de melhoria contínua, tal como idealizado para o processo de segurança, a figura abaixo ilustra os seus estágios e a sua natureza cíclica.

Figura 4 - Processo de gerenciamento da segurança operacional



Fonte: ICAO, 2006 apud STOLZER et al, 2011.

É importante considerar que a estratégia de mitigação e controle dos perigos não deve ser construída para os casos pontuais; mas sim de modo holístico, pensada para a relação entre as diversas organizações (incluindo o Estado) e

¹⁵ Perigo (OACI): "Condição, objeto ou atividade que potencialmente pode causar lesões às pessoas, danos aos equipamentos ou estruturas, perda de material ou redução da capacidade de desempenhar uma determinada função" [ICAO, 2007a apud STOLZER et al, 2011].

alinhadas ao progresso da percepção da segurança, como apresentado anteriormente no enfoque do *sistema total* [OACI DOC 9859:2018, p. 27]. As maiores oportunidades de construção de soluções estão na capacidade delas serem desenhadas de forma ampla, considerando a complexidade e as interações entre os agentes [EUROCONTROL, 2014].

9 COMPROMISSO DA ANAC PARA A MELHORIA DA SEGURANÇA DA AVIAÇÃO CIVIL - PSOE-ANAC E O GERENCIAMENTO DE RISCOS

No trabalho de regulação da segurança o componente central envolvido na redução de *assimetrias de informação* está relacionado à implantação e supervisão de um Sistema de Gerenciamento da Segurança Operacional (SGSO). Esse compromisso, conforme apresenta o Plano de Segurança Operacional Específico da ANAC (PSOE-ANAC), decorre das recomendações presentes do Anexo 19 da OACI que indica que os Estados signatários da Convenção de Chicago, por meio de suas autoridades de aviação civil, devem estabelecer um Programa de Segurança Operacional (PSO) voltado ao “tratamento sistemático dos riscos inerentes à atuação do Estado sobre a indústria da aviação civil por ele regulada e fiscalizada” [ANAC, 2015, p. 2].

Como parte integrante de seu PSO, cada Estado deve requerer dos PSAC¹⁶ sob sua fiscalização a implementação do Sistema de Gerenciamento da Segurança Operacional (SGSO), cujo foco é a eficácia na identificação e resolução das deficiências sistêmicas dessas organizações que afetam a segurança operacional...”. [ANAC, 2015, p. 3]

O PSOE-ANAC, em seus artigos nº 48 e nº 49, também indica que o gerenciamento de riscos a ser estabelecido deve ser aplicado tanto ao ambiente organizacional dos regulados quanto ao seu próprio, numa abordagem que aprimore a capacidade em regular e fiscalizar a aviação civil brasileira. Sobre a necessidade de estabelecimento de estrutura e mecanismos para tratar assimetrias informacionais, o artigo nº 53 é taxativo:

Art. 53. A estrutura organizacional da ANAC deve ser tal que viabilize a eficácia e a eficiência dos **mecanismos de consulta e comunicação dos dados e informações de segurança operacional resultantes de seu processo de gerenciamento de riscos**, visando a tempestividade e o

¹⁶ Provedores de Serviços de Aviação Civil (PSAC).

aprimoramento dos processos de tomada de decisão com foco em segurança operacional [ANAC, 2015] (grifos do autor).

Quanto à priorização dos riscos a serem tratados, considerando o ambiente regulado e a capacidade de atuação da ANAC, informa o artigo nº 56, § 1º e § 2º:

§ 1º Com relação ao ambiente operacional regulado e fiscalizado pela ANAC devem ser avaliados e tratados prioritariamente os seguintes riscos:

I. evidências de degradação das condições requeridas para a manutenção da certificação ou autorização das atividades dos PSAC e demais entes regulados;

II. **reincidência de não conformidades** e violações nas atividades dos PSAC e demais entes regulados; e

III. **identificação de comportamentos ou práticas operacionais cujos resultados impactam negativamente na segurança operacional.**

§ 2º Com relação à capacidade de atuação da ANAC devem ser avaliados e tratados prioritariamente os seguintes riscos:

I. **falhas na capacidade de detecção de não conformidades** e violações relacionadas às atividades de operação de aeronaves, manutenção de aeronaves, bem como de **qualificação de pessoal operacional**;

II. **deficiências na atuação de pessoas ou organizações credenciadas pela ANAC**; ineficácia ou aplicação incorreta da regulamentação; e

III. falhas no cumprimento das atribuições legais e regimentais. [ANAC, 2015] (grifos do autor).

O problema que aqui se pretende abordar, portanto, está alinhado aos compromissos institucionais assumidos pela ANAC para a promoção de um ambiente adequado de segurança. Durante a realização das entrevistas, em diversos momentos, foi relatado que apesar das sanções aplicadas há a reincidência de infrações cometidas pelos mesmos entes regulados, revelando a incapacidade destes em adequar os seus sistema de vigilância sobre a qualificação do pessoal operacional. Tal impressão não pode ser confirmada tendo em vista que a agência reguladora não disponibiliza dados suficientes para comprovação.

Também salienta-se que as ações de monitoramento do setor regulado, apesar de exigirem a verificação sobre as atividades de treinamento, constituindo basicamente na consulta de documentação comprobatória de natureza similar (certificados de cursos e registros de proficiência pregressa), não é observada de modo transversal na agência. O que leva cada setor a exigir um rito diferenciado para apresentação dos documentos e a utilização de sistemas não padronizados.

Quanto às etapas para o gerenciamento de riscos a serem adotadas pela ANAC, está proposto no plano um fluxo de ação que se começa com a identificação dos perigos, como este trabalho procurou iniciar:

Art. 57. O processo de gerenciamento dos riscos à segurança operacional adotado pela ANAC é composto das seguintes fases:

- I. identificação dos perigos;
- II. análise das causas e consequências dos perigos;
- III. avaliação dos riscos associados às consequências dos perigos;
- IV. proposição das ações de mitigação, eliminação e controle dos riscos; e
- V. avaliação da eficácia das ações implementadas. [ANAC, 2015].

Já em seu artigo nº 58, o normativo estabelece a necessidade de desenvolver iniciativas capazes de corrigir problemas sistêmicos da aviação que estão sob responsabilidade da ANAC:

Art. 58. O processo de gerenciamento de riscos à segurança operacional adotado pela ANAC deve desencadear as seguintes iniciativas:

- I. avaliação das recomendações do órgão investigador de acidentes, e eventuais ações corretivas, no sentido de evitar a recorrência de condições ou fatos que já provocaram acidentes ou incidentes graves;
- II. acompanhamento do ambiente operacional regulado e fiscalizado pela ANAC, **visando à identificação de perigos e condições latentes, e a implementação de ações corretivas ou preventivas sob responsabilidade da ANAC;** e
- III. identificação dos PSAC e demais entes regulados que representem riscos intoleráveis para o ambiente operacional regulado e fiscalizado pela ANAC, a serem prioritariamente fiscalizados. [ANAC, 2015] (grifos do autor).

Percebe-se, assim, que a descrição sobre o trabalho como feito (*work-as-done*) no contexto da ANAC ainda não converge na direção dos objetivos estabelecidos no seu plano. Resta, portanto, a reflexão sobre a necessidade de revisar a governança da agência sobre o processo de vigilância das habilitações dos profissionais da aviação, com vista à maior efetividade na promoção da segurança do sistema.

10 A MELHORIA NA VIGILÂNCIA DOS TREINAMENTOS

Tendo em vista as causas envolvidas na ocorrência do perigo a ser tratado, foi empreendida, durante a realização desse estudo, uma busca por possíveis alternativas, principalmente as baseadas na utilização de tecnologias, que possam oferecer uma resposta mais efetiva para a mitigação dos problemas de controle sobre as habilitações dos profissionais de aviação.

Destaca-se que a utilização de meios tecnológicos¹⁷ promove a evolução da segurança do setor aéreo, sendo considerada uma medida mais eficaz do que a proposição de procedimentos. Como exemplo, podemos perceber a evolução das tecnologias para comando das aeronaves (piloto automático, TCAS, GPS, ADS-B, indicador de ângulo de ataque, entre outros) que visam evitar que os pilotos cometam erros ou adotem ações inseguras.

Conforme indica a literatura, especialmente quanto à hierarquia dos controles na área de sistemas de segurança, disciplina destinada a desenvolver meios mais eficazes de gerenciar os perigos [BRAUER, 2006, p. 99-103, apud STOLZER et al, 2011, p. 174], os modelos de verificação sobre os treinamentos atualmente empregados pela ANAC e pelo setor regulado - em sua significativa prevalência - fazem uso de **procedimentos de segurança**, quase sempre baseados na conferência de documentos em papel, que são realizados por indivíduos conforme alguma rotina estabelecida ou de maneira esporádica, atendendo à prescrições legais ou decisões dos gestores. Informa Stolzer et al [2011, p. 175]:

“os procedimentos são ações que são tomadas para reduzir o risco. Os seres humanos são treinados para seguir determinados procedimentos em determinados momentos. Nem todos os procedimentos existem por razões de segurança, mas o setor de aviação, certamente, faz grande uso de procedimentos para esse efeito”.

Dada as decisões que precisam ser tomadas no âmbito do gerenciamento da segurança, o uso de **procedimentos de segurança representa o nível mais baixo e menos eficaz no estabelecimento de medidas para controlar os perigos**. Numa ordem hierárquica, partindo da medida de maior eficácia para a de menor eficácia, propõe Brauer [2006, p. 99-103] apud Stolzer [2011, p. 174]: “eliminar o perigo; reduzir o nível do perigo; fornecer dispositivos de segurança; fornecer advertências ou avisos; fornecer *procedimentos de segurança*.”

¹⁷ As tecnologias para a melhoria da segurança operacional são amplamente estudada no setor de aviação. Em que pese a prevalência dos estudos voltados para os *fatores técnicos* e para os *fatores humanos*, associados à operação de aeronaves e dos sistemas de navegação, em consonância com a evolução histórica do entendimento sobre as causas dos acidentes e visto que os erros nestes campos podem ter claras consequências catastróficas; a utilização de tecnologias para os problemas relacionados aos *fatores organizacionais* ou *fatores sistêmicos* são menos presentes, assim como o reconhecimento de que essas falhas são também responsáveis pela ocorrência dos acidentes [OACI DOC 9859:2018].

Em suma, observa-se que o monitoramento atual sobre as habilitações dos profissionais de aviação é insatisfatório. Além de expor o sistema à insegurança por não evitarem o trabalho dos profissionais não capacitados, mostra-se também complexo, sujeito à fraudes, custoso e distante dos objetivos pretendidos pela ANAC.

Além disso, as entrevistas apontaram que a abordagem punitiva - de tipo comando e controle - não tem sido capaz de alterar o comportamento dos agentes no sentido esperado, nem corrigir as assimetrias de informação presentes no sistema.

Sinaliza-se também que o *custo de agência*, neste caso arcado por todas as partes interessadas do sistema de aviação, incluindo o conjunto da sociedade que está sujeita às diversas externalidades do setor aéreo; parece estar muito acima das capacidades de integração tecnológicas atuais, revelando um anacronismo frente às formas possíveis de mitigação das falhas evidenciadas.

Visando a melhoria do processo sobre o licenciamento dos profissionais e em virtude das fragilidades dos procedimentos atualmente aplicados - nos quais a troca das informações em papel e a heterogeneidade dos sistemas utilizados não permite a interoperabilidade dos documentos, nem a realização de conferências automatizadas - foram identificadas boas práticas que serão apresentadas a seguir, na forma de uma proposta para um novo modelo.

Durante o esforço de pesquisa, chegou-se a conclusão que um modelo tecnológico funcional, capaz de lidar com as características e necessidades de um efetivo processo de vigilância sobre os treinamentos de aviação, deve ser estruturado a partir de uma arquitetura baseada em 4 eixos principais. Assim, esta proposta englobaria um sistema que:

1) facilite o reconhecimento das habilitações por meio da utilização de medalhas digitais (*digital badges*¹⁸) para representar os requisitos das atividades e o

¹⁸ “Um *badge* é um símbolo ou um indicador de uma realização, habilidade, qualidade ou interesse. Um “*badge digital*” é um registro online de uma dessas conquistas, monitorado por uma comunidade em que o beneficiário tenha interagido e obtido o emblema, bem como o trabalho feito para obtê-lo. Badges digitais podem favorecer ambientes de ensino conectados, motivando o ensino e sinalizando conquistas tanto dentro das comunidades específicas, bem como entre as comunidades e instituições.” [The Mozilla Foundation & Peer 2 Peer University, em colaboração com The MacArthur Foundation, 2012] - texto compilado do documento original (https://wiki.mozilla.org/images/5/59/OpenBadges-Working-Paper_012312.pdf) por [user917725,

cumprimento dos treinamentos pelos indivíduos, permitindo a fácil identificação e rastreamento tanto por pessoas quanto por máquinas, podendo inclusive estar vinculado de forma automatizada às exigências normativas;

2) preze pela interoperabilidade e adote as boas práticas desenvolvidas pela W3C para a web semântica¹⁹, tais como a utilização de ontologias e de vocabulários abertos ligados (*linked open vocabularies*), por exemplo, a aplicação de Org²⁰ e FOAF²¹ para as informações das organizações e dos indivíduos envolvidos nos treinamentos;

3) adote um padrão aberto de produção, utilizando licenças de tipo FLOSS²² (*Free/Libre and Open Source Software*), tendo em vista facilitar o desenvolvimento colaborativo do sistema e o beneficiamento, por todos os usuários, das evoluções realizadas. Isso permitiria uma cooperação mais frequente entre os pares, sendo capaz de reduzir os *custos de agência*; e

4) seja disponibilizado sobre uma tecnologia de livros-razão distribuídos (em inglês, *Distributed Ledger Technology* - DLT) ou especificamente de *blockchains*, visando garantir a segurança das informações e a sua disponibilidade a todas as partes interessadas, respeitando os acordos de governança sobre os níveis de acesso e a privacidade das informações dos usuários.

Diego Victor, André Marcelo Alvarenga]. Disponível em: <<https://support.mozilla.org/pt-BR/kb/o-que-e-um-badge>>. Acesso em: 25 mar. 2019.

¹⁹ “Para um computador, a Web é plana, um mundo chato, desprovida de significado. Isso é uma pena, na verdade os documentos na Web descrevem objetos reais e conceitos imaginários, e dão relações particulares entre eles. Por exemplo, um documento pode descrever uma pessoa. O documento do título para uma casa descreve uma casa e também a relação de propriedade com uma pessoa. Adicionar semântica à Web envolve duas coisas: permitir documentos que tenham informações em formulários legíveis por máquina e permitir que os links sejam criados com valores de relacionamento. Somente quando tivermos esse nível extra de semântica, poderemos usar o poder do computador para nos ajudar a explorar as informações em maior medida do que permite a nossa própria leitura” **[BERNERS-LEE, 1994]** (tradução do autor). Disponível em: <<https://www.w3.org/Talks/WWW94Tim/>>. Acesso em: 24 mar. 2019.

²⁰ Ver *The Organization Ontology*. Disponível em: <<https://www.w3.org/TR/vocab-org/>>. Acesso em: 25 mar. 2019.

²¹ Ver *FOAF Vocabulary Specification 0.99*. Disponível em: <<http://xmlns.com/foaf/spec/>>. Acesso em: 25 mar. 2019.

²² Há diversas licenças de *softwares* que atendem ao padrão FLOSS. Parte da comunidade de desenvolvedores adota essa nomenclatura para se referir tanto ao desenvolvimento de código aberto (*open source*) quanto ao de *software livre*, visando evitar a predileção por um ou outro campo político **[STALLMAN, 2018]**. Ver *FLOSS e FOSS*. Disponível em: <<https://www.gnu.org/philosophy/floss-and-foss.pt-br.html>>. Acesso em: 24 mar. 2019.

Para o propósito deste trabalho, a aplicação prática de cada um dos eixos da arquitetura proposta exigiria um diálogo profundo com os diversos agentes impactados. No caso do Brasil, seria prudente a proposição de uma Análise de Impacto Regulatório (AIR), tal qual sugere o Guia de Análise de Impacto Regulatório, publicado em 2018 pela Casa Civil²³, mas que vai além dos objetivos desta pesquisa.

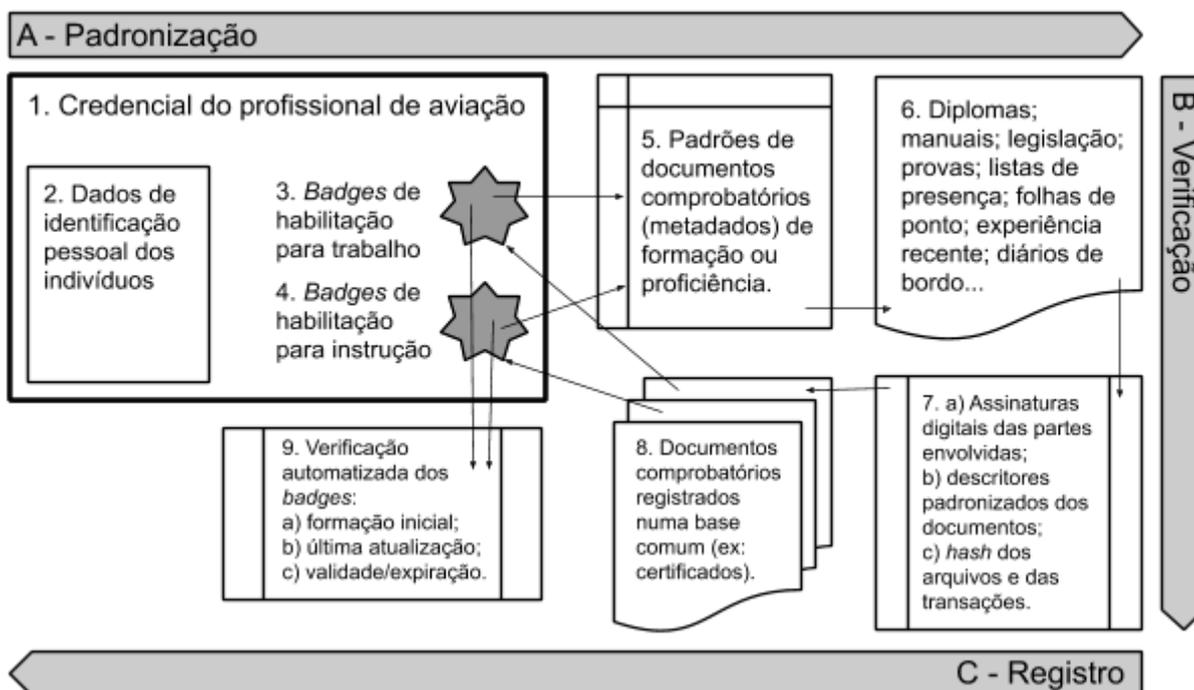
Assim, os eixos foram indicados em virtude da necessidade de transacionar informações educacionais e tecnologias de monitoramento entre os integrantes do sistema de aviação, visando a melhoria dos níveis de controle sobre a habilitação dos profissionais, que hoje são - majoritariamente - baseados em *procedimentos de segurança*.

Considerando que a OACI, a ANAC e os agentes regulados precisam realizar a vigilância sobre a habilitação dos profissionais de aviação, mantendo documentações de suporte e rastreamento dessa formação, a substituição de registros em papel por informações digitais ligadas permitiria a redução de assimetrias informacionais entre os 3 níveis de checagem indicados anteriormente: autocontrole, controle e supervisão.

A figura abaixo visa ilustrar um modelo sobre os vínculos entre a habilitação de um profissional de aviação (credencial digital); os documentos comprobatórios; e a verificação automatizada dos *badges* que permitiriam o trabalho nas mais diversas funções na aviação.

²³ Ver: "Diretrizes gerais e guia orientativo para elaboração de análise de impacto regulatório". Disponível em: <http://www.casacivil.gov.br/central-de-conteudos/downloads/diretrizes-gerais-e-guia-orientativo_final_27-09-2018.pdf/@@download/file/Diretrizes%20Gerais%20e%20Guia%20Orientativo_final_27.09.2018.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2019.

Figura 5 - Credencial digital do profissional de aviação



Fonte: elaboração do autor.

Destaca-se que os pontos apresentados na figura 5 (do número 1 ao 9) visam contemplar as informações necessárias para vigilância e as condições nas quais o profissional de aviação pode estar envolvido, a saber: 3. trabalho ou 4. instrução. O esquema procura transpor os *procedimentos de segurança* hoje aplicados - em sua maioria - de forma manual (por pessoas designadas e seguindo certa rotina) ou com auxílio de sistemas diversos, tanto por parte do regulador quanto dos regulados, contendo documentos que estão em papel ou em meios digitais despadronizados e não interoperáveis.

As setas pequenas sugerem as associações entre as dimensões necessárias para a utilização de informações digitais de modo mais efetivo; já as setas maiores (A, B e C), dispostas na parte externa da figura, representam processos que podem ser realizados de forma independente, mas que exigem um trabalho coordenado entre os agentes envolvidos na indústria e nos governos.

Este tipo de ação coordenada, principalmente quanto ao processo “A - Padronização”, já apresenta alguns precedentes em outros domínios da aviação, mas não para o trato de informações educacionais. Keller²⁴ [2016], ao avaliar o

²⁴ “Richard M. Keller, Ph.D. é o *Chief Scientist for Information Management Technologies* dentro da *Intelligent Systems Division* do *NASA Ames Research Center*. Por mais de 25 anos, o Dr. Keller

gerenciamento de dados complexos do setor aéreo, explica que os modelos utilizados para a troca de informações entre os agentes da aviação são qualitativamente diversos, gerando problemas de interoperabilidade. Assim, visando a mitigação dessas dificuldades, se desenvolveram na última década alguns modelos para troca padronizada de dados. Estes, ao longo do artigo, serão comparados com a utilização de modelos baseados em ontologias. Para o autor, a utilização de ontologias na padronização de dados pode oferecer suporte para tarefas de apoio a tomada de decisão, incluindo, dentre outros: “análise regulatória e monitoramento de conformidade”; e “suporte pós-incidente para análise de segurança, manutenção e eventos operacionais”.

Também foi possível verificar que há modelos padronizados para troca de dados sendo desenvolvidos na comunidade internacional de aviação, principalmente para as atribuições do controle do tráfego aéreo, considerando as informações de voos²⁵, de aeroportos²⁶ e de meteorologia²⁷.

A padronização sobre informações das habilitações dos profissionais, assim, ainda não estaria coberta no plano internacional; apesar das evidências dessa necessidade, principalmente, em razão das falhas verificadas na vigilância do sistema. Quando o monitoramento e o controle sobre o licenciamento dos profissionais não atua como defesa, tal qual esperada (*work-as-imagined*), a utilização de profissionais sem formação adequada pode gerar externalidades catastróficas. Esta situação, por exemplo, é apontada como fator contribuinte de

gerenciou projetos de P&D da NASA nas áreas de gerenciamento inteligente de informações e sistemas colaborativos. Ele desenvolveu sistemas premiados de apoio à decisão e gestão de conhecimento para uma ampla gama de funcionários da NASA, incluindo astrobiólogos, cientistas do espaço e da terra, controladores de voos espaciais, investigadores de acidentes e gerentes de segurança operacional do tráfego aéreo. Seus softwares nas áreas de gestão de conhecimento para grupos de trabalho distribuídos e integração de dados para segurança da aviação resultaram em spin-offs comerciais bem-sucedidos e em um prêmio de patente. Além de seu papel como *Chief Scientist*, ele atua como líder do *Information Integration Group* dentro da *Collaboration and Assistant Systems Technical Area*” (tradução do autor). Disponível em: <<https://ti.arc.nasa.gov/profile/keller/>>. Acesso em: 20 mar. 2019.

²⁵ *Flight Information Exchange Model* (FIXM). Disponível em: <<https://www.fixm.aero/>>. Acesso em: 20 mar. 2019.

²⁶ *Aeronautical Information Exchange Model* (AIXM). Disponível em: <<https://aixm.aero/>>. Acesso em: 20 mar. 2019.

²⁷ *Weather Information Exchange Model* (WXXM). Disponível em: <<https://wxxm.aero/>>. Acesso em: 20 mar. 2019.

alguns acidentes ao longo da história^{28,29}, para além das demais consequências regulatórias da assimetria informacional já sinalizadas neste trabalho.

A aplicação real de um modelo conforme acima descrito permitiria, ao menos, a elevação do controle na hierarquia descrita anteriormente para o nível de *fornecimento de advertências ou avisos*. Ou, ainda, a oportunidade de *eliminar o perigo*, no caso de construção de defesas - em algum ponto do sistema - capazes de evitar automaticamente o trabalho de profissionais não habilitados.

Dos itens da arquitetura citada, destaca-se na atualidade a tecnologia baseada na utilização de livros-razão distribuídos ou *blockchains*. O tema tem atraído uma série de investimentos³⁰ e interesses dos mais diversos agentes, tanto públicos quanto privados, sendo apontada como um meio capaz de estabelecer confiança descentralizada entre os pares na transação de informações digitais [THE ECONOMIST, 2015].

A utilização do meio tecnológico como vetor de agregação de interesses entre diversas partes, precisamente no setor educacional e na indústria aeronáutica, pode abrir a oportunidade para o estabelecimento de uma base comum de registros de treinamento e proficiência entre todos os profissionais de aviação, possibilitando o compartilhamento de custos e uma abordagem sistêmica mais efetiva para o incremento da segurança operacional.

²⁸ Ver: MD87/C525, Milan Linate, 2001; Itália, 188 mortos; 08 out. 2001. Não foram encontradas evidências de treinamento dos pilotos do C525 para operações em baixa visibilidade. Disponível em: <https://www.skybrary.aero/index.php/MD87/_C525,_Milan_Linate,_2001>. Acesso em: 20 mar. 2019.

²⁹ Ver: RF A-134/CENIPA/2014; PR-AFA; Brasil; 07 mortos; 13 ago. 2014. “3.1 Fatos. i) os pilotos não passaram por treinamento de diferenças ou formação, antes de operar o CE 560XLS+; (...) k) os pilotos não estavam qualificados na aeronave CE 560XLS+” [p.159]. O “CENIPA entende que não cabia somente aos tripulantes observarem o conteúdo do requisito, mas também ao **órgão fiscalizador que possibilitou a realização do voo pelos pilotos sem que os mesmos tivessem recebido instrução de voo no modelo da aeronave acidentada e sem que tivessem realizado o exame de proficiência...**” [p.168] (grifo do autor). Disponível em: <http://www.potter.net.br/media/pt/RF_A_134CENIPA2014_PR-AFA.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2019.

³⁰ “No primeiro trimestre de 2018, por exemplo, 412 projetos de blockchain arrecadaram mais de US\$ 3,3 bilhões através de ICOs” [WORLD ECONOMIC FORUM, 2018, p. 5] (tradução do autor). Estima-se que até 2027 pelo menos 10% do PIB mundial será gerenciado através da tecnologia de blockchain [WORLD ECONOMIC FORUM, 2015, p. 24].

11 O USO DE BLOCKCHAIN PARA REGISTROS EDUCACIONAIS

Os modelos de *blockchain* emergiram nos últimos anos como uma tecnologia capaz de gerenciar muito mais ativos digitais do que apenas as criptomoedas [MIRAZ & ALI, 2018]. Os conceitos e as infraestruturas desenvolvidas para funcionamento dos livros-razão (*ledgers*) distribuídos em cadeias de blocos são identificados como extensíveis para outras áreas da atividade econômica e social, sendo destacadas as possibilidades de aplicações para interesse público [BERRYHILL et al, 2018; RECEITA FEDERAL, 2018; UK GOVERNMENT CHIEF SCIENTIFIC ADVISER, 2015; JÚNIOR et al, 2018].

Alguns autores apontam que a tecnologia apresenta características que promovem uma transformação fundacional, tal como ocorreu com a implantação do protocolo TCP/IP e da linguagem HTML [LE MOS & ALEIXO, 2017]. Ou, ainda, que o impacto pode ser tão significativo quanto o da criação da Carta Magna [UK GOVERNMENT CHIEF SCIENTIFIC ADVISER, 2015].

A transposição das projeções e do entusiasmo com a tecnologia para o plano de aplicação a casos de uso reais, nos quais possa entregar novas capacidades ou valores, ainda precisa ser avaliada em cada contexto específico. Há um certo desentendimento na indústria, mesmo entre os órgãos reguladores, sobre a precisa conceituação do que seria um *blockchain* e no que esta tecnologia difere dos sistemas de bases de dados distribuídas já disponíveis anteriormente.

Ressalta-se aqui, contudo, que o *blockchain* nasce junto com o *bitcoin*, por meio da recombinação de tecnologias que já eram conhecidas. A evolução dos diversos formatos de blockchain trataram da resolução de dificuldades presentes no caso do *bitcoin*, como por exemplo o consumo de energia vinculada à atividade de mineração, ou da governança sobre as formas de consenso e privacidade aplicadas à cada rede.

Para os objetivos deste trabalho de pesquisa, ao avaliar o uso de blockchain para o contexto educacional, os livros-razão distribuídos em cadeias de blocos apresentam uma nova forma de produzir bases de dados compartilhadas. De modo

resumido, conforme apresenta o estudo publicado pelo *Joint Research Centre*, da Comissão Europeia:

- Um blockchain é um registro de dados, um livro-razão (*ledger*) distribuído, possibilitando que informações sejam gravadas e compartilhadas por uma rede.
- Cada nó da rede pode manter sua própria cópia dos dados e validar as atualizações desta base por meio de um protocolo de consenso.
- Os dados registrados podem representar qualquer coisa que possa ser descrita em formato digital (diplomas, certificados, moedas, transações, contratos, ativos, identidades...).
- Os registros são permanentes, transparentes e pesquisáveis, permitindo que os integrantes da rede acessem todo o histórico das transações.
- Cada atualização da base representa um novo “bloco” que se vincula aos demais ao final da “cadeia” [GRECH & CAMILLERI, 2017].

As vantagens em utilizar esta tecnologia, em comparação a registros em papel ou em bases de dado centralizadas, pode ser depreendida do sistema apresentado pela Aeron. A aplicação foi projetada especificamente para a área de aviação civil e, em seu escopo, prevê o registro de estudantes, frotas de aeronaves, diários de bordo e outras necessidades de aviação [AERON, 2018]. Conforme mostra o *White Paper* do projeto, a utilização do blockchain proposto pela empresa agregaria as características de: confiabilidade, conveniência, transparência e validação.

Figura 6 - Aeron Benchmarking

	Reliability records can't be lost	Convenience easy entry and viewing	Transparency records auditable	Validation records can't be forged
Traditional paper logbooks	✗	✗	✗	✗
Logging applications with local database	✗	✓	✓	✗
Logging applications with cloud database	✓	✓	✓	✗
Aeron solution with blockchain interface	✓	✓	✓	✓

Fonte: Aeron *White Paper* [AERON, 2018, p. 20].

Greenspan [2015] indica que nos bancos de dados tradicionais, os problemas de confiança relacionados à escrita de dados de forma distribuída, feita por mais de um agente, tem um processo complicado de conciliação, os quais poderiam ser resolvidos com o uso de *blockchain*.

Estas potencialidades foram exploradas por alguns trabalhos destinadas ao registro de informações educacionais. Comparando os sistemas disponíveis à época, Grech & Camilleri [2017] indicam que as atividades que serão provavelmente alteradas pela utilização da tecnologia de *blockchain* na educação incluem: concessão de qualificações, licenciamentos e credenciamentos, gerenciamento de registros de alunos, gerenciamento de propriedade intelectual e os pagamentos.

Rooksby & Dimitrov [2017] alertam para o fato das implementações realistas na educação, considerando os conceitos de uma Organização Autônoma Distribuída (DAOs), trazidas pela *Ethereum*, apresentarem dificuldades considerando os contextos existentes. Para os autores, isso se deve ao fato da tecnologia introduzir desafios estruturais, destinados a fundamentar novas formas de fazer e de pensar os modelos das organizações.

Para Chen et al [2018] os usos de *blockchain* na educação podem trazer benefícios tanto professores quanto para os alunos. As atividades de aprendizagem, baseadas nos contratos automatizados (*smart contracts*), poderiam fornecer meios transparentes e rastreáveis de avaliação de desempenho para ambos.

Já o trabalho de Gräther et al [2018] concentra-se na possibilidade de uso da tecnologia para um *Lifelong Learning Passport*, tratando os registros sobre a história de aprendizado individual como possíveis de estarem disponíveis a longo prazo e resilientes a adulterações. O sistema proposto permitiria uma forma prática de emissão, validação e compartilhamento de certificados e outros registros educacionais. Sinalizam também para o uso das especificações do *Mozilla Open Badges*, aludindo que há uma grande quantidade de APIs e ferramentas disponíveis para criar, gerenciar ou verificar os *badges* produzidos conforme esta especificação.

O artigo de Turkanovic et al [2018] propõe uma solução unificada para reunir créditos de educação superior em uma rede globalmente disponível. Os estudantes teriam uma visão única e transparente de todos os seus cursos concluídos e as

instituições de ensino poderiam verificar os dados dos alunos, independente da origem da formação destes. Os registros físicos e digitais atualmente utilizados seriam passados para uma base de dados utilizando a tecnologia de *blockchain*.

No entanto, Bartolomé & Moral-Ferrer [2018] informam que seria um erro pensar no uso da tecnologia como um projeto de aplicação imediata. Estaríamos agora em uma fase ainda exploratória na qual a implementação não é simples, tanto por motivos tecnológicos quanto econômicos, podendo levar a consequências indesejadas inaceitáveis a depender da forma como seja utilizada. De toda forma, destacam que os usos educacionais poderiam resolver problemas quanto a: i) acreditação de competências e saberes, trabalhando modelos de aprendizado formal e informal que garantiriam a privacidade dos dados e a integridade dos documentos; e ii) individualização do caminho de aprendizagem, possibilitando aos estudantes elegerem pacotes específicos de aprendizado com um registro automatizado, por meio de *smart contracts*, dessas escolhas.

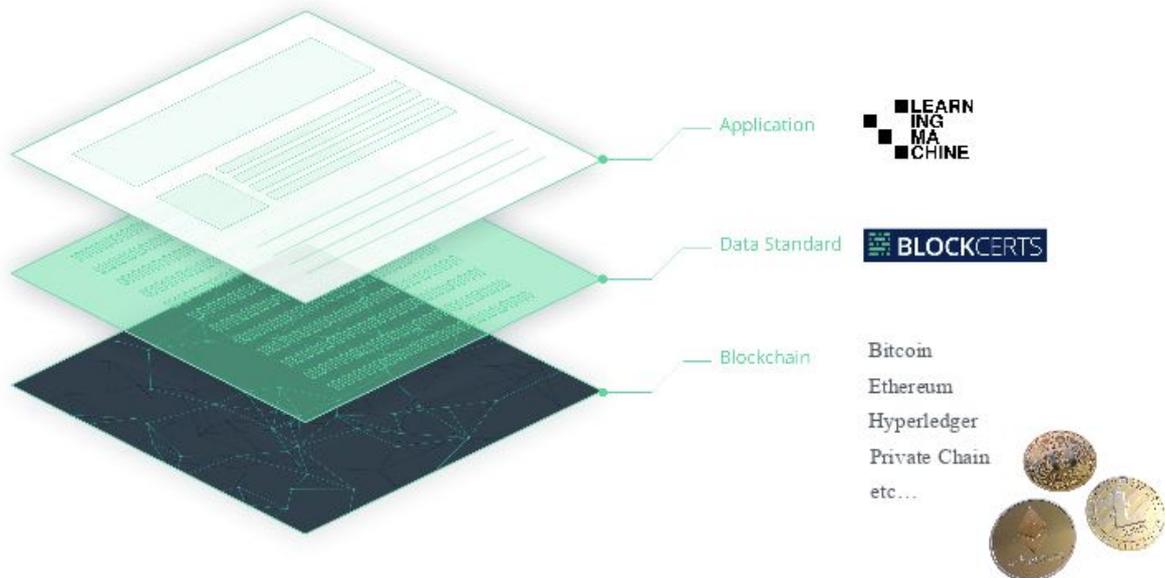
Dentre os trabalhos avaliados para fins educacionais, o que parece apontar para um caminho mais consistente - convergente com os objetivos desta pesquisa e tendo sido citado como referência em diversos artigos aqui apresentados - é o modelo do Blockcerts. A tecnologia, desenvolvida pelo MIT Media Lab e a empresa Learning Machine, foi construída sobre um padrão aberto, voltado para a emissão e verificação de documentos para credenciais acadêmicas, certificações profissionais, desenvolvimento de força de trabalho e outros registros cívicos³¹. Sendo percebido que permitem tanto automatizações de conferência das habilitações, por exemplo a sua data de expiração, quanto a segurança necessária para transacionar as informações educacionais em uma rede com os agentes interessados.

Desta forma, eliminaria também parte das causas geradoras do problema de controle e supervisão dos treinamentos de aviação, tornando a atividade de vigilância das habilitações dos profissionais mais efetiva. O que representaria um avanço significativo na capacidade de promover a segurança do sistema e auxiliaria a ANAC na consecução dos seus objetivos institucionais.

³¹ Blockcerts: *The Open Standard for Blockchain Credentials*. Disponível em: <<https://www.blockcerts.org>>. Acesso em: 25 mar. 2019.

A seguir é apresentada a arquitetura para funcionamento do Blockcerts, dividida em 3 níveis: 1º Aplicação; 2º Padrões de Dados; 3º Blockchain.

Figura 7 - *Blockcerts*



Fonte: Blockcerts - Learning Machine [MACHINE, 2017].

Conforme as informações disponibilizadas pela empresa, as *credenciais digitais*, emitidas no padrão do Blockcerts, precisam conter as seguintes características:

- “1) Independência: o destinatário é o proprietário da credencial e não exige que o emissor ou terceiros sejam envolvidos após o recebimento da credencial;
- 2) Propriedade: o destinatário pode comprovar a propriedade da credencial;
- 3) Controle: o destinatário tem controle sobre como eles selecionam as credenciais que possuem. Eles podem optar por associar credenciais a um perfil estabelecido que possuem ou não.
- 4) Verificabilidade: a credencial deve ser verificável por terceiros, mesmo dentro de um ambiente sem confiança.
- 5) Permanência: a credencial deve ser um registro permanente que possa durar a vida toda” [DUFFY & JAGERS, 2017] (tradução do autor).

Quanto às características necessárias para que o padrão desenvolvido tenha utilidade para um *emissor*, as credenciais precisam suportar:

- “Prova: o emissor deve poder provar que emitiu a credencial.
- Expiração: o emissor deve poder definir a data de vencimento da credencial.
- Revogação: o emissor deve ser capaz de revogar as credenciais.
- Segurança: o sistema é seguro e impõe um mínimo de carga contínua” [DUFFY & JAGERS, 2017] (tradução do autor).

Os autores ainda informam que para a credencial ter utilidade para terceiros, elas devem garantir:

“Integridade: o conteúdo da credencial não pode ser alterado.
Autenticidade: o Emitente é quem o certificado indica e ele não pode ser fraudado” [DUFFY & JAGERS, 2017] (tradução do autor).

Com base nas referências consultadas durante este trabalho, é possível considerar que a arquitetura proposta para a produção da tecnologia apresentada acima, separada em 3 níveis, é capaz de promover um esforço orientado e seguro para o desenvolvimento de aplicações envolvendo blockchain. Ao destacar a camada de padronização dos dados do restante da infraestrutura, a proposta do Blockcerts parece estar alinhada aos esforços de construção de padrões de dados que já existem em alguns domínios da aviação, citados anteriormente. Também, conseguem se descolar das disputas atuais sobre os modelos de consenso, permitindo o registro das informações em mais de uma rede de blockchain.

Em tempo, indica também convergir com a estrutura proposta na figura 5, colocando parte dos processos sugeridos em B - Verificação e em C - Registro numa rede de blockchain. Por se tratar de desenvolvimento em código-aberto, o modelo possibilita a cooperação entre vários provedores de serviços ou mesmo entre as autoridades reguladoras, tanto no setor educacional quanto na indústria aeronáutica.

12 O TESTE DA TECNOLOGIA BLOCKCERTS

Uma vez que o padrão Blockcerts está disponibilizado de modo gratuito e sob uma licença de tipo FLOSS, para os propósitos desta pesquisa, foi realizado um teste inicial da tecnologia, em fevereiro de 2019, visando avaliar as funcionalidades e demais questões práticas sobre o uso da ferramenta.

Foi possível observar a capacidade de fazer o registro de credenciais acadêmicas na rede de teste do blockchain da Ethereum (Rinkeby). Em contrapartida, se constatou que a camada de aplicação, disponibilizada publicamente em formato aberto e separada do modelo de dados, não possui usabilidade simples, sendo apenas possível realizar a edição dos arquivos de configuração das credenciais por meio de editores de código-fonte.

Posteriormente foi realizada uma transação contendo uma credencial fictícia. Deste processo foi possível observar que a credencial contava com um campo de

endereço para registro de uma lista de revogação, destinada a revogar a credencial caso fosse identificada alguma fraude posterior à sua emissão.

13 CONCLUSÃO

Ao longo desta pesquisa, foi buscada a identificação de como a realidade do dia-a-dia (*work-as-done*) da atividade de controle e supervisão das habilitações dos profissionais de aviação civil interfere na capacidade de cumprimento efetivo das finalidades prescritas na legislação (*work-as-imagined*) do setor aéreo.

Foram levantadas, mediante entrevistas com o pessoal-chave envolvido na vigilância do setor, as principais fragilidades constituintes do processo de monitoramento atualmente empregados, principalmente pela ANAC, para acompanhamento dos registros de treinamentos exigidos para a aviação.

Diante dos compromissos assumidos pela agência quanto à melhoria da segurança operacional, foi possível identificar que os procedimentos atualmente utilizados são inefetivos, uma vez que não são capazes de evitar o emprego dos profissionais não habilitados.

As dificuldades levantadas demonstraram que o núcleo da problemática está vinculado à gestão documental em formato físico - em papel - e à confiança em procedimentos de controle manuais, conseqüentemente mais sujeito a falhas e fraudes. Tais características comprometem a segurança pretendida, não contribuindo para a diminuição das assimetrias informacionais e dos custos de agência, tal como seria esperado da atuação do órgão regulador.

Dessa forma, foi proposta uma nova arquitetura de sistema para a mitigação das falhas de vigilância, com vistas a melhorar a sua efetividade. Dentre as características avaliadas nesse novo modelo, destacou-se a possibilidade de transacionar informações educacionais utilizando *blockchain*.

Em consequência, foi procedido um teste na plataforma aberta Blockcerts visando observar as funcionalidades disponíveis. Como resultado, foi identificada a possibilidade de realizar a emissão e a revogação de certificados sobre a formação profissional. Outras verificações de funcionalidades não foram possíveis devido a camada de aplicação

A partir do esforço empreendido, sugere-se que a agência revise o processo aplicado sobre os treinamentos, visando mitigar as falhas apresentadas neste estudo, bem como outros problemas correlatos que eventualmente não tenham sido identificados e que possam acometer as atividades de formação dos indivíduos, ainda não observadas de modo transversal entre as diversas unidades da agência. Adicionalmente, em virtude dos benefícios potenciais do blockchain, recomenda-se que a ANAC avalie a possibilidade de implementar novos processos para o gerenciamento de riscos envolvendo a utilização desta tecnologia.

De forma secundária, esta pesquisa - considerando tratar-se de um esforço inicial - pretende contribuir para a ampliação dos estudos sobre a segurança do transporte aéreo por meio da adoção de tecnologias para o trato de falhas organizacionais, compreendendo a atuação estatal de modo sistêmico, como um indutor relevante do comportamento dos agentes do mercado.

REFERÊNCIAS

- AERON. White Paper: the new standard of aviation safety powered by blockchain - v1.09, July 2, 2018. Disponível em: <<https://i.aeron.aero/storage/AeronWhitepaper.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2019.
- ANAC, 2015. Plano de Segurança Operacional Específico da ANAC (PSOE-ANAC). Resolução nº 352, de 10 de fevereiro de 2015. Disponível em: <<http://www.anac.gov.br/assuntos/setor-regulado/aerodromos/arquivos/psoe-anac.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2019.
- ARENDT, D. Work-as-Imagined and Work-as-Done: A Safety Management Reality Check for Regulators. In: HindSight 25, SUMMER, 2017, p. 37-39. Disponível em: <<https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/publication/files/hindsight-25.pdf>>. Acesso em: 20 dez. 2018.
- BARNEY, J. B. & HESTERLY, W. Economia das organizações: entendendo a relação entre as organizações e a análise econômica. In S. R. Clegg, C. Hardy & W. R. Nord (Eds.), Handbook de estudos organizacionais: ação e análise organizacionais (vol. 3). São Paulo: Atlas, 2004.
- BARTOLOMÉ, A.; MORAL-FERRER, J. M. (Eds.). Blockchain en Educación. El marco. Barcelona: LMI. Colección Transmedia XXI. 2018. Disponível em: <<http://www.lmi.ub.es/transmedia1/>>. Acesso em: 20 mar. 2019.
- BARTOLOMÉ, A.; LINDÍN, C. Posibilidades del Blockchain en Educación. 2018. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/330422135_Posibilidades_del_Blockchain_en_Educacion_-_Blockchain_possibilities_in_Education>. Acesso em: 20 mar. 2019.
- BERRYHILL, J.; BOURGERY, T.; HANSON, A. Blockchains Unchained: Blockchain Technology and its Use in the Public Sector, OECD Working Papers on Public Governance, No. 28, OECD Publishing, Paris, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1787/3c32c429-en>>. Acesso em: 20 mar. 2019.
- CHEN, G., XU, B., LU, M., & CHEN, N.-S. *Exploring blockchain technology and its potential applications for education. Smart Learning Environments*, 5(1). 2018. Disponível em: <<https://slejournal.springeropen.com/articles/10.1186/s40561-017-0050-x>>. Acesso em: 20 mar. 2019.
- DUARTE, R. Entrevistas em pesquisas qualitativas. Educ. rev., Curitiba, n. 24, p. 213-225, Dec. 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-40602004000200011&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 20 dez. 2018.

DUFFY, K. H.; JAGERS, C. Distributed, Trustless Timestamps. How adding the blockchain creates advantages over traditional PKI techniques. 2017. Disponível em: <<https://medium.com/learning-machine-blog/trusted-timestamps-bbeb3d29cc0>>. Acesso em: 25 mar. 2019.

ECHEVERRÍA, J. Interdisciplinarietà y convergencia tecnocientífica nano-bio-info-cogno. Sociologias, Porto Alegre, ano 11, nº 22, jul./dez. 2009, p. 22-53.

EUROCONTROL, 2014. Systems Thinking for Safety: A White Paper. Moving towards Safety-II. Disponível em: <<https://www.skybrary.aero/bookshelf/books/2882.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2019.

FILGUEIRAS, F. Burocracias do controle, controle da burocracia e accountability no Brasil. In: Burocracia e políticas públicas no Brasil: interseções analíticas. R. PIRES, G. LOTTA e V. OLIVEIRA (Org.). Brasília, IPEA-ENAP, 2018.

GRÄTHER, W.; KOLVENBACH, S.; RULAND, R.; SCHÜTTE, J.; TORRES, C.; WENDLAND, F. Blockchain for Education: Lifelong Learning Passport. European Society for Socially Embedded Technologies (EUSSET). 2018. Disponível em: <<https://hdl.handle.net/20.500.12015/3163>>. Acesso em: 20 mar. 2019.

GREENSPAN, G. Private blockchains are more than “just” shared databases. 2015. Disponível em: <<https://www.multichain.com/blog/2015/10/private-blockchains-shared-databases/>>. Acesso em: 20 mar. 2019.

GRECH, A.; CAMILLERI A. F. Blockchain in Education. [s.l.] Publications Office of the European Union, 2017. Disponível em: <<http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/111111111/49552>>. Acesso em: 20 mar. 2019.

HOLLNAGEL, E. Can we ever imagine how work is done? In: HindSight 25, SUMMER, 2017, p. 10-13. Disponível em: <<https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/publication/files/hindsight-25.pdf>>. Acesso em: 20 dez. 2018.

JÚNIOR, G. M. A.; JR., J. N. D.; ONODERA, M. T.; MORENO, S. M. de B. M.; ALMEIDA, V. da R. S. BNDESToken: Uma Proposta para Rastrear o Caminho de Recursos do BNDES. In: WORKSHOP EM BLOCKCHAIN: TEORIA, TECNOLOGIAS E APLICAÇÕES (WBLOCKCHAIN_SBRC), 1/2018. Anais do I Workshop em Blockchain: Teoria, Tecnologias e Aplicações (WBlockchain - SBRC 2018). Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, maio 2018.

KELLER, R. M. Ontologies for Aviation Data Management. In 2016 IEEE/AIAA 35th Digital Avionics Systems Conference (DASC), Sacramento, 2016. Disponível em: <<https://ti.arc.nasa.gov/publications/34754/download>>. Acesso em: 05 jan 2019.

KOSLOWSKI, A. É o conceito de tecnociência confuso? *Philosophos - Revista de Filosofia*, 2015. Vol: 20 (1) pp: 11-36. Disponível em: <<https://revistas.ufg.br/philosophos/article/viewFile/36115/18928>>. Acesso em: 20 dez. 2018.

LEMOS, R.; ALEIXO, G. Como usar a blockchain para promover o interesse público? 2017. Disponível em: <https://medium.com/@lemons_ronaldo/como-usar-a-blockchain-para-promover-o-interesse-p%C3%ABablico-fab3ce01b4a2>. Acesso em: 20 mar. 2019.

MACHINE, L. Practical Lessons From the Use of Blockchain in Education.pptx. 2017. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1iCL_K5oGX5p3MD_zRdveW_FxcNf0FpJK/view>. Acesso em: 25 mar. 2019.

MINAYO, Ma. C. de S. (org.). *Pesquisa Social. Teoria, método e criatividade*. 18 ed. Petrópolis: Vozes, 2001.

MIRAZ, M. H.; ALI, M. Applications of Blockchain Technology beyond Cryptocurrency, *Annals of Emerging Technologies in Computing (AETiC)*, Print ISSN: 2516-0281, Online ISSN: 2516-029X, pp.1-6, Vol. 2, No. 1, 1st January 2018, Published by International Association of Educators and Researchers (IAER), DOI:10.33166/AETiC.2018.01.001. Disponível em <<http://aetic.theiaer.org/archive/v2/v2n1/p1.html>>. Acesso em: 20 mar. 2019.

MORAES, A. F. B. L. A. Critérios de avaliação da assimetria de informação na regulação de transportes terrestres no Brasil. Publicação T.DM-006/2017, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2017, 99p.

OACI. The Convention on International Civil Aviation - Annexes 1 to 18 short descriptions. 2016. Disponível em: <<https://www.skybrary.aero/bookshelf/views/index.php?bookId=3370>>. Acesso em: 20 mar. 2019.

OACI DOC 9734:2006. Manual de vigilancia de la seguridad operacional - Parte A Establecimiento y gestión de un sistema estatal de vigilancia de la seguridad operacional. ORGANIZACIÓN DE AVIACIÓN CIVIL INTERNACIONAL, Montreal, 2006.

OACI DOC 9859:2018. Safety Management Manual (4th edition). INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION. Montreal, 2018. Disponível em: <<https://unitingaviation.com/publications/9859>>. Acesso em: 20 mar. 2019.

OACI DOC 9956:2011. Global And Regional 20 Year Forecasts: Pilots, Maintenance Personnel, Air Traffic (2010-2030). INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION. Montreal, 2011. ISBN 978-92-9231-729-4. Disponível em: <<https://store.icao.int/global-and-regional-20-year-forecasts-pilots-maintenance-perso>

nnel-air-traffic-controllers-doc-9956-english-cd-rom.html.html>. Acesso em: 27 mar. 2019.

OACI DOC 10004:2016. Plan global para la seguridad operacional de la aviación, 2016. ORGANIZACIÓN DE AVIACIÓN CIVIL INTERNACIONAL, Montreal, 2016. ISBN 978-92-9258-182-4. Disponível em: <https://www.icao.int/publications/Documents/10004_es.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2019.

RECEITA FEDERAL. Receita Federal publica norma sobre compartilhamento de dados utilizando tecnologia Blockchain. 2018. Disponível em: <<http://receita.economia.gov.br/noticias/ascom/2018/novembro/receita-federal-publica-norma-sobre-compartilhamento-de-dados-utilizando-tecnologia-blockchain>>. Acesso em: 20 mar. 2019.

ROOKSBY, J.; DIMITROV, K. Trustless Education? A Blockchain System for University Grades. 2017. Disponível em: <http://johnrooksby.org/papers/DAOworkshop_rooksby.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2019.

SALGADO, L. H., & OLIVEIRA, A. V. M. Assimetrias de informação e o provimento obrigatório de dados de firmas reguladas: estudo de caso do transporte aéreo. *Journal of Transport Literature*, 2012, 6 (3), p. 204–238.

STOLZER, A. J.; HALFORD, C. D.; GOGLIA, J. J. Sistemas de Gerenciamento da Segurança Operacional na Aviação. São José dos Campos: DCA-BR, 2011. 335p.

TURKANOVIC, M.; HOLBL, M., KOSIC, K.; HERICKO, M.; KAMISALIC, A. EduCTX: A Blockchain-Based Higher Education Credit Platform. 2018. *IEEE Access*, 6, 5112–5127. Disponível em: <[doi:10.1109/access.2018.2789929](https://doi.org/10.1109/access.2018.2789929)>. Acesso em: 20 mar. 2018.

THE ECONOMIST. The promise of the blockchain - The trust machine. 2015. Disponível em: <<https://www.economist.com/leaders/2015/10/31/the-trust-machine>>. Acesso em: 20 mar. 2019.

UK GOVERNMENT CHIEF SCIENTIFIC ADVISER. Distributed Ledger Technology: beyond block chain. A report by the UK Government Chief Scientific Adviser, 2015. Disponível em: <https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/492972/gs-16-1-distributed-ledger-technology.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2019.

WORLD ECONOMIC FORUM. Deep Shift Technology Tipping Points and Societal Impact. 2015. Disponível em: <http://www3.weforum.org/docs/WEF_GAC15_Technological_Tipping_Points_report_2015.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2019.

WORLD ECONOMIC FORUM. Building Block(chain)s for a Better Planet. 2018. Disponível em: <http://www3.weforum.org/docs/WEF_Building-Blockchains.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2019.