

**ESCOLA DE COMANDO E ESTADO-MAIOR DO EXÉRCITO
ESCOLA MARECHAL CASTELLO BRANCO**

Cel Av **MARCELLO BORGES DA COSTA**

**Investigação de acidentes em lançamentos de
veículos espaciais: adaptações para o SIPAER**



Rio de Janeiro
2023

Cel Av MARCELLO **BORGES** DA COSTA

Investigação de acidentes em lançamentos de veículos espaciais: adaptações para o SIPAER

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Escola de Comando e Estado-Maior do Exército, como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Ciências Militares, com ênfase em Política, Estratégia e Administração Militar.

Orientador: Cel R1 Inf Pedro Winkelmann Santana de Araújo

Rio de Janeiro
2023

C837i Costa, Marcello Borges da

Investigação de acidentes em lançamentos de veículos espaciais: adaptações para o SIPAER. / Marcello Borges da Costa.—2023.
45f.: il. ; 30 cm.

Orientação: Pedro Winkelmann Santana de Araújo.
Policy Paper (Especialização em Política, Estratégia e Alta Administração Militar)—Escola de Comando e Estado-Maior do Exército, Rio de Janeiro, 2023.
Bibliografia: f. 42-43.

1. ESPACIAL. 2. ACIDENTES. 3. INVESTIGAÇÃO. 4. COMPETÊNCIAS. I. Título.

CDD 355

Cel Av MARCELLO **BORGES** DA COSTA

Investigação de acidentes em lançamentos de veículos espaciais: adaptações para o SIPAER

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Escola de Comando e Estado-Maior do Exército, como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Ciências Militares, com ênfase em Política, Estratégia e Administração Militar.

Aprovado em ____ de _____ de 2023.

COMISSÃO AVALIADORA

Pedro **Winkelmann** Santana de Araújo - Cel R1 Inf - Presidente
Escola de Comando e Estado-Maior do Exército

João Luiz de Araújo **Lampert** - Cel Inf - Membro
Escola de Comando e Estado-Maior do Exército

Luciano Correia Simões - Cel R1 Inf - Membro
Escola de Comando e Estado-Maior do Exército

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fases de uma investigação.....	13
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Conhecimentos desenvolvidos no Space Mishap Investigation Course ..	27
Tabela 2 - Habilidades desenvolvidas no Space Mishap Investigation Course.....	29
Tabela 3 - Grade de disciplinas do CPOL	29
Tabela 4 - Matriz de conhecimentos definidos pelos especialistas	31
Tabela 5 - Matriz de competências apuradas com nível de concordância dos conhecimentos, de acordo com os especialistas.....	32
Tabela 6 - Matriz de habilidades definidas pelos especialistas	33
Tabela 7 - Matriz de competências apuradas com nível de concordância das habilidades, de acordo com os especialistas.....	33
Tabela 8 - Conhecimentos enumerados pelos especialistas em relação ao currículo do CIAA.....	35
Tabela 9 - Habilidades enumeradas pelos especialistas em relação ao currículo do CIAA.....	36

RESUMO

Cada vez mais crucial, é o domínio espacial para o desenvolvimento do Brasil, especialmente no que se refere à projeção do poder aeroespacial. A Estratégia Nacional de Defesa (END) enfatiza o fortalecimento do setor espacial como uma prioridade estratégica para a defesa do país. No entanto, a segurança desse setor é uma preocupação constante, pois três grandes acidentes em lançamentos de satélites nas últimas três décadas interromperam o avanço do segmento espacial no Brasil. Para garantir o desenvolvimento contínuo do programa espacial brasileiro e reforçar a segurança, a prevenção reativa de acidentes torna-se uma atividade de extrema importância. Essa abordagem permite extrair lições dos acidentes passados e fortalecer barreiras e defesas para prevenir eventos futuros. Em 2019, a Força Aérea Brasileira (FAB) recebeu a atribuição de investigar ocorrências espaciais por meio do Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA). Com o objetivo de desempenhar essa nova função, esta pesquisa foi conduzida para analisar até que ponto o Curso de Investigação de Acidentes Aeronáuticos (CIAA) desenvolve conhecimentos e habilidades essenciais para os investigadores do SIPAER atuarem nas investigações espaciais. Por meio do método Delphi, foram identificados os conhecimentos e habilidades fundamentais para os investigadores do SIPAER nesse novo modal. Em seguida, as competências presentes no currículo do CIAA foram identificadas com base na ICA 37-357. A análise comparativa entre as competências levantadas pelos especialistas e os resultados da pesquisa documental do currículo mínimo do CIAA revelou que o atual curso fornece 25% dos conhecimentos e 85% das habilidades necessárias para a investigação no segmento espacial. Esses resultados destacam a relevância de se efetuar ajustes no CIAA para a capacitação dos investigadores no campo espacial, contribuindo para o fortalecimento e a segurança do setor aeroespacial do país.

Palavras-chave: Espacial. Acidentes. Investigação. Competências.

ABSTRACT

Increasingly crucial is the mastery of space for Brazil's development, especially concerning the projection of aerospace power. The National Defense Strategy (END) emphasizes the strengthening of the space sector as a strategic priority for the country's defense. However, the security of this sector remains a constant concern, as three major satellite launch accidents in the last three decades have hindered the progress of the space segment in Brazil. To ensure the continuous development of the Brazilian space program and enhance security, reactive accident prevention becomes an activity of utmost importance. This approach allows for extracting lessons from past accidents and reinforcing barriers and defenses to prevent future events. In 2019, the Brazilian Air Force (FAB) was assigned the responsibility to investigate space occurrences through the Aeronautical Accident Investigation and Prevention Center (CENIPA). With the aim of fulfilling this new role, this research was conducted to analyze to what extent the Aeronautical Accident Investigation Course (CIAA) develops the necessary knowledge and skills for SIPAER investigators to perform space investigations. Through the Delphi method, fundamental knowledge, and skills for SIPAER investigators in this new domain were identified. Subsequently, the competencies present in the CIAA curriculum were identified based on ICA 37-357. The comparative analysis between the competencies identified by the specialists and the results of the documentary research on the minimum curriculum of the CIAA revealed that the current course provides 25% of the knowledge and 85% of the skills required for space segment investigation. These results highlight the importance of adjusting the CIAA for the capacity building of investigators in the space field, contributing to the strengthening and security of the country's aerospace sector.

Keywords: Spatial. Accidents. Investigation. Competences.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AST	Acordo de Salvaguardas Tecnológicas
CCIE	Comissão de Coordenação e Implantação de Sistemas Espaciais
CEA	Centro Espacial de Alcântara
CEI	Centro Espacial ITA
CENIPA	Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos
CIAA	Curso de Investigação de Acidentes Aeronáuticos
CLA	Centro de Lançamento de Alcântara
CLBI	Centro de Lançamento da Barreira do Inferno
DCA	Diretriz do Comando da Aeronáutica
END	Estratégia Nacional de Defesa
FAB	Força Aérea Brasileira
FTA	<i>Fault Tree Analysis</i>
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
ITA	Instituto Tecnológico da Aeronáutica
PESE	Programa Estratégico de Sistemas Espaciais
SIPAER	Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos
SMIC	<i>Space Mishap Investigation Course</i>
USAF	<i>United States Air Force</i>
VLS	Veículo Lançador de Satélite
VSF	Veículo Suborbital Brasileiro

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	Delimitação do estudo.....	16
1.2	Relevância do estudo	16
2	REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1	A complexidade da coleta de dados em cenários de acidentes aeroespaciais	18
2.2	Fundamentação teórica.....	18
2.3	Perspectivas sobre competência	19
3	METODOLOGIA	21
3.1	Limitações do método	23
4	APRESENTAÇÃO DOS DADOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS	24
4.1	Variáveis	24
4.2	Formação do Investigador de Acidentes Aéreos no Brasil	24
4.3	Formação do Investigador de Acidentes Espaciais nos EUA	26
4.4	Conhecimentos e habilidades essenciais para investigadores de ocorrências em lançamentos espaciais	29
5	OPÇÕES E RECOMENDAÇÕES POLÍTICAS	37
6	CONCLUSÃO	39
	REFERÊNCIAS	42
	APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO	44

1 INTRODUÇÃO

Na comunidade internacional, países com um setor espacial desenvolvido são considerados membros de um grupo exclusivo. É incontestável que as nações que possuem domínio sobre o espaço sideral detêm vantagens significativas nos campos militar, econômico e político-social.

Na Estratégia Nacional de Defesa (END), é amplamente reconhecido que o domínio do setor espacial garante vantagens militares decisivas. A DCA 11-45, intitulada como Força Aérea 100 e concebida para orientar a visão estratégica da Força Aérea Brasileira no futuro, estabelece que a exploração espacial é de suma importância.

A Doutrina Básica da Força Aérea Brasileira (DCA 1-1) define o Poder Aeroespacial como a projeção do Poder Nacional resultante da integração dos recursos de que a Nação dispõe para a utilização do espaço aéreo e do espaço exterior. Esse poder pode ser utilizado tanto como instrumento de ação política e militar quanto como fator de desenvolvimento econômico e social, visando à conquista e manutenção dos objetivos nacionais.

Segundo Souza (2021) a capacidade de lançamento de foguetes e a utilização de satélites próprios para fins militares, como comunicação e monitoramento global, são fatores preponderantes que garantem vantagens estratégicas aos países que possuem o domínio dessa tecnologia.

A atualização da Doutrina Básica da Força Aérea Brasileira (FAB) em relação ao conceito de "Poder Aéreo" para "Poder Aeroespacial" é um marco significativo na história da exploração espacial brasileira. O termo abrange as atividades espaciais e sua integração com a aviação militar, reconhecendo a importância da utilização do espaço para fins de defesa e desenvolvimento nacional.

Em 2021, o Brasil alcançou um marco histórico na exploração espacial com o lançamento do seu primeiro satélite 100% nacional, o Amazônia 1 (SILVA, 2022). Desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), o satélite tem

como objetivo principal o monitoramento ambiental da região amazônica, além de possuir capacidade de coletar imagens em alta resolução para outras aplicações civis.

O Brasil é um país estratégico na exploração espacial, contando com dois centros de lançamentos, um localizado em Alcântara (MA) e o outro na Barreira do Inferno (RN). Além disso, sua localização geográfica próxima à linha do equador confere vantagens significativas para o lançamento de satélites em órbita. Esses fatores despertam o interesse de outros países para parcerias em projetos espaciais.

Até o ano de 2019, a história da exploração espacial brasileira registrou o lançamento de mais de 3.000 veículos ao espaço. Infelizmente, durante essa trajetória, alguns acidentes ocorreram, tais como o acidente do Veículo Lançador de Satélites (VLS) em 2003, o acidente do Veículo Suborbital com Sistema de Reentrada Atmosférica (VS40-SARA) em 2015 e o acidente com o Veículo Suborbital Brasileiro (VSB-30) em 2016, todos eles lançados a partir do Centro de Lançamento de Alcântara (CLA).

Esses acidentes resultaram em perdas humanas irreparáveis de cientistas e profissionais altamente qualificados e experientes, além de prejuízos financeiros consideráveis na ordem de milhões de dólares, com a interrupção de programas essenciais para o crescimento do Poder Nacional na área espacial. Essas ocorrências afetaram negativamente o desenvolvimento do Poder Aeroespacial Brasileiro, prejudicando a progressão de estudos e avanços científicos na área, assim como a reputação e credibilidade do país no cenário internacional.

Sabe-se que as ocorrências, acidentes e incidentes, são indesejadas e não podem ser completamente evitáveis, entretanto é possível reduzir a probabilidade de sua recorrência através de medidas preventivas. Dentre as ferramentas mais efetivas para reduzir ocorrências, destaca-se a investigação, a qual é amplamente utilizada no setor aeronáutico em todo o mundo.

A investigação de ocorrências aeronáuticas é uma ferramenta consolidada para aprender com os erros e falhas que culminaram nos acidentes, a fim de reforçar as barreiras de defesa. Essa ferramenta permite a modificação de projetos, processos,

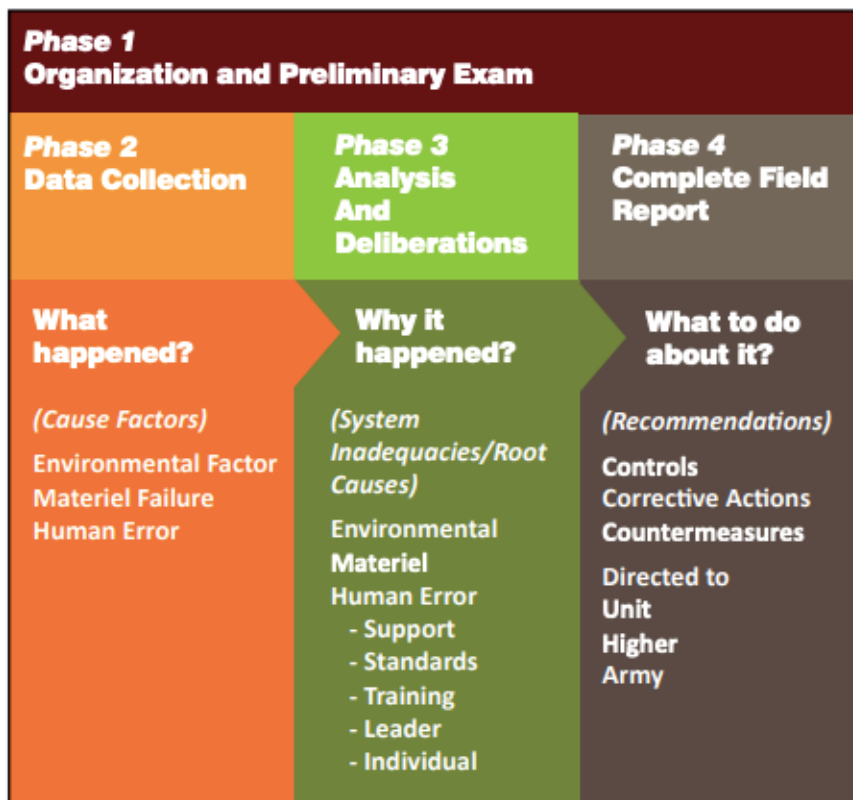
equipamentos, regras, dentre outras possibilidades, visando mitigar a probabilidade de recorrência dos eventos.

Esse processo complexo e científico é realizado em diversas agências e fabricantes em todo o mundo. Para atingir o objetivo de mitigar a recorrência dessas ocorrências, a investigação SIPAER (Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos) é dividida em três fases importantes: Coleta de dados, Análise e Apresentação de resultados, visando garantir máxima eficácia.

Dentre onze metodologias de investigação de acidentes no mundo, a metodologia SIPAER, método FTA (*Fault Tree Analysis*), mostrou-se adequada e efetiva para utilização no modal espacial (SOUZA, 2021).

Segundo Souza (2012), o *US ARMY* também adota uma abordagem semelhante, dividindo as etapas de investigação em quatro fases distintas e interdependentes, como demonstrado na figura abaixo:

Figura 1 - Fases de uma investigação



Fonte: US ARMY, 2015

É essencial ressaltar que esse processo de investigação é fundamental para identificar as causas raiz dos acidentes aeronáuticos e, com base nos resultados obtidos, propor medidas preventivas e corretivas que contribuam para aprimorar a segurança e a eficiência das operações aéreas.

Dentre as diversas ferramentas utilizadas no sistema de prevenção de acidentes, as lições aprendidas nas investigações são as ações mais preponderantes para manutenção da segurança. No Brasil, a investigação de acidentes aeronáuticos é uma atividade consolidada, com ampla expertise em áreas do conhecimento científico.

Entretanto, na área espacial, especificamente na astronáutica, a atividade de investigação de acidentes é pouco desenvolvida. Na Força Aérea Brasileira (FAB), as investigações de acidentes aéreos são realizadas por profissionais capacitados e treinados há muitos anos.

Em 2019, foi confiada à Força Aérea Brasileira a missão de realizar a investigação de ocorrências espaciais, especialmente os eventos ocorridos no Centro de Lançamento de Alcântara (CLA) e no Centro de Lançamento da Barreira do Inferno (CLBI).

O Comando da Aeronáutica assume um papel crucial na projeção do Poder Aeroespacial Brasileiro, enfrentando um grande desafio em atribuir ao Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA) a responsabilidade por gerenciar as investigações espaciais. Com essa nova atribuição, estudos e pesquisas tornaram-se fundamentais para o progresso do setor. De acordo com o Manual de Investigação do SIPAER (MCA 3-6), a ação inicial é definida como medidas preliminares realizadas no local de uma ocorrência aeronáutica, com o objetivo de coletar e confirmar dados, preservar evidências, verificar os danos causados à aeronave ou pela aeronave e levantar outras informações necessárias para o processo de investigação.

A investigação de acidentes aeronáuticos e espaciais é um processo complexo e científico que tem evoluído ao longo dos anos, resultando em melhores práticas e técnicas para investigação e prevenção de acidentes. A expertise da Força

Aérea Brasileira (FAB) na investigação de acidentes aeronáuticos é reconhecida internacionalmente e, recentemente, a FAB foi incumbida de investigar ocorrências espaciais, incluindo acidentes e incidentes que ocorrem no Centro de Lançamento de Alcântara (CLA) e no Centro de Lançamento da Barreira do Inferno (CLBI). Essa nova atribuição é um desafio importante, pois representa uma oportunidade para aprimorar a capacidade de investigação do Brasil no setor espacial e contribuir para a segurança de lançamentos espaciais futuros.

Neste contexto, emerge o problema de pesquisa: **Em que medida os conhecimentos e habilidades desenvolvidos no Curso de Investigação de Acidentes Aeronáuticos do CENIPA capacitam os investigadores a realizarem a investigação de ocorrências, no escopo espacial?**

Esta pesquisa tem como objetivo propor a implementação de conhecimentos e habilidades necessárias a criação do Curso de Investigação de Acidentes Espaciais, aos investigadores de acidentes aeronáuticos do CENIPA.

Pautado no contexto introdutório descrito e no problema apresentado, formulou-se a seguinte hipótese:

A capacitação, fornecida pelo CENIPA, fornece um conjunto de conhecimentos e habilidades relevantes para os investigadores do modal aeronáutico. No entanto, evidências sugerem que há uma necessidade significativa de incorporar um conjunto adicional de conhecimentos e habilidades específicas para investigações de acidentes em lançamentos de veículos espaciais.

No intuito de atender o objetivo geral acima descrito, foram definidos os seguintes objetivos específicos, de forma a encadear logicamente o raciocínio descritivo apresentado neste estudo:

OE1 - Identificar os conhecimentos e habilidades essenciais para que os investigadores do CENIPA possam realizar investigações de ocorrências em lançamentos espaciais.

OE2 - Identificar as competências adquiridas pelos investigadores do CENIPA durante o Curso de Investigação de Acidentes Aeronáuticos (CIAA); e

OE3 - Correlacionar OE1 e OE2 para identificar os conhecimentos e habilidades ausentes ao investigador do CENIPA, para realização de investigação espacial.

Deste modo, o presente trabalho almeja elucidar as competências necessárias ao investigador do setor espacial, bem como aquelas desenvolvidas pelo CIAA aos investigadores do CENIPA, possibilitando, ao término do estudo, uma correlação entre os dados obtidos.

O Centro Espacial de Alcântara (CEA) foi designado como novo projeto estratégico nacional, que permite a exploração espacial por entidades nacionais e estrangeiras privadas, encarregadas de fornecer veículos espaciais para lançamentos de carga útil de qualquer contratante.

Ademais, prevê-se um aumento no número de lançamentos, visto que além do desenvolvimento dos artefatos de lançamento nacionais, surge a possibilidade de exploração por empresas privadas no espaço.

1.1 Delimitação do estudo

O delineamento do estudo concentrou-se na capacitação dos investigadores do CENIPA, especificamente nos conhecimentos e habilidades, sem abranger as adequações necessárias para inclusão das atitudes necessárias ao desempenho da investigação espacial, dentro da missão do CENIPA.

1.2 Relevância do estudo

A utilização cada vez mais frequente de plataformas espaciais, com o objetivo de proporcionar vantagens militares significativas, requer níveis elevados de segurança para garantir a preservação dos recursos humanos e materiais durante os lançamentos espaciais, no Centro de Lançamento de Alcântara (CLA) e no Centro de Lançamento da Barreira do Inferno (CLBI). A implementação de medidas preventivas

no programa espacial pode reduzir a possibilidade de novos episódios de desastres no Brasil, permitindo o desenvolvimento do Poder Aeroespacial do País.

Estima-se que o CLA deva aumentar ainda mais o número de lançamentos de foguetes nos próximos anos, como resultado da ratificação do Acordo de Salvaguardas Tecnológicas (AST) assinado pelo Brasil. Esse acordo coloca o país em um grupo seleto de nações com a possibilidade de realizar lançamentos em território nacional. Nesse cenário de crescimento em Alcântara, é crucial fomentar estudos na área de investigação e prevenção de acidentes espaciais.

O Brasil tem alta credibilidade nas atividades de investigação de acidentes aeronáuticos, tanto internamente quanto no exterior. No entanto, na área espacial, o país ainda está em fase de estruturação inicial no que diz respeito à investigação de acidentes. Com a decisão atribuída à Força Aérea Brasileira (FAB) sobre a investigação de eventos do modal espacial, os profissionais do Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (SIPAER) podem ser acionados a qualquer momento.

Neste sentido, o presente estudo apresenta uma grande relevância, pois possibilitará resultados importantes para o emprego imediato da FAB em situações reais de desastres na zona de lançamento espacial Brasileira.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A complexidade da coleta de dados em cenários de acidentes aeroespaciais

A comunidade internacional reconhece que o processo de coleta de dados em cenários de acidentes aeroespaciais é um ambiente complexo e demanda competências apropriadas.

Segundo Strauch (2015), a investigação de acidentes aéreos é uma tarefa intrinsecamente complexa que se baseia em uma ampla gama de habilidades. Embora muitas das partes componentes da tarefa não sejam inerentemente difíceis, é a natureza dos acidentes que cria o potencial para uma grande complexidade.

Nixon (2018) destaca que "os investigadores de acidentes aéreos devem possuir um alto nível de habilidades técnicas e conhecimento no domínio da aviação. No entanto, salienta que tais habilidades técnicas por si só não são suficientes para diferenciar a excelência nesse papel complexo".

No contexto das investigações de acidentes em lançamentos espaciais, a complexidade se eleva ainda mais.

2.2 Fundamentação teórica

Para embasar teoricamente a presente pesquisa, foram analisadas obras de diversos estudiosos acerca do tema competência. Dentre essas contribuições, Philippe Zarifian merece destaque por sua relevante colaboração ao enfatizar a importância do conhecimento e da experiência na construção e mobilização da competência.

Zarifian (2008) ressalta que "não há exercício de competência sem um lastro de conhecimentos que possam ser mobilizados em situações de trabalho. A competência é um entendimento prático de situações que se apoia em conhecimentos adquiridos e os transforma à medida que enfrenta uma diversidade de situações".

Adicionalmente, foram consideradas as contribuições de Afonso Fleury e Maria Tereza Fleury, especialistas nacionalmente renomados em gestão por competências.

Conforme Fleury e Fleury (2001), observa-se, assim, a conjugação de situações de aprendizagem específicas que podem propiciar a transformação do conhecimento em competência. Essa transformação [...] só acontece em um contexto profissional específico, pois a realização da competência deverá não apenas agregar valor ao indivíduo, mas também à organização".

2.3 Perspectivas sobre competência

As definições científicas do conceito de competência são diversificadas, não permitindo uma definição central consensualmente acordada.

Weiner (1999) enfatiza que "apesar disso, é possível elucidar os objetivos científicos e práticos que devem ser seguidos com um constructo teórico de competência". O autor destaca o conceito de "competência-chave" como uma competência central que é fundamental para diversas outras competências, facilitando a compreensão e o aprendizado de diferentes conceitos, regras, princípios, estratégias e habilidades aplicáveis para resolver problemas em variados contextos situacionais.

Para um desempenho eficaz em situações complexas, como a investigação de acidentes, é necessário mais do que apenas conhecimento; atenção e preparo também desempenham um papel fundamental. Dentro dessa abordagem, proficiência, habilidade e talento emergem como dimensões centrais que impactam positivamente os resultados dos investigadores. A proficiência, como conceituada por Resende (2004), reflete um alto grau de aptidão e habilidade, fundamentais para um desempenho excepcional em tarefas específicas. A habilidade, conforme discutida por Zarifian (2008), é uma aptidão adquirida, possibilitando a execução fluida e precisa de ações complexas, tanto cognitivas quanto motoras. Por fim, o talento, como descrito por Resende (2004), representa um nível extraordinário de habilidade e aptidão em

uma área específica, frequentemente inato, como exemplificado pela superdotação intelectual ou habilidades especiais.

Com base nesse referencial teórico, buscou-se aprofundar o estudo das competências essenciais para os investigadores do CENIPA atuarem efetivamente na investigação de ocorrências em lançamentos espaciais.

3 METODOLOGIA

Este capítulo tem como escopo a descrição do tipo de pesquisa utilizada, bem como os meios empregados para a coleta de dados, além do instrumento e da metodologia usada para o tratamento dos dados adquiridos e, ainda, os limites à pesquisa.

O presente estudo se concentra em uma área espacial pouco explorada no Brasil, visando esclarecer um aspecto fundamental do processo de investigação: os conhecimentos e habilidades requeridos aos recursos humanos para a investigação de ocorrências em lançamentos de foguetes.

Para alcançar o objetivo proposto, esta pesquisa é categorizada como aplicada, sendo também uma pesquisa exploratória, buscando aprofundar o estudo das competências essenciais para os investigadores do CENIPA atuarem efetivamente em investigações de ocorrências em lançamentos espaciais. A investigação estruturada no SIPAER, nesse âmbito, é inédita.

Na primeira etapa, o método indutivo foi empregado para identificar as habilidades e conhecimentos requeridos aos investigadores espaciais. Realizou-se uma pesquisa bibliográfica e documental em organismos nacionais e internacionais, como o Centro Espacial ITA (CEI), o Centro de Lançamento de Alcântara (CLA) e a *Space Safety Division* da *Air Force Safety Center*, além da revisão de manuais, *papers* científicos, cursos de familiarização e documentos técnicos.

Para determinar as competências necessárias e se atingir o OE1, utilizou-se o método de especialistas chamado de Delphi por rodadas. Foram estabelecidos como especialistas os 6 investigadores do *GoTeam* do CENIPA, considerando sua *expertise* no SIPAER. O método Delphi, conforme proposto por Dalkey & Helmer (1962), foi aplicado para obter consenso nas respostas dos especialistas, restringindo-se às duas primeiras rodadas devido à igual importância atribuída às competências, na atividade de investigação.

A primeira rodada consistiu no envio de questionários aos investigadores do *GoTeam* do CENIPA, solicitando a indicação de pelo menos 10 conhecimentos e 5 habilidades fundamentais aos investigadores espaciais. A amostra de 6 especialistas atingiu 99% de confiabilidade e 1% de margem de erro, conforme Krejcie & Morgan (1970). Todos os investigadores responderam ao questionário, resultando em 100% de retorno e assegurando a acurácia e validade da pesquisa.

Na segunda rodada, foram eliminadas as repetições ou semelhanças, obtendo-se uma lista única de conhecimentos e habilidades. Posteriormente, essa lista foi submetida novamente aos investigadores para obter a matriz de conhecimentos e habilidades com níveis de concordância, medidos pelo coeficiente de concordância (C_c), como expresso na equação abaixo:

$$C_c = (1 - V_n / V_t) \times 100$$

Onde:

C_c = coeficiente de concordância expresso em porcentagem.

V_n = quantidade de especialistas em desacordo com o critério predominante.

V_t = quantidade total de especialistas.

Após a análise, as competências que apresentaram valores de $C_c < 60\%$ foram excluídas devido ao baixo nível de concordância entre os especialistas. Esse procedimento permitiu a conclusão da primeira etapa da pesquisa.

Na segunda etapa, foram analisados o Plano de Unidades Didáticas do Curso de Investigação de Acidentes Aeronáuticos (CIAA) - ICA 37-368 e o currículo mínimo do CIAA - ICA 37-357, identificando os conhecimentos e habilidades proporcionados aos investigadores e respondendo, assim, o OE2.

Nesse contexto, os conhecimentos e habilidades desenvolvidos no CIAA foram comparados às competências correlacionadas, obtidas por meio do método Delphi aplicado ao *GoTeam*. Esse resultado foi multiplicado por 100 para determinar o percentual dos conhecimentos e habilidades existentes no currículo do CIAA em

relação às necessidades dos investigadores do *GoTeam* do CENIPA e permitiu responder o problema de pesquisa.

3.1 Limitações do método

A aplicabilidade do método de pesquisa foi limitada pela condição de Investigador de Acidentes Aeronáuticos deste pesquisador, que apesar de buscar a imparcialidade pode ter argumentações favoráveis à solução do problema, exigindo constante preocupação com a isenção no trabalho em questão.

Sendo assim, o presente estudo foi restringido à formação dos Investigadores do SIPAER. Limitando-se a capacitação fornecida pelo CENIPA e uma análise da capacitação recebida nos EUA, no ITA e no CLA.

Diante dessas limitações, julgou-se que a metodologia escolhida foi coerente e possibilitou atingir o objetivo final desta pesquisa.

4 APRESENTAÇÃO DOS DADOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 Variáveis

Diante da hipótese formulada para esta pesquisa, verifica-se, antes da apresentação dos dados, a presença de duas variáveis:

- Variável Independente: o currículo da capacitação do investigador de acidentes aeronáuticos, fornecida pelo CENIPA.

- Variável Dependente: a relevância das habilidades e conhecimentos fornecidos pela capacitação do CENIPA, para os investigadores do modal espacial e o conjunto adicional de conhecimentos necessários.

4.2 Formação do Investigador de Acidentes Aéreos no Brasil

Competências são, no entendimento de Rabaglio (2001), compreendidas como um conjunto de conhecimentos, habilidades e atitudes necessárias ao desempenho das atividades com vista ao atingimento de um objetivo.

Isto posto, é justo depreender que as competências são necessárias ao desenvolvimento das atividades laborais do investigador SIPAER e devem ser desenvolvidas durante sua formação.

Dessa forma, analisando o Currículo Mínimo do Curso de Investigação de Acidentes Aeronáuticos (ICA 37-357/2017), percebe-se que as competências do investigador são obtidas pelo estabelecimento de um perfil requerido para o aluno, acrescido de um padrão de desempenho esperado.

O perfil dos alunos do Curso de Investigação de Acidentes Aeronáuticos é estabelecido por quesitos como: “ser piloto comercial ou de linha aérea ou possuir graduação ou pós-graduação, em engenharia aeronáutica ou mecânica”; “ser piloto militar ou ser engenheiro aeronáutico ou engenheiro mecânico das Forças Armadas”. Tal perfil garante que os alunos possuam competências prévias, relacionadas à

aviação, sendo o objetivo do curso o desenvolvimento de competências individuais complementares necessárias à investigação aeronáutica, realizada pelo CENIPA.

O perfil do aluno, descrito na ICA 37-357/2017, não engloba competências prévias da área espacial.

A ausência de um perfil que tenha abrangência de competências espaciais prévias traduz-se em uma primeira lacuna para a aplicação do Currículo Mínimo atual para o desenvolvimento de competências necessárias à condução de uma investigação de ocorrência espacial.

Por sua vez, conforme a ICA 37-357/2017 o padrão de desempenho esperado dos alunos do Curso de Investigação está expresso nos seguintes tópicos:

- a) Identificar as atividades técnicas e administrativas desenvolvidas nas várias etapas da investigação no âmbito do SIPAER;
- b) Aplicar as técnicas de investigação de ocorrências aeronáuticas utilizadas no âmbito do SIPAER;
- c) Analisar a contribuição do Fator Humano nas ocorrências aeronáuticas;
- d) Analisar a contribuição do Fator Material nas ocorrências aeronáuticas;
- e) Elaborar os documentos utilizados nas investigações de ocorrências aeronáuticas, de acordo com as prescrições do SIPAER; e
- f) Emitir Recomendações de Segurança Operacional de acordo com a legislação específica.

O padrão de desempenho é uma descrição das competências desenvolvidas por meio do Curso de Investigação e, conforme a DCA 11-45, no que se refere às competências individuais, é necessário que sejam descritas de modo que representem as expectativas em relação ao desempenho dos militares, uma vez que são utilizadas para qualificar a ação ou atuação do indivíduo em determinado contexto

de trabalho. As competências descritas devem ser passíveis de observação no trabalho, indicando à pessoa o que exatamente é esperado dela.

De tal forma, é possível observar que todas as competências desenvolvidas durante o Curso de Investigação possuem um escopo orientado para a atuação aeronáutica, não havendo desenvolvimento de conhecimentos, habilidades e atitudes orientadas à atividade de investigação de ocorrência espacial, impossibilitando qualificar a atuação do investigador no contexto da investigação espacial.

4.3 Formação do Investigador de Acidentes Espaciais nos EUA

A Força Aérea dos Estados Unidos, através da Divisão de Segurança Espacial (*Space Safety Division*), pertencente ao Centro de Segurança da Força Aérea dos Estados Unidos (*Air Force Safety Center*), implementou em 2017 o curso de investigação de ocorrências espaciais (*Space Mishap Investigation Course - SMIC*), destinado a oficiais de segurança espacial e profissionais do espaço.

O SMIC é uma capacitação intensiva com duração de dez dias e carga horária total de 65 horas, que inclui atividades práticas no laboratório de destroços do Centro de Segurança da Força Aérea (*Air Force Safety Center Crash Laboratory*).

O currículo abrange de forma especializada as investigações de acidentes, a prevenção proativa de acidentes e as técnicas de elaboração de relatórios referentes a ocorrências. Os alunos são instruídos em profundidade sobre investigações de segurança relacionadas ao espaço, análise de fatores humanos e materiais, com o objetivo de identificar as causas dos acidentes.

O enfoque principal da instrução no SMIC é a investigação minuciosa e a determinação das causas-raiz das ocorrências espaciais. O curso aborda detalhadamente as técnicas investigativas e os aspectos técnicos relacionados a acidentes espaciais e explosivos. Ademais, os alunos aprendem a elaborar narrativas utilizando o *Air Force Manual - AFMAN 91-222*.

Durante o curso, os alunos são ensinados a desenvolver uma narrativa completa, baseando-se nas informações obtidas por meio das investigações e

análises de um cenário de ocorrência específico. Por meio do trabalho em equipe, eles investigam diferentes cenários de ocorrências e preparam um relatório formal. As áreas temáticas estudadas também incluem a análise do impacto do comportamento humano e da cultura nas investigações, técnicas de entrevista e investigação de colisões espaciais.

Como forma de consolidar os conhecimentos adquiridos no SMIC, apresenta-se a Tabela 1, que sintetiza os principais aspectos abordados durante o curso.

Tabela 1 - Conhecimentos desenvolvidos no Space Mishap Investigation Course

CURSO	CONHECIMENTOS	DURAÇÃO
<i>Space Mishap Investigation Course - SMIC</i>	Ambiente Espacial	10 dias
	Técnicas de Investigação de Sistemas	
	Técnicas de Entrevista	
	Fatores Humanos – Comportamento e Cultura	
	Fatores Materiais	
	Aspectos Técnicos de Acidentes Espaciais	
	Explosivos	
	<i>Air Force Manual - AFMAN 91-222</i>	
	Colisões espaciais	

Fonte: O autor (2023).

O curso adota uma abordagem abrangente e diversificada ao empregar diversos métodos de ensino, incluindo exercícios práticos, estudos de caso, atividades em sala de aula, trabalhos em laboratório e palestras especializadas. Os tópicos de estudo são cuidadosamente selecionados e compreendem uma vasta gama de aspectos fundamentais relacionados à investigação de acidentes espaciais.

Entre os temas abordados, destacam-se uma detalhada descrição do processo de investigação de acidentes, proporcionando aos participantes uma compreensão holística das etapas envolvidas nesse importante procedimento. Além disso, os fundamentos da investigação de acidentes são minuciosamente explorados, fornecendo uma base sólida para a análise e a interpretação de informações cruciais em uma investigação.

Os procedimentos da comissão de investigação de segurança são devidamente apresentados, permitindo que os alunos compreendam as diretrizes e os protocolos a serem seguidos durante a condução das investigações. As influências dos fatores ambientais e materiais nas ocorrências espaciais são também objeto de estudo, a fim de capacitar os participantes a reconhecerem e avaliarem de forma adequada, os elementos externos que podem contribuir para os acidentes.

As técnicas de investigação de sistemas ocupam uma posição central no currículo, permitindo que os alunos desenvolvam habilidades específicas para analisar detalhadamente a complexidade dos sistemas espaciais e identificar possíveis falhas ou pontos críticos que podem desencadear ocorrências espaciais. Além disso, os métodos de investigação de acidentes são abordados, fornecendo aos participantes uma visão aprofundada de abordagens sistemáticas e eficazes para conduzirem suas investigações.

Não menos importante, o impacto dos fatores humanos nas investigações é amplamente discutido, permitindo que os alunos compreendam a relevância das contribuições comportamentais e culturais nos eventos estudados. Essa compreensão é essencial para uma análise completa e precisa das causas-raiz de acidentes aeroespaciais.

Por fim, o curso dedica-se a aprimorar as habilidades de redação do relatório final, pois a elaboração desse documento é crucial para comunicar os resultados da investigação de forma clara, concisa e precisa. Uma narrativa bem construída é fundamental para garantir que as descobertas e as recomendações resultantes da investigação sejam adequadamente compreendidas e utilizadas para aprimorar a segurança espacial.

Dessa forma, a combinação cuidadosamente planejada de métodos de ensino e a diversidade dos tópicos de estudo abordados no SMIC, resultam no desenvolvimento de habilidades altamente especializadas e essenciais para os profissionais que atuam na investigação de ocorrências espaciais.

A Tabela 2 apresenta, de forma sintetizada, as habilidades fundamentais adquiridas pelos participantes, ao longo do curso.

Tabela 2 - Habilidades desenvolvidas no Space Mishap Investigation Course

CURSO	HABILIDADES	DURAÇÃO
<i>Space Mishap Investigation Course - SMIC</i>	Processo de Investigação de Acidentes	10 dias
	Identificação de evidências espaciais – Laboratório de destroços	
	Trabalho em Equipe	
	Determinar causas-raiz	
	Redação de Relatório Final	

Fonte: O autor (2023).

4.4 Conhecimentos e habilidades essenciais para investigadores de ocorrências em lançamentos espaciais

Como primeira etapa para se atingir o OE1, buscou-se a formação do Investigador de Acidentes Espaciais nos EUA, identificada no item 4.3 desta pesquisa. No Brasil, foram consultadas as Organizações que tratam de lançamentos espaciais, dentro da Força Aérea Brasileira, como o Centro de Lançamento de Alcântara (CLA) e o Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA).

O Curso de Preparação para Operações de Lançamento (CPOL) é oferecido pelo CLA com o objetivo de capacitar o pessoal técnico, responsável pelas atividades relacionadas aos lançamentos de veículos espaciais a partir do próprio centro de lançamento. O curso é dividido em dois módulos, teórico e prático, e tem uma carga horária total de 40 tempos, distribuídos ao longo de cinco dias, conforme representado na Tabela 3.

Tabela 3 - Grade de disciplinas do CPOL

CURSO	DISCIPLINAS	CARGA
	Operações de Lançamento	
	Planejamento e Execução de Operações	
	Introdução a Tecnologia de Foguetes	
	Meteorologia Aeroespacial	

<i>Curso de Preparação para Operações de Lançamento (CPOL)</i>	Sistemas Integrados (Tic)/ Scod/ Io	30 horas
	Telecomunicações	
	Sistema de Rastreo/Radar	
	Rastrear: Trajetografia e Sincronização	
	Rastrear: Telemedidas	
	Palestras: Satélite, Espaço e AEB	
	Segurança de Voo	
	Segurança de Superfície	
	Qualidade Operacional	
	Logística Operacional e administrativa	
	Preparação – meios de solo	
	Visita técnica	
	Tratamento de Dados	
Redação de Relatório Final		

Fonte: O autor (2023).

Além disso, o Centro Espacial ITA (CEI), em parceria com o Programa Estratégico de Sistemas Espaciais (PESE), com a Comissão de Coordenação e Implantação de Sistemas Espaciais (CCISE) e com o Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), desenvolveu um programa estratégico de formação de recursos humanos na área espacial. Esse programa inclui cursos especializados e de curta duração, ministrados nas instalações ampliadas do ITA, como o curso de especialização em Engenharia de Sistemas Espaciais.

O supracitado curso visa fornecer capacitação para a definição eficiente dos segmentos de missão espacial (espacial, lançador e solo) e promover a especialização de recursos humanos nessas atividades.

Com base nas disciplinas desse programa de especialização, destacam-se como competências relevantes para o investigador encarregado de ocorrências espaciais a "compreensão dos elementos dos Sistemas Espaciais" e o "entendimento dos macroprocessos de gerenciamento".

De acordo com as capacitações identificadas nas comunidades internacional e nacional, referentes ao espaço, como segunda etapa para se atingir o mesmo OE1,

utilizou-se o método Delphi em duas rodadas. Esse método contou com a participação de 6 investigadores do *GoTeam* do CENIPA, os quais são profissionais mais experientes do SIPAER. Na primeira rodada, os especialistas responderam um questionário com o objetivo de elencar os conhecimentos e habilidades considerados essenciais para o profissional atuante na área espacial.

Na Tabela 4, identifica-se o resultado da matriz de conhecimentos definida pelos especialistas, através das respostas dos investigadores.

Tabela 4 - Matriz de conhecimentos definidos pelos especialistas

CONHECIMENTOS	ESPECIALISTAS					
	E1	E2	E3	E4	E5	E6
Ambiente espacial e histórico	X	X	X	X	X	X
Tecnologia de foguetes	X	X	X	X		X
Termodinâmica		X		X		X
Propulsão	X		X	X	X	
Aerodinâmica		X	X		X	X
Controle		X	X	X	X	
Telemetria e sistemas	X	X		X	X	
Estruturas		X	X	X		X
Meteorologia aeroespacial	X	X	X	X	X	X
Rastreamento e controle	X	X	X	X	X	X
Manobras espaciais	X		X		X	X
Explosivos	X		X	X		
Projetos		X	X		X	
Investigação de ocorrências	X	X	X	X	X	X
Operação de lançamento	X	X	X	X	X	X
Lançadores		X	X			X
Satélites	X	X		X	X	X
Segurança de voo	X	X	X	X	X	X
Telemetria de solo	X	X		X		X

Fonte: O autor (2023).

Na segunda rodada, foram identificadas as competências apuradas com nível de concordância, baseadas nos conhecimentos elencados na primeira rodada e eliminando repetições (Tabela 5).

Tabela 5 - Matriz de competências apuradas com nível de concordância dos conhecimentos, de acordo com os especialistas

CONHECIMENTOS	ESPECIALISTAS						CC%
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	
Ambiente espacial e histórico	-	-	-	-	-	-	100
Tecnologia de foguetes	-	-	-	-	-	-	100
Termodinâmica	NC	-	NC	-	NC	-	50
Propulsão	-	-	-	-	-	-	100
Aerodinâmica	-	-	-	-	-	-	100
Controle	-	-	-	-	-	-	100
Telemetria e sistemas	-	-	-	-	-	-	100
Estruturas	-	-	-	-	-	-	100
Meteorologia aeroespacial	-	-	-	-	-	-	100
Rastreamento e controle	-	-	-	-	-	-	100
Manobras espaciais	-	NC	-	NC	-	-	66,66
Explosivos	-	NC	-	-	NC	NC	50
Projetos	NC	-	-	NC	-	NC	50
Investigação de ocorrências	-	-	-	-	-	-	100
Operação de lançamento	-	-	-	-	-	-	100
Lançadores	-	-	-	-	-	-	100
Satélites	-	-	NC	-	-	-	83,33
Segurança de voo	-	-	-	-	-	-	100
Telemetria de solo	-	-	-	-	-	-	100

Fonte: O autor (2023).

Foi observado que algumas competências tiveram um nível de concordância abaixo de 60% entre os especialistas, o que resultou na eliminação das mesmas. Essa eliminação foi destacada na tabela acima.

No tocante às habilidades consideradas essenciais para o profissional atuante na área espacial, na Tabela 6 identifica-se o resultado da matriz de habilidades definida pelos especialistas, através das respostas dos investigadores.

Tabela 6 - Matriz de habilidades definidas pelos especialistas

HABILIDADES	ESPECIALISTAS					
	E1	E2	E3	E4	E5	E6
Execução de ação inicial	X	X	X	X	X	X
Retenção de material e documentos	X	X	X	X		X
Identificação de perigos	X	X		X	X	X
Coleta de dados	X		X	X	X	
Análise de evidências espaciais		X	X		X	X
Confecção de relatórios		X	X	X	X	X
Recomendações de segurança	X	X		X	X	

Fonte: O autor (2023).

Na segunda rodada, foram apresentadas as competências apuradas com nível de concordância, com base nas habilidades elencadas na primeira rodada e eliminando repetições (Tabela 7).

Tabela 7 - Matriz de competências apuradas com nível de concordância das habilidades, de acordo com os especialistas

HABILIDADES	ESPECIALISTAS						CC%
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	
Execução de ação inicial	-	-	-	-	-	-	100
Retenção de material e documentos	-	-	-	-	-	-	100
Identificação de perigos	-	-	-	NC	-	-	83,33
Coleta de dados	-	-	-	-	-	-	100
Análise de evidências	-	-	-	-	-	-	100

especiais							
Confecção de relatórios	-	-	-	-	-	-	100
Recomendações de segurança	-	-	-	-	-	-	100

Fonte: O autor (2023).

De acordo com a tabela acima, todas as habilidades elencadas pelos especialistas foram mantidas, pois nenhuma delas apresentou um nível de concordância inferior a 60%.

As matrizes relacionadas aos conhecimentos e habilidades elencadas pelos especialistas, conforme apresentadas nas Tabelas 4 e 6, respectivamente, compreenderam 19 conhecimentos e 7 habilidades. No método Delphi utilizado para determinar as competências na segunda rodada, considerou-se a concordância aceitável quando o valor de Cc era superior a 60%. Nesse sentido, os conhecimentos que apresentaram valores de Cc abaixo de 60% foram eliminados devido ao baixo nível de concordância ou ao escasso consenso entre os especialistas. É relevante destacar que, dentre as 7 habilidades elencadas, nenhuma delas obteve um valor de Cc inferior a 60% na matriz de concordância. Como resultado desse processo, dos 19 conhecimentos iniciais elencados, 16 foram mantidos, e todas as 7 habilidades iniciais permaneceram inalteradas.

Com o propósito de atender ao OE2, procedeu-se à pesquisa documental no Currículo Mínimo (CM) do Curso de Investigação de Acidentes Aeronáuticos (CIAA), por meio da Instrução do Comando da Aeronáutica (ICA) 37-357, datada de 17 de outubro de 2017. Nessa etapa explicitada no capítulo 4.2, identificou-se as habilidades e conhecimentos previstos para serem desenvolvidos no referido curso.

Após a minuciosa análise do currículo do Curso de Investigação de Acidentes Aeronáuticos (CIAA) e em consonância com o objetivo geral da pesquisa, procedeu-se à comparação dos resultados obtidos no método Delphi com os dados provenientes da pesquisa documental do Currículo Mínimo do CIAA, conforme disposto na Instrução do Comando da Aeronáutica (ICA) 37-357. Segundo Perrenoud (2000): “Competência é a faculdade de mobilizar um conjunto de recursos cognitivos

(saberes, capacidades, informações etc.) para solucionar com pertinência e eficácia, uma série de situações”.

Com base nos resultados gerais, onde 16 conhecimentos foram elencados como fundamentais pelos especialistas investigadores, constatou-se que somente 4 desses conhecimentos foram identificados no currículo do CIAA, de acordo com a ICA 37-357.

Desse modo, pode-se inferir que o CIAA abrange apenas 25% das necessidades apontadas pelos especialistas em relação aos conhecimentos essenciais. Para melhor evidenciar os resultados obtidos, apresenta-se o quadro a seguir com os conhecimentos enumerados pelos especialistas, contrastando-os com o currículo do CIAA.

Tabela 8 - Conhecimentos enumerados pelos especialistas em relação ao currículo do CIAA

CONHECIMENTOS	PRESENTE OU AUSENTE NO CURRÍCULO
Ambiente espacial e histórico	Ausente no currículo do CIAA
Tecnologia de foguetes	Ausente no currículo do CIAA
Propulsão	Ausente no currículo do CIAA
Aerodinâmica	Presente no currículo do CIAA, letra “d”
Controle	Ausente no currículo do CIAA
Telemetria e sistemas	Ausente no currículo do CIAA
Estruturas	Presente no currículo do CIAA, letra “d”
Meteorologia aeroespacial	Ausente no currículo do CIAA
Rastreamento e controle	Ausente no currículo do CIAA
Manobras espaciais	Ausente no currículo do CIAA
Investigação de ocorrências	Presente no currículo do CIAA, letra “d”
Operação de lançamento	Ausente no currículo do CIAA
Lançadores	Ausente no currículo do CIAA
Satélites	Ausente no currículo do CIAA
Segurança de voo	Presente no currículo do CIAA, letra “a”
Telemetria de solo	Ausente no currículo do CIAA

Fonte: O autor (2023).

Quanto às habilidades, diante do resultado geral de 7 habilidades elencadas como fundamentais pelos especialistas investigadores, verificou-se que 6 delas foram identificadas no currículo do Curso de Investigação de Acidentes Aeronáuticos (CIAA), conforme a ICA 37-357.

Dessa forma, pode-se concluir que o CIAA abarca 85% das necessidades apontadas pelos especialistas no que concerne às habilidades essenciais. Com o objetivo de evidenciar de forma clara os resultados obtidos, apresenta-se o quadro a seguir, que relaciona as habilidades enumeradas pelos especialistas em comparação com o currículo do CIAA.

Tabela 9 - Habilidades enumeradas pelos especialistas em relação ao currículo do CIAA

HABILIDADES	PRESENTE OU AUSENTE NO CURRÍCULO
Execução de ação inicial	Presente no currículo do CIAA, letra "b"
Retenção de material e documentos	Presente no currículo do CIAA, letra "a"
Identificação de perigos	Presente no currículo do CIAA, letras "a"
Coleta de dados	Presente no currículo do CIAA, letras "c" e "d"
Análise de evidências espaciais	Ausente no currículo do CIAA
Confecção de relatórios	Presente no currículo do CIAA, letra "d"
Recomendações de segurança	Presente no currículo do CIAA, letra "d"

Fonte: O autor (2023).

Constatou-se que o Curso de Investigação de Acidentes Aeronáuticos oferece aos investigadores do modal espacial, 25% de conhecimentos e 85% das habilidades necessárias para desempenharem as atividades nessa nova modalidade. Ao longo do processo de coleta e análise dos dados, foram adotados os preceitos de Fleury (2001) para a compreensão do termo "competência", e as orientações de Sacristán (2000) foram consideradas ao abranger o conceito de "currículo".

Por fim, foi possível responder ao problema de pesquisa proposto: "Em que medida os conhecimentos e habilidades desenvolvidos no Curso de Investigação de Acidentes Aeronáuticos do CENIPA capacitam os investigadores a realizarem a investigação de ocorrências, no escopo espacial?"

5 OPÇÕES E RECOMENDAÇÕES POLÍTICAS

Após extensa pesquisa, identificou-se uma proposta de módulos que podem ser inseridos no atual Curso de Investigação de Acidentes Aeronáuticos (CIAA) do CENIPA. É importante ressaltar que essa proposta demanda um estudo mais detalhado, para que sejam desenvolvidos um novo Currículo Mínimo e um novo Plano de Unidades Didáticas. A proposta fundamenta-se em bases teóricas sólidas, o que permite sua aplicação com confiança, inclusive na modalidade de ensino a distância (EAD).

Como principais tópicos que deverão ser estudados, propõe-se o seguinte:

Investigação de ocorrências espaciais:

Fase EAD

Módulo 1 – Entendendo o Espaço

Módulo 2 – Introdução à Tecnologia de Foguetes

- Conceitos Fundamentais
- Propulsão
- Aerodinâmica
- Controle
- Estruturas
- Aviônica (telemetrias e sistemas embarcados)
- Foguetes de Sondagem
- Foguetes Lançadores de Satélites
- Lições aprendidas (ocorrências espaciais)

Módulo 3 – Operação de Lançamento

- Centros de Lançamento
- Principais operações do CLA
- Principais operações do CLBI
- Lançadores

- Planejamento e Execução de Operações
- Segurança de Superfície
- Meteorologia Aeroespacial
- Segurança de Voo
- Rastreamento e Controle
- Telemetria de Solo

Módulo 4 – Satélites

- Conceitos Fundamentais
- Satélite de Observação da Terra
- Satélites de Comunicações
- Satélites de Posicionamento
- Produtos de Satélites
- Manobras Espaciais
- Centros de Controle
- Telemetria de Solo

Módulo 5 – Investigação de Ocorrências Espaciais

- Normas da Segurança Espacial
- Protocolos Gerais de Investigação
- Protocolos Específicos de Investigação de Ocorrências em Atividade Espacial de Defesa
- Gerenciamento da Investigação de Ocorrências Espaciais
- Análise dos Dados
- Emissão de Relatórios
- Recomendações de Segurança

Diante disso, a política sugerida alinha-se com o estudo apresentado no presente trabalho. A aplicação desses módulos no CIAA, atende a resolução do problema de pesquisa. Ao se tomar a decisão para implantação, preserva-se o investimento na capacitação e conseqüentemente atende às novas demandas para a área espacial.

6 CONCLUSÃO

A atividade de investigação de ocorrências aeronáuticas no Brasil goza de uma sólida base e reconhecimento internacional, como atestado pela posição de destaque do país, na Organização de Aviação Civil Internacional. Entretanto, no âmbito das investigações de ocorrências espaciais o Brasil ainda se encontra em uma fase inicial de desenvolvimento e estruturação, dessa importante atividade.

A busca pelo domínio espacial tem sido considerada uma prioridade fundamental, conforme evidenciado tanto na Estratégia Nacional de Defesa (END) quanto na concepção estratégica, Força Aérea 100. É essencial que o país possua uma estrutura espacial sólida e desenvolvida, especialmente na área de defesa, a fim de alcançar a independência tecnológica, trazendo vantagens significativas para a nação.

Com a ratificação do Acordo de Salvaguardas Tecnológicas (AST) pelo Brasil, projeta-se uma expectativa de aumento no número de lançamentos espaciais, abrindo a possibilidade de exploração por empresas privadas nacionais ou internacionais. Nesse contexto, o Centro de Lançamento de Alcântara (CLA), agora denominado Centro Espacial de Alcântara (CEA), apresenta vantagens econômicas competitivas no cenário mundial devido à sua posição geográfica extremamente favorável para lançamentos.

O programa espacial brasileiro, especialmente no que diz respeito ao desenvolvimento de veículos de lançamento de satélites, enfrentou impactos significativos nas últimas três décadas, marcadas por três acidentes catastróficos: o VLS, VSB40 e VSB-30.

Esses eventos trágicos foram cruciais para a conscientização dos desafios enfrentados na área espacial, tornando a investigação de ocorrências espaciais uma missão de extrema importância, cujo aprimoramento é essencial para garantir a segurança e o progresso contínuo das atividades espaciais no Brasil.

A ocorrência de acidentes no âmbito de lançamentos espaciais acarreta não apenas a perda inestimável de profissionais altamente capacitados, mas também resulta em prejuízos financeiros significativos e afeta negativamente o progresso do segmento espacial.

Nesse contexto, torna-se evidente a importância da prevenção reativa de acidentes em lançamentos espaciais, uma atividade amplamente adotada nos países desenvolvidos, pois protege tanto os recursos humanos como os materiais envolvidos.

Um estudo conduzido por Souza (2021) ressaltou a adequação e viabilidade da metodologia SIPAER, especificamente a *Fault Tree Analysis* (FTA), para investigações espaciais de acidentes, evidenciando sua relevância nesse contexto.

O CENIPA, responsável pela investigação de acidentes aeronáuticos no Brasil, por meio do Curso de Investigação de Acidentes Aeronáuticos (CIAA), oferece as competências necessárias aos investigadores, civis e militares, para atuarem no modal aeronáutico.

No entanto, com o advento do novo modal espacial, surgiu a necessidade de avaliar até que ponto o CIAA capacita adequadamente os investigadores para esse novo segmento. Assim, o objetivo geral da pesquisa foi identificar em que medida os conhecimentos e habilidades desenvolvidos no Curso de Investigação de Acidentes Aeronáuticos do CENIPA capacitam os investigadores a realizarem a investigação de ocorrências, no escopo espacial.

A pesquisa empregou o método Delphi, com a participação de especialistas e investigadores do *GoTeam* do CENIPA, para definir os conhecimentos e habilidades necessários aos profissionais envolvidos em investigações espaciais. Foram levantados 19 conhecimentos e 7 habilidades na primeira rodada do método Delphi.

Na segunda rodada do método Delphi, quando a concordância atingiu um nível considerado aceitável ($C_c > 60\%$), foram identificados 16 conhecimentos e 7 habilidades necessárias aos investigadores do novo modal espacial.

Em seguida, realizou-se uma análise documental no currículo mínimo do CIAA, com base na ICA 37-357/2027, para verificar se os conhecimentos e habilidades previstos no curso abrangiam os requisitos identificados pelo método Delphi.

A comparação entre os resultados obtidos pelo método Delphi e os dados da pesquisa documental do currículo mínimo do CIAA revelou que o curso proporciona 25% dos conhecimentos e 85% das habilidades necessárias para as investigações no segmento espacial.

Dessa forma, atingiu-se o objetivo geral da pesquisa, respondendo ao questionamento: Em que medida os conhecimentos e habilidades desenvolvidos no Curso de Investigação de Acidentes Aeronáuticos do CENIPA capacitam os investigadores a realizarem a investigação de ocorrências, no escopo espacial.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Estado-Maior da Aeronáutica. Portaria nº 1.224/GC3, de 10 de novembro de 2020. Aprova a reedição da Doutrina Básica da Força Aérea Brasileira - Volume 1 (DCA-1-1). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 205, f. 14971, 12 nov. 2020.

BRASIL. Ministério da Defesa. Estratégia Nacional de Defesa. Brasília, 2017

_____. Portaria no 189/GC3, de 30 de janeiro de 2017. **Aprova a 1ª modificação da Concepção Estratégica - Força Aérea 100**. Boletim do Comando da Aeronáutica, Brasília, DF, n. 18, 1º fev. 2017b. DCA 11-45.

COMAER. Comando da Aeronáutica (COMAER). **MCA 3-6: Manual de Investigação do SIPAER**. Brasília, DF, 2017. Disponível em: <https://www2.fab.mil.br/cenipa/index.php/legislacao/seguranca-de-voos?download=154:mca-3-6-2017>. Acesso em: 24 abr. 2023.

DALKEY, N.; HELMER, O. “**An Experimental Application of the Delphi Method to the Use of Experts**”, The Rand Corporation, RM-5888-PR, 1962.

EXÉRCITO DOS ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA. Accident Investigator's Handbook. Documento PDF. Disponível em: https://safety.army.mil/Portals/0/Documents/REPORTINGANDINVESTIGATION/REPORTINGANDINVESTIGATIONHOME/Standard/Accident_Investigators_Handbook.pdf. Acesso em: 26 JUL. 2023.

FLEURY, M. T.; FLEURY, A. **Construindo o conceito de competência**. In: Revista de Administração Contemporânea, São Paulo, v. 5, p. 183-196, dez. 2001. (Edição Especial)

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Amazônia-1 é lançado com sucesso pela ISRO. Disponível em: https://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=6336. Acesso em: 24 abr. 2023.

KREJCIE, R. V.; MORGAN, D. W. **Determining sample size for research activities**. Educational and Psychology Measurement. 30: 607-610. 1970.

NIXON, J., BRAITHWAIT, G. R., 2018. “**What do aircraft investigators do and what makes them good at it?**”: **Developing a competency framework for investigators using grounded theory**. Qualit. Res. 13, 190–197. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925753517306409>. Acesso em: 24 abr. 2023.

PALMÉRIO, A. F. **Introdução à Tecnologia de Foguetes**. 1. ed. São José dos Campos: Sindct, 2016. 304 p.

PERRENOUD, Philippe. **Pedagogia diferenciada: das intenções à ação**. Tradução Patrícia Chittoni Ramos. Porto Alegre: Artmed, 2000.

RABAGLIO, Maria Odete. **Seleção por Competências**. 2ª edição – Editora: Educator, São Paulo, 2001.

RESENDE, E. **A força e o poder das competências: conecta e integra: competências essenciais, competências das pessoas, competências de gestão, competências organizacionais**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2004.

SACRISTÁN, J. G. **O currículo: uma reflexão sobre a prática**. Porto Alegre: Artmed, 2000.

SILVA, W. K. L.; GRANDE, E. T. G.; OLIVEIRA, D. C. de. Study of the brazilian Amazonia-1 satellite and its trajectory: Systematic Mapping and Documentary Analysis of Historical – Official Artifacts. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 11, n. 2, p. e29011225894, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i2.25894. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/25894>. Acesso em: 24 abr. 2023.

SOUZA, Raul. **Guia técnico de ação inicial de investigação de acidentes aeronáuticos com aeronaves de asas fixas de acordo com técnicas recomendadas internacionalmente**. Mestrado em Engenharia Aeronáutica e Mecânica - Instituto Tecnológico da Aeronáutica. São José dos Campos, 2012.

SOUZA, C. M. **Investigação de acidentes em lançamentos espaciais no Brasil: uma proposta de metodologia nacional**. Universidade da Força Aérea. Rio de Janeiro, RJ, 2021.

STRAUCH, B. **Can we examine safety culture in accident investigations, or should we?** *Safety Science*, 77, 102–111. 2015.

WEINERT, F.E., & HELMKE, A. (Eds.) (1999). **Concepts of Competence**. Wein- heim: Psychologie Verlags Union.

ZARIFIAN, P. **Objetivo competência: por uma nova lógica**. São Paulo: Atlas, 2008.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO
ESCOLA DE COMANDO E ESTADO-MAIOR DO EXÉRCITO
ESCOLA MARECHAL CASTELLO BRANCO
CURSO DE POLÍTICA, ESTRATÉGIA E ALTA ADMINISTRAÇÃO DO
EXÉRCITO BRASILEIRO



Prezado investigador,

Com o intuito de embasar um estudo científico sobre o tema "Em que medida os conhecimentos e habilidades desenvolvidos no Curso de Investigação de Acidentes Aeronáuticos do CENIPA capacitam os investigadores a realizarem a investigação de ocorrências, no escopo espacial", venho solicitar sua participação voluntária, para atendimento ao Curso de Política, Estratégia e Alta Administração do Exército Brasileiro.

Este questionário tem como objetivo principal captar sua percepção em relação ao tema. Os dados coletados serão minuciosamente analisados e utilizados na elaboração de um Policy Paper.

Cabe ressaltar que não existem respostas certas ou erradas para as perguntas, sendo que o questionário tem o propósito único de conhecer sua opinião sobre o assunto em questão. Sua identificação não é necessária, garantindo total anonimato, e sua participação é de suma importância para o sucesso deste trabalho.

Agradeço por sua paciência e colaboração.

Atenciosamente,

Marcello Borges da Costa Cel Av
Oficial-Aluno do CPAEX 2023

TEMA: Em que medida os conhecimentos e habilidades desenvolvidos no Curso de Investigação de Acidentes Aeronáuticos do CENIPA, capacitam os investigadores a realizarem a investigação de ocorrências, no escopo espacial.

1. Considerando a extensa experiência do Sr. na investigação de acidentes aéreos, gostaria de obter sua perspectiva sobre os conhecimentos fundamentais que são necessários para os investigadores de ocorrências espaciais.

Considere CONHECIMENTO, no contexto do investigador do CENIPA, informações, fatos, procedimentos e conceitos que ele deve dominar e compreender.

Cite pelo menos 10 conhecimentos essenciais aos investigadores. (Exemplos: introdução à tecnologia de foguetes, meteorologia aeroespacial, fatores humanos e etc.)

2. Considerando a extensa experiência do Sr. na investigação de acidentes aéreos, gostaria de obter sua perspectiva sobre as habilidades fundamentais que são necessárias para os investigadores de ocorrências espaciais.

Considere HABILIDADE, no contexto do investigador do CENIPA, a capacidade de aplicar o conhecimento de forma efetiva para obter resultados concretos, demonstrando domínio de técnicas, talentos e capacidades - o SABER FAZER na prática.

Cite, pelo menos, 05 habilidades essenciais aos investigadores. (Exemplos: execução de ação inicial, análise de evidências espaciais, elaboração de recomendações de segurança e etc.)