

# USO DO ACCIMAP PARA ANÁLISE DE ACIDENTES EM SISTEMAS SOCIOTÉCNICOS: O CASO DA COLISÃO ENTRE O PR-GTD E O N600XL

Gustavo dos Santos Alvares Pereira Lima<sup>1</sup>  
Éder Henriqson<sup>2</sup>

## RESUMO

Esse trabalho consistiu no uso da ferramenta AcciMap, proposta por Jens Rasmussen em 1997, para analisar a colisão em voo de duas aeronaves de grande porte no Brasil em setembro de 2006. O relatório emitido pela autoridade aeronáutica brasileira serviu como fonte de dados para a elaboração do mapa de fatores contribuintes do acidente, que vitimou 154 pessoas e é o segundo maior na história da aviação civil do país. Ao final da construção do mapa, foi possível visualizar como cada fator contribuinte se propagou no sistema ao longo do tempo, bem como suas interações, proporcionando uma interpretação holística do acidente. Ainda, verificou-se que a maioria dos fatores contribuintes apontados pela investigação encontravam-se nos níveis operacionais e organizacionais das empresas envolvidas, semelhante a outros estudos que empregaram o AcciMap. Isso pode indicar que, por mais que atualmente procure-se analisar fatores externos às organizações, a maioria dos relatórios ainda atribui a maior parte da responsabilidade aos operadores da linha de frente do sistema sociotécnico. Nessa análise, a colisão entre duas aeronaves novas e com tecnologia de ponta, e subsequente queda de uma delas, evidencia a complexidade dos sistemas atuais, reforçando a doutrina de que acidentes não ocorrem como consequências de atos individuais de pessoas, e sim, de interações e processos que envolvem ações e decisões de órgãos reguladores, empresas e pessoas.

**Palavras-chave:** AcciMap; sistema sociotécnico; investigação.

## ABSTRACT

*This study consisted in the use of the AcciMap tool, developed by Jens Rasmussen in 1997, to analyze an inflight collision between two large aircraft in Brazil in September, 2006. The final report, issued by the Brazilian aviation authority, served as the primary source of data for the construction of the contributory factor map of the accident, which resulted in 154 fatalities and it's the second deadliest crash in the country's civil aviation history. Once the map was finished, it made possible to graphically visualize how each one of the contributory factors propagated throughout the system over time, as well as their interactions, providing a holistic interpretation of the accident. Further on, it was verified that most of the factors appointed by the investigation were situated at the operational and organizational levels of the companies involved, like other studies in which the AcciMap was used. This finding may indicate that, even that nowadays there are efforts to analyze factors external to the organizations, most part of the final reports still put major responsibility on front line operators of the socio-technical systems. In this analysis, the collision between two brand new and highly*

---

<sup>1</sup> Graduando do curso de Ciências Aeronáuticas da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. [gustavo.santos01@edu.pucrs.br](mailto:gustavo.santos01@edu.pucrs.br)

<sup>2</sup> Professor Doutor do Curso de Ciências Aeronáuticas da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. [ehenriqson@pucrs.br](mailto:ehenriqson@pucrs.br)

*technological aircraft, and subsequent crash of one of them, highlights the complexity of systems, reinforcing the doctrine that accidents do not occur as consequence of unique acts of individuals, but due to interactions and processes that involve actions and decisions of regulatory bodies, companies and people.*

**Keywords:** AcciMap; socio-technical system, investigation.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	3
1.1 CONTEXTO .....	3
1.2 PROBLEMA DE PESQUISA .....	4
1.3 OBJETIVOS .....	4
1.3.1 Objetivos Específicos .....	5
<b>2. ACCIMAP</b> .....	5
2.1 ORIGEM .....	5
2.2 REPRESENTAÇÃO DE ACIDENTES PELO ACCIMAP .....	6
2.2.1 AcciMap de Rasmussen: representação de decisões .....	6
2.2.2 AcciMap de Vicente: representação de fatores contribuintes comuns .....	7
2.2.3 AcciMap de Hopkins: estratégias de prevenção .....	7
2.3. CONSTRUÇÃO DO ACCIMAP .....	8
2.3.1. Estrutura básica .....	8
2.3.2. Fatores contribuintes em AcciMap .....	10
2.3.3. Esquema de classificação para fatores contribuintes .....	10
<b>3 MÉTODO</b> .....	11
3.1 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO .....	12
3.2 DADOS .....	12
3.3 ANÁLISE .....	12
<b>4 RESULTADOS</b> .....	13
4.1 GOVERNO .....	15
4.2 REGULAÇÃO .....	16
4.3 COMPANHIAS .....	18

4.3.1 ExcelAire .....	18
4.3.2 EMBRAER.....	18
4.3.3 Flight Safety International.....	19
4.4 PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS.....	19
4.4.1 N600XL .....	19
4.4.2 O ATCO .....	20
4.5 EQUIPAMENTOS E AMBIENTE EXTERNO.....	22
4.6 DESFECHO .....	22
<b>5 DISCUSSÃO.....</b>	<b>23</b>
<b>6 CONCLUSÃO .....</b>	<b>24</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>25</b>

## **1 INTRODUÇÃO**

O método AcciMap, desenvolvido pelo pesquisador e professor de segurança e fatores humanos *Jens Rasmussen* em 1997, tem sido amplamente utilizado para pesquisa no campo de análise de acidentes em sistemas sociotécnicos complexos. Isso porque ele promove uma análise holística dos fatos, isto é, permite compreender o evento em questão na sua totalidade. Isso se dá ao fato de que o AcciMap considera em sua análise fatores contribuintes que também são externos à organização envolvida, evidenciando interações entre eles, ao contrário de outros métodos populares de análises de acidentes, como o FRAM e o HFACS (SALMON; *et al*, 2020).

Atualmente têm-se que acidentes em ambientes de operações complexas são fenômenos dinâmicos e não podem ser resumidos a uma situação isolada ou única (e.g. falhas de equipamento ou ação humana insegura, proposital ou não). Essa visão limitada pode fazer com que operadores no chamado *sharp-end* de um sistema sejam atribuídos como culpados ou responsáveis, sem que, ao final da investigação, se aprenda com o acidente e ajude a prevenir outros do mesmo tipo (UNDERWOOD; WATERSON, 2013).

### **1.1 CONTEXTO**

Sendo assim, no presente estudo, foi empregada a metodologia do AcciMap com a finalidade de analisar o acidente com o Boeing 737-800 da Gol Linhas Aéreas S.A, que realizava o voo de número 1907 e caiu perto da cidade de Peixoto de Azevedo (MT) em setembro de 2006. A queda aconteceu após a aeronave chocar-se com o

N600XL, outra aeronave do tipo EMBRAER Legacy, operado pela estadunidense ExcelAire, vitimando 148 passageiros e 6 tripulantes.

O método em questão, que será mais bem detalhado nos tópicos seguintes, serve para entender o papel de entidades e indivíduos envolvidos na operação. Ademais, é adequado para comunicar aos altos níveis da organização como um acidente acontece ao longo do tempo, muitas vezes através de ações normais dos seus operadores. A partir dessa comunicação, logo, é possível aprender com o acidente analisado e tomar medidas no que tange a prevenção de novos acidentes (SVEDUNG; RASMUSSEN, 2002).

## 1.2 PROBLEMA DE PESQUISA

Atualmente há a necessidade de adotarmos perspectivas sistêmicas para a investigação e análise de acidentes, ou seja, buscar entender como todas as camadas envolvidas na operação se relacionaram e influenciaram no desenvolvimento do acidente em questão ao longo do tempo. Ainda, existe a importância de analisarmos acidentes e incidentes por meio de representações gráficas que busquem explicar a dinâmica dos eventos. Assim, é possível compreender melhor os eventos, possibilitando melhoras no gerenciamento do risco futuro para o domínio estudado (SVEDUNG; RASMUSSEN, 2002).

Estratégias de gerenciamento de risco devem focar-se em métodos proativos ao invés de reativos. Logo, com o uso das representações gráficas mencionadas acima, é possível compreender as interações que influenciaram tiveram parte no desdobramento de um acidente em um sistema sociotécnico. Para tais análises, pode ser empregado o método AcciMap, que consiste em realizar uma análise vertical das decisões, dos eventos e fatores contribuintes, relacionando-os e apontando em quais dos níveis do sistema eles se originaram e como contribuíram no desdobramento do acidente (SVEDUNG; RASMUSSEN, 2002).

Ainda, ao analisarmos e estudarmos acidentes e como eles aconteceram, acabam por surgir muitas contribuições valiosas a serem feitas para o campo da prevenção, de maneira a tentar evitar que eventos similares aconteçam. Muitos acidentes ao longo do curso da aviação já foram analisados com fins de pesquisa, entretanto, diversos ainda não foram estudados a partir de uma perspectiva sistêmica, que permite analisar fraquezas no sistema e porque determinadas falhas ocorreram (IGENE; JONHSON; LONG, 2018).

Logo, o acidente escolhido para esse estudo é adequado para essa análise, tendo em vista que fez várias recomendações de segurança à diferentes órgãos e entidades, empresas e operadores, revelando o caráter sistêmico que contribuiu para o seu desenvolvimento ao longo do tempo. Ademais, o modelo do método permite que ele seja moldado e adaptado para cada caso estudado, resultando em único AcciMap único para cada estudo.

## 1.3 OBJETIVOS

O objetivo geral desse trabalho, ao fim da análise do acidente do voo GLO1907, é de identificar e conectar entre si, por meio do método de análise AcciMap, todos os eventos e fatores contribuintes levantados pelo relatório final da investigação. Juntamente com isso, é proposta a criação de uma taxionomia, ou esquema de classificação, dentro do próprio AcciMap e adaptada para o acidente em questão.

Assim, espera-se que ao final do estudo o acidente possa ser compreendido na sua totalidade, com o papel de políticas, órgãos, decisões e pessoas claramente identificado.

### 1.3.1 Objetivos Específicos

Entre os objetivos específicos, pode-se citar a criação de subcategorias que ajudarão a entender melhor como o acidente se construiu ao longo do tempo, ao distribuir eventos e fatores contribuintes entre cada uma delas. Também, procurar identificar se houve um nível ou fator que contribuiu mais intensamente para o acidente quando comparado a outros. Por fim, com base nos dados levantados, examinar até que ponto o relatório final do acidente analisado atribuiu a culpa aos operadores no *sharp-end*, ou se ele considerou agentes externos, como o governo, papel de agências reguladoras, entre outros (i.e., *blunt-end*).

## 2. ACCIMAP

A estrutura proposta para a construção do referencial teórico desse trabalho consiste em descrever o método do AcciMap, abordando um pouco a sua origem e propósito. Após, foi explicado como as suas categorias e níveis estão divididos, e como se dão a suas interações e relações em uma análise de acidente. Por fim, foram referenciados os estudos lidos nos artigos citados, apontando vantagens e desvantagens relativos ao uso do AcciMap, como qualidades e limitações desse método.

### 2.1 ORIGEM

O método AcciMap foi desenvolvido pelo professor e pesquisador dinamarquês de segurança em sistemas e análise de fatores humanos *Jens Rasmussen*. Juntamente com o pesquisador *Inge Svedung*, *Rasmussen* percebeu que a evolução da sociedade tornou sistemas e operações muito mais complexos do que eram antes, passando a ser muito mais influenciados por questões tecnológicas, econômicas políticas e até mesmo ambientais (RASMUSSEN; SVEDUNG, 2000).

Inevitavelmente, essa complexidade dos sistemas acarretou a necessidade um ritmo evolutivo rápido por parte dos operadores, trazendo assim mais riscos potenciais para as operações. Por conseguinte, acabou por influenciar a análise de acidentes, de maneira que fosse utilizada uma representação gráfica dos mesmos, para que os eventos que influenciaram no desenvolvimento do acidente pudessem ser claramente identificados e relacionados no campo da gestão do risco (SVEDUNG; RASMUSSEN, 2002). Na visão do pesquisador, acidentes acontecem devido à perda de controle sobre riscos potenciais em uma operação normal, e não graças a uma causa isolada como erro de algum operador envolvido ou de algum equipamento (BRANFORD, 2007). Por conseguinte, estabeleceu-se a indispensabilidade de se aumentar a segurança de um sistema, devendo haver “controle de processos de trabalho para que se evite efeitos colaterais de acidentes causando danos a pessoas, ambientes ou investimentos” (RASMUSSEN, 1997, p. 2).

Ainda de acordo com o pesquisador, os diferentes níveis envolvidos em uma operação se relacionam por meio do fluxo de informações e decisões, de maneira em que são propagadas de maneira vertical a partir dos níveis mais altos até os mais

baixos, com o acidente em questão como a consequência final do todo (BRANFORD, 2007). Logo, o AcciMap foi desenvolvido justamente com o propósito de cumprir com isso, ao proporcionar aos pesquisadores e investigadores um quadro vertical e adaptável que compreende desde níveis governamentais até físicos da operação, de maneira que é possível realizar uma análise holística dos fatores contribuintes e eventos presentes em um acidente.

## 2.2 REPRESENTAÇÃO DE ACIDENTES PELO ACCIMAP

Como foi descrito no item acima, baseado na necessidade de representar acidentes de maneira gráfica e entendê-los na sua totalidade, surgiu o AcciMap. Essa representação gráfica permite visualizarmos um diagrama vertical em formato de árvore que agrupa eventos e fatores contribuintes de acordo com as diferentes camadas do sistema sociotécnico em que se encontram. Nesse aspecto, método difere de outros empregados na análise de acidentes, como o *Swiss-Cheese* de James Reason, já que, além da análise das ações dos operadores no *sharp-end* da operação, ele permite analisar as ações dos “altos níveis” envolvidos, como governo, papel de agências reguladoras, planejamento, orçamento, entre outros (SVEDUNG; RASMUSSEN, 2002).

Ademais, graças a sua verticalidade, podemos ligar esses eventos e fatores uns aos outros, criando assim uma organização de causas que levaram ao acidente em si. O AcciMap possui uma estrutura básica, que pode ser empregada em qualquer análise, entretanto servirá apenas para o caso escolhido, já que evidencia um curso particular de eventos (SVEDUNG; RASMUSSEN, 2002).

### 2.2.1 AcciMap de Rasmussen: representação de decisões

A construção de AcciMap proposta por *Rasmussen* parte da necessidade da análise vertical. Segundo o pesquisador, para que sistemas funcionem com segurança, as decisões tomadas nos níveis superiores da operação devem “descer” para os níveis inferiores, resultando em decisões e finalmente ações, a serem executadas pelos operadores na linha de frente, como pilotos, operadores de salas de controle, enfermeiros e médicos etc.). Finalmente, deve haver um feedback no sentido contrário também, com os níveis inferiores informando os superiores da condição presente do sistema e das decisões e ações tomadas, resultando em um fluxo dinâmico de informações (WATERSON; *et al*, 2016). É graças a essa verticalidade que, em dada análise de acidentes, podemos relacionar essas decisões e informações. Pode-se apontar em qual nível elas se originaram e qual ator ou política foi “responsável”, tendo em vista que um acidente é desenvolvido ao longo de um certo tempo por meio de ações normais e cotidianas de órgãos e pessoas, além de características de equipamento, arredores e até mesmo investimentos e orçamentos dentro de uma operação complexa em sistema sociotécnico (WATERSON, *et al*; 2016).

Logo, para *Rasmussen e Svedung*, a elaboração do AcciMap não é o fim de uma investigação, e sim, apenas parte de um amplo processo que busca identificar fatores organizacionais dentro do sistema que contribuíram para o acidente. Os autores ainda argumentam que, para o aumento na segurança de um sistema, é mais benéfico se analisarmos os elementos que necessitam de melhora, ao invés de simplesmente apontar ações e erros específicos (RASMUSSEN, 1997). Assim, os AcciMaps são construídos não como uma representação exata dos fatos, mas sim como uma

maneira de identificar responsáveis por tomada de decisão dentro do sistema e que influenciaram no desenvolvimento do acidente por meio dessas decisões, juntamente com os campos onde deve haver um aumento da segurança (RASMUSSEN; SVEDUNG, 2000).

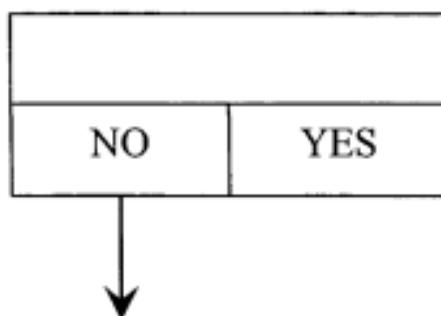
### 2.2.2 AcciMap de Vicente: representação de fatores contribuintes comuns

Já nos estudos de *Kim Vicente*, que também é pesquisador e professor da área de fatores humanos, ele e seus coautores aplicam o AcciMap em estudos de acidentes em sistemas sociotécnicos de maneira diferente quando comparados a *Rasmussen*. Embora analisem acidentes separadamente, o método é empregado com a finalidade de criar uma base de dados e assim descobrir fatores contribuintes em acidentes que são comuns e se repetem em diferentes sistemas, como indústria nuclear, aviação comercial, hospitais, entre outros (BRANFORD, 2007).

Woo e Vicente, (2003), afirmam que as análises de acidentes tendem a não revelar fatores contribuintes e de risco que são comuns ao longo de diferentes domínios justamente porque especialistas não empregam o mesmo método de análise em todos. Sendo assim, propõem que o AcciMap passe a ser utilizado como padrão para esse tipo de estudo, argumentando que ao fazer isso é possível identificar fatores de risco invariáveis em sistemas diferentes (e.g.; indústria nuclear, indústria marítima, indústria ferroviária e hospitalar).

Para tal, nos estudos em que empregou essa técnica, *Vicente* focou-se mais nos fatores que causaram o acidente de maneira mais direta, ao invés de procurar identificar e analisar decisões e a propagação delas no sistema e/ou organização. Ainda, nas representações visuais dos seus AcciMap's, podem ser vistos boxes com alternativas "sim" e "não" (FIGURA 1). Esses *boxes* procuram ilustrar a dinâmica do desenvolvimento do acidente, evidenciando áreas e níveis no sistema por onde o acidente "passou" e quais foram as consequências disso, numa espécie de fluxograma. (BRANFORD, 2007).

Figura 1 – exemplo de *box* com o curso "não"



Fonte: Branford, 2007

### 2.2.3 AcciMap de Hopkins: estratégias de prevenção

Por fim, *Hopkins* também propõe uma construção de AcciMap em estudos do tipo, sendo esse mais similar aos originalmente propostos por *Rasmussen*. Ele usa o método para buscar identificar as causas que levaram ao acidente, assim criando uma

espécie de diagrama, que por sua vez ilustra como cada causa contribuiu para o desfecho do acidente e como elas se relacionam umas com as outras. (BRANFORD, 2007).

A motivação por trás da intenção de entender as relações entre essas causas é a prevenção. Hopkins, afirma que, ao se fazer isso, podem ser adotadas as estratégias de prevenção mais eficazes para cada domínio, transformando um acidente em aprendizado. (BRANFORD, 2007).

Logo, AcciMap's desenvolvidos por Hopkins e coautores buscam, após a identificação das causas relevantes, explorar o sistema para melhorá-lo, intervindo no que o autor chama de "pontos sensíveis". Ademais, é enfatizada a importância de que o AcciMap seja lógico e compreensivo, para que até os problemas ligados às mais altas partes do sistema possam ser mapeados e corrigidos (BRANFORD, 2007).

### 2.3. CONSTRUÇÃO DO ACCIMAP

Estilos de AcciMap variam entre si a depender do domínio e dos pesquisadores responsáveis pela confecção, diferenciando-se no estilo de representação visual, objeto de análise e finalidade da pesquisa. Entretanto, o AcciMap possui uma estrutura básica original, que serve para representar os níveis de agentes do sistema, podendo ser modificada e adaptada a depender do estudo que está sendo conduzido.

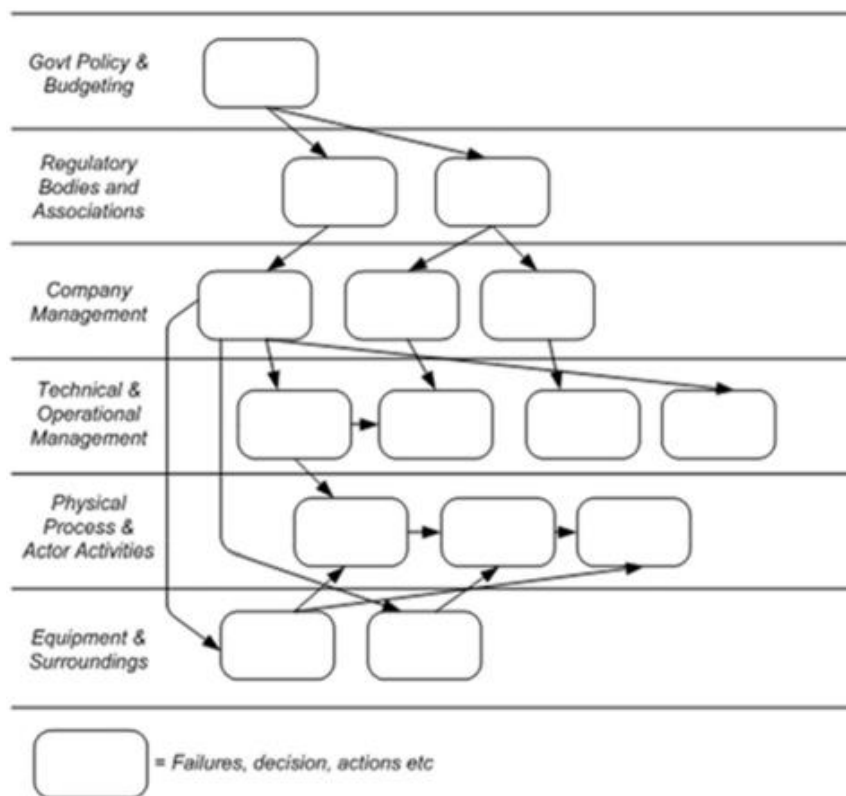
Partindo da proposta de promover a análise vertical dos fatos, compreendendo todos os níveis envolvidos na operação, o método foi desenvolvido com 6 níveis de análise, representando agentes que contribuíram de alguma maneira para o desenvolvimento do acidente em questão.

#### 2.3.1. Estrutura básica

Nessa estrutura, constam 6 níveis de classificação, partindo do agente mais externo e distantes da operação até os operadores responsáveis pela operação propriamente dita, no último nível. Esses 6 níveis são: *government, policy, and budgeting; regulatory bodies and associations; local area government, planning & budgeting, company management; technical & operational management; equipment & surroundings*. Abaixo, pode-se ver essa disposição, no corpo de um AcciMap comum e que não foi preenchido com nenhum dado (FIGURA 2).

Figura 2 – estrutura básica do AcciMap





Fonte: Goode; *et al*, 2017

AcciMaps podem ser elaborados de maneiras diferentes a depender do pesquisador e objetivos do estudo. Entretanto, existem características que são comuns a todos. Normalmente, a análise começa com o estabelecimento do evento crítico, que é o acidente em si e normalmente se localiza na parte de baixo do diagrama. O evento crítico é considerado a falha na última instância do sistema, o acidente que deveria ter sido impedido pelas barreiras da organização. Existem AcciMaps com mais de um evento crítico, dependendo do foco da análise, porém, é comum que todos são identificados primeiro, de maneira que possam ser colocados no mapa e possibilitar a inclusão dos fatores contribuintes em cima (BRANFORD, 2007).

Outra característica comum a todos AcciMap's é o estabelecimento das relações causais entre fatores contribuintes que por sua vez levaram ao evento crítico. Existem diferentes estudos que usam métodos próprios para representar a intensidade e importância dessas interações, entretanto é comum que todas as interações ilustrem o desenvolvimento do acidente ao longo do tempo. Essas interações podem representar tanto decisões como ações ao longo do sistema (BRANFORD, 2007).

Finalmente, outro elemento característico do método e que é comum ao longo das diversas construções de AcciMap propostas é a maneira como os fatores contribuintes e causais estão dispostos no digrama. Na parte de baixo, próximos ao evento do acidente, estão os fatores que levaram diretamente ao acidente, normalmente associados com o ambiente ou com as ações dos operadores. Já na parte de cima, estão as causas consideradas sistêmicas, que normalmente levaram aos fatores de baixo que por sua vez originaram o acidente em si. Esse tipo de disposição ajuda na interpretação do desenvolvimento do acidente, de maneira que distribui os fatores contribuintes ao longo do mapa conforme seu grau de influência, possibilitando ao

leitor compreender todas as barreiras do sistema sociotécnico que foram quebradas durante a operação (BRANFORD, 2007).

### 2.3.2. Fatores contribuintes em AcciMap

Salmon, *et al*; (2020) selecionou diversos estudos onde foi empregado o método AcciMap desde a sua divulgação em 1997 e os analisou com a finalidade de descobrir se havia fatores contribuintes determinantes em acidentes que se repetiam em diferentes domínios e organizações. Ao final da seleção, que apresentou critérios de inclusão e exclusão, foram analisados 23 estudos. Salmon então elaborou um único AcciMap, que continha 5587 fatores contribuintes distribuídos ao longo de 79 tópicos de classificação.

Entre os fatores contribuintes elencados, os mais frequentes foram “julgamento e tomada de decisão”, com 605 aparições, e “complacência, violações e atos inseguros”, figurando 601 vezes no quinto nível do AcciMap, “*physical process & actor activities*”. Ainda, mais de 50% dos fatores contribuintes dos estudos estavam relacionados com a parte humana da operação (*sharp-end*) que inclui pilotos, operadores de salas de controle, motoristas, entre outros (SALMON; *et al*, 2020). Essa descoberta evidenciou que, embora o AcciMap proponha a análise holística dos fatos e de fatores externos à organização e que não são necessariamente físicos, o método vinha sendo empregado de maneira mais condizente com a *Old View* a respeito de erros humanos. A *Old View* parte do princípio de que sistemas são perfeitos e o erro humano deve ser temido e combatido em organizações, podendo ser atribuído como a causa final de um acidente. Atualmente, entende-se que ele é o ponto de partida de uma investigação, e normalmente o sintoma de um problema maior em ambientes de operações complexas. (DEKKER, 2014).

Apesar disso, a análise provou de fato que existem fatores contribuintes semelhantes mesmo em diferentes domínios, e que a ênfase dos estudos deve ser em elaborar uma cadeia de fatores e determinar a sua influência no comportamento de todos os envolvidos na operação, ao invés de simplesmente atribuir culpa aos operadores. Também foram encontrados muitos fatores em outros níveis do sistema, associados ao *blunt-end*, evidenciando que, em dada análise de acidentes, é importante considerar o uso de métodos que compreendam os diferentes níveis da organização. Assim, não se corre o risco de informações relevantes serem deixadas de fora da análise. (SALMON; *et al*, 2020).

O estudo em questão é altamente válido justamente porque elenca e relaciona diversos fatores contribuintes, enriquecendo a análise de acidentes em sistemas sociotécnicos. O mesmo pode ser feito com acidentes específicos no domínio da aviação. Ao fazer isso, espera-se que seja possível a compreensão total dele, com a criação também de uma taxionomia que pode inclusive servir como banco de dados para futuras análises e trabalhos de prevenção na área.

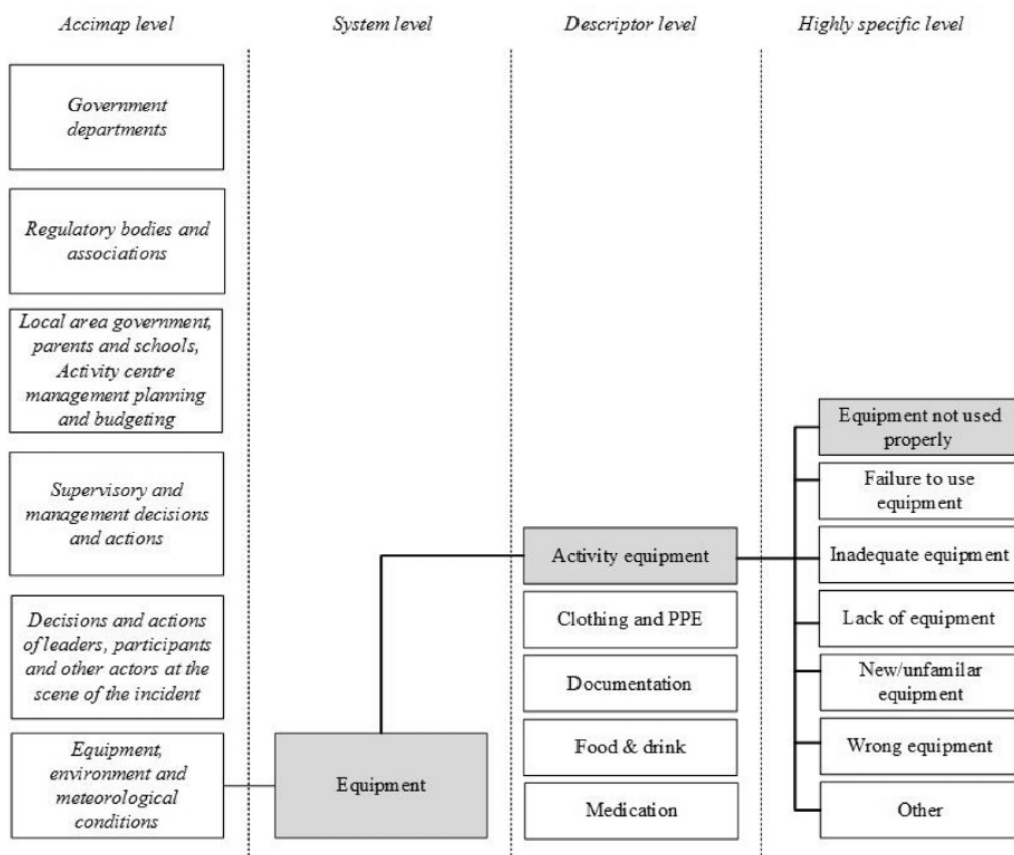
### 2.3.3. Esquema de classificação para fatores contribuintes

Embora o AcciMap estivesse se tornando um método muito popular de análise de acidentes, ainda não era tão empregado quanto o HFACS e estava limitado à alguns tipos específicos de estudos. Isso se deve ao fato de que ele não fornecia um sistema de classificação dos fatores contribuintes levantados que pudesse ajudar a guiar a análise, assim pondo em risco sua credibilidade e validade.

Sendo assim, em 2017, Goode, *et al*, conduziram um estudo com a finalidade de elaborar e avaliar a supracitada taxionomia de fatores contribuintes, ou, esquema de classificação, para que o AcciMap pudesse ser usado como ferramenta de um sistema de reporte de incidentes na indústria das *led outdoor activities*, chamado UPLOADS. Ainda, esse esquema de classificação contribuiria na padronização do uso da ferramenta ao longo de diversas análises de acidentes em diferentes domínios.

Para criar tal esquema, os autores desenvolveram um protótipo de mapa com três tipos diferentes de categorização em níveis: nível do sistema (*system level*), nível do descritor (*descriptor level*) e nível do código altamente específico (*highly specific code level*). O objetivo disso era possibilitar uma diferenciação na atribuição dos fatores contribuintes, identificando peças-chave envolvidas nas atividades, ações inseguras, condições de equipamento, impacto de pessoas e agências, entre outros. A Figura 3, abaixo, exemplifica essa diferenciação.

Figura 3 – taxionomia de AcciMap proposta



Fonte: Goode; *et al*, (2018).

### 3 MÉTODO

O presente trabalho, logo, caracteriza-se por ser um estudo de caso de abordagem qualitativa e natureza descritiva, onde a unidade principal de análise é o acidente do voo GLO1907, com a finalidade de construir-se de um AcciMap único do caso em questão.

A abordagem qualitativa se dá ao fato de que será usado o relatório final do acidente para a coleta de dados, procurando entender as ações, eventos motivações e comportamentos das organizações e operadores envolvidos. Informações que constam no relatório serão transformadas e agrupadas em dados representativos, que por sua vez servirão de material para a elaboração do AcciMap.

### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO

A abordagem qualitativa é mais adequada para o estudo pois analisa um único acidente, não podendo servir de base para análise de outros sistemas, organizações e operadores. Isso alia-se com a proposta do AcciMap, que é exclusivo de cada caso analisado, já que representa um curso particular de eventos.

Esse estudo então é classificado como de natureza descritiva, uma vez que busca estabelecer as variáveis que fizeram parte do desenvolvimento do acidente ao longo do tempo e entender suas relações. A pesquisa descritiva serve também para a criação de uma base de dados, podendo ser incorporada por empresas e entidades, no caso da aviação, por exemplo, para desenvolvimento de novas estratégias de prevenção dentro do sistema sociotécnico (GIL, 2002).

### 3.2 DADOS

A fonte de dados primordial para esse estudo é o relatório final do acidente, emitido pelo Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA) em 2008, quase dois anos depois da ocorrência. O relatório é fundamental para a construção do AcciMap do caso, já que apresenta fatores contribuintes e hipóteses levantadas pelos investigadores encarregados, sendo assim um documento técnico extremamente confiável e que reflete os resultados obtidos pela organização no que tange as circunstâncias que influenciaram no desenvolvimento do acidente.

Entretanto, a análise final deste relatório não quantifica o grau e intensidade de contribuição dos fatores contribuintes levantados, algo que é um dos objetivos desse trabalho. Sendo assim, foram consultadas também outras literaturas, principalmente as que dizem respeito à elaboração de AcciMap's, tendo em vista também que não existia, até então, nenhum mapa do tipo publicado sobre o acidente em questão.

Por fim, quando necessário, nos casos em que o relatório carece de explicações sobre determinado assunto envolvendo material, organização, entre outros será a literatura específica para tal. Podendo compreender desde manuais de fabricantes e organizações (i.e. manuais referentes, ao uso do *transponder*, diretrizes para comunicação aeronáutica, aspectos técnicos das aeronaves envolvidas) até teorias de especialistas (e.g., *sensemaking*).

### 3.3 ANÁLISE

Finalmente, dados retirados do relatório final do acidente servirão de base para elaboração de um AcciMap único a respeito do caso. O foco dele estará voltado para a identificação e disposição dos fatores contribuintes diretos que levaram a consumação do acidente, de maneira similar aos estudos de *Kim Vicente*. Contudo, embora o objetivo principal seja de identificar os processos físicos e ações que contribuíram para ele, também serão identificados os fatores contribuintes que podem ter se propagado pelo sistema ao longo do tempo e influenciaram no comportamento

de organizações e operadores. Para tal, foi criado também um sistema de categorização dos fatores contribuintes levantados após a leitura do relatório, similar à Werle, *et al*, 2021, que adaptou o estudo de Goode citado anteriormente para o contexto da indústria de óleo e gás.

Entretanto, a estrutura de AcciMap proposta nesse trabalho difere levemente da estrutura de *Rasmussen*, no que diz respeito aos níveis do sistema. Alguns nomes foram traduzidos e adaptados para o contexto do Brasil e da sua operação aérea. *Government policy & budgeting* passou a ser “Governo”, *Regulatory bodies and associations* passou a ser “Agências reguladoras”. *Company policy* passou a ser “Companhias”. *Technical and operational management* passou a ser “Procedimentos operacionais”. O quinto nível, passou a ser intitulado “Equipamentos e ambiente externo”. Ainda, baseado em Tabibzadeh, Shapeti e Mokhtari (2019), foi incluído um último nível no sistema, onde consta apenas o “Desfecho”, que no caso do presente estudo, é a colisão entre as duas aeronaves.

Para a construção, foram adotados os seguintes procedimentos:

- A) Identificação dos fatores contribuintes
- B) Elaboração de níveis do sistema, níveis do descritor e níveis de código altamente específicos
- C) Distribuição dos fatores contribuintes levantados nos respectivos níveis
- D) Construção do AcciMap adaptado para o estudo evidenciando os fatores nos níveis do sistema, destacando as suas relações
- E) Discussão dos resultados encontrados

Ao final da análise espera-se que o acidente possa ser compreendido na sua totalidade, levando em consideração fatores externos ao evento propriamente dito. Também, espera-se que a relação entre esses fatores fique clara, tendo em vista que um acidente se desenvolve ao longo do tempo graças a múltiplos fatores e muitas vezes por meio das ações normais de organizações, entidades, e operadores envolvidos. Os fatores contribuintes elencados serão agrupados de acordo com a sua posição no mapa e contabilizados, de maneira que ao final da análise possa ser possível identificar se o relatório atribuiu mais “culpa” ao *sharp-end* (i.e., pilotos das aeronaves envolvidas e controladores de voo) da operação ou não.

## 4 RESULTADOS

Após a análise do relatório final A-022 emitido pelo CENIPA em 2008, foram levantados 28 fatores contribuintes distintos. O CENIPA conduziu a investigação por meio do modelo do queijo-suíço de James Reason de 1997, que divide as ações e decisões em falhas ativas (i.e., cometidas por operadores na condução das suas tarefas normais e que resultam em um efeito adverso imediato) e falhas ou condições latentes (i.e., medidas ou decisões tomadas antes do acidente, por operadores, reguladores ou gerentes, e que não possuem consequências imediatas, podendo permanecer ocultas no sistema). Entretanto, essa análise não foi considerada para a elaboração desse AcciMap, e os fatores estão distribuídos sem qualquer atribuição de relevância. Os fatores contribuintes foram classificados em 15 níveis do descritor (descriptor level) de maneira similar à Goode, *et al*, 2017, como mostra a Figura 4.

Figura 4 – taxionomia de fatores contribuintes do caso

GOVERNO
1. Política e legislação
2. Aspectos financeiros
3. Infraestrutura

REGULAÇÃO
4. Padrões e normas
5. Qualificação e treinamento
5. Controle e supervisão
6. Práticas

COMPANHIAS
7. Julgamento
8. Planejamento de operações
9. Procedimentos

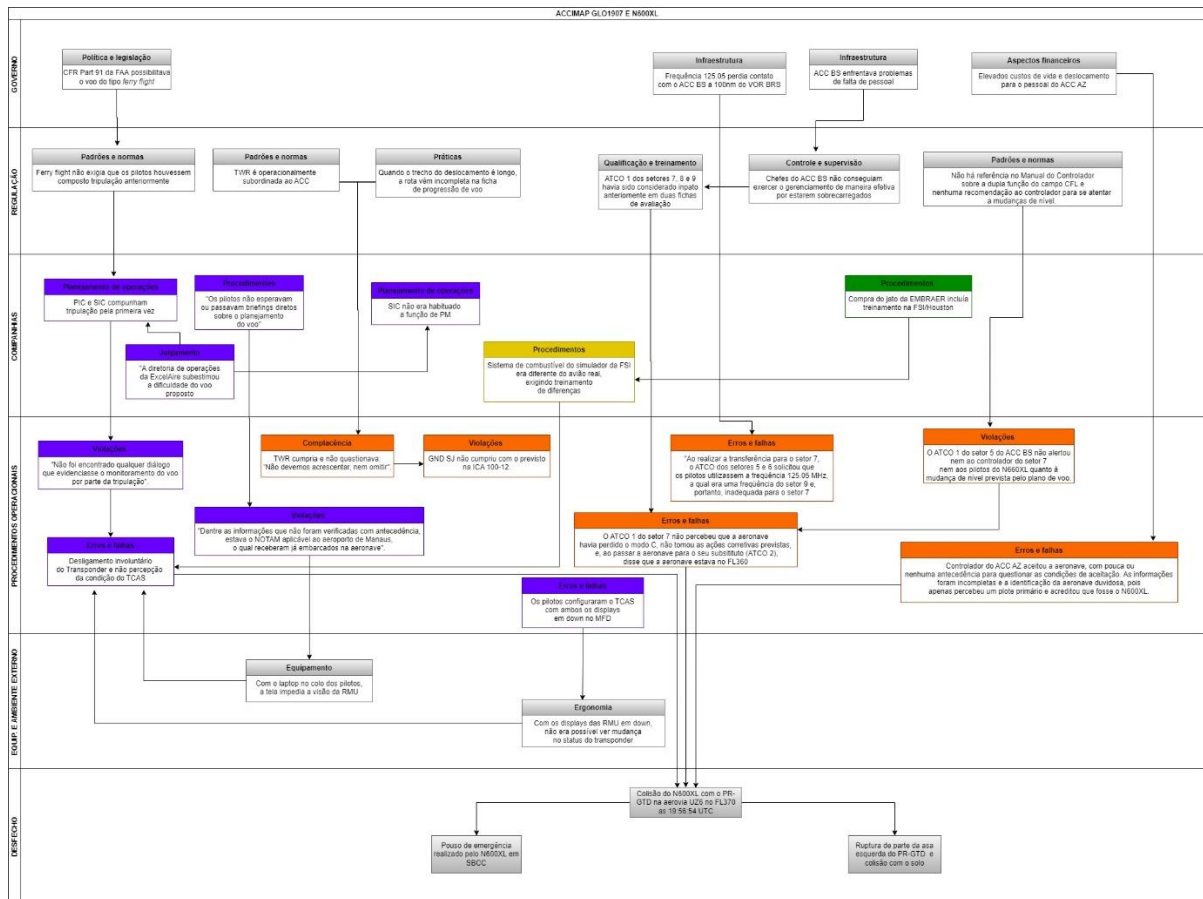
PROCEDIMENTOS
10. Violações
11. Erros e falhas
12. Complacência

EQUIPAMENTOS E AMBIENTE EXTERNO
14. Ergonomia
15. Equipamento

Fonte: autor (2022)

Os 15 níveis do descritor supracitados foram então utilizados para a elaboração do AcciMap do caso (Figura 5). Os fatores contribuintes foram utilizados como códigos altamente específicos para cada nível do descritor, de maneira que a origem, atribuição e papel de cada pudesse ser claramente identificado na representação visual do desenvolvimento do acidente.

Figura 5 – AcciMap do caso estudado



Fonte: autor (2022)

Ainda, para que fosse evitada pelo autor qualquer possibilidade de levantamento de hipóteses ou interpretações diferentes daquelas especificadas no relatório, foram selecionados apenas os fatores que contribuíram efetivamente no desenvolvimento do acidente, excluídos os que receberam grau de contribuição indeterminado. Esses fatores foram retirados diretamente de constatações da comissão de investigação e de relatos de operadores envolvidos por meio de entrevistas. Nesse caso, a fala aparece dentro de aspas, permitindo assim ao autor analisar também o tipo de linguagem empregada no relatório, algo que, segundo Vesel (2020) influencia diretamente na interpretação e compreensão das ações dos operadores e do acidente como um todo.

Ao final da elaboração do AcciMap do acidente, viu-se que 9 dos 28 fatores contribuintes encontravam-se no nível de Procedimentos Operacionais, que representa justamente a ação dos operadores envolvidos, que no caso desse acidente eram os pilotos do N600XL e os controladores de tráfego aéreo. Os 9 fatores contribuintes relativos aos operadores representam pouco mais de 32% dos fatores analisados.

#### 4.1 GOVERNO

O nível Governo foi o segundo nível do sistema com menos fatores contribuintes encontrados. Para ele, foram elaborados três níveis do descritor, aos quais foram atribuídos quatro fatores contribuintes, representando assim pouco mais de 14% dos fatores contribuintes analisados. Embora, como já visto, a maioria dos fatores contribuintes esteja atribuída aos operadores do sistema, as condições do primeiro

nível influenciaram no desenvolvimento do acidente, moldando ações e decisões que se propagaram pelo sistema ao longo do tempo.

O primeiro *descriptor level* trata de Política e legislação. A ele foi atribuído o fato de que o CFR Part 91 da FAA possibilitava o voo do tipo *ferry flight*. O CFR, ou *Code of Federal Regulations*, é um conjunto de normas estabelecidas e regidas pela FAA muito similares aos RBAC's que existem no Brasil. O CFR Part 91 trata de *General Operating and Flight Rules*. Por se tratar de uma empresa de aviação geral, a ExcelAire, operadora do N600XL, deveria operar sobre a égide do CFR Part 91, podendo ainda operar sob o 135 e o 145. Sendo assim, no caso do voo do acidente, ele foi considerado um voo de traslado, ou *ferry flight*, já que consistia em um voo sem o objetivo de gerar receita, e sim apenas de levar a aeronave da fábrica até a empresa que a comprou.

A Infraestrutura dos órgãos de controle da aviação brasileira também foi considerada como contribuinte no acidente. Em relação as frequências de comunicação disponíveis para o N600XL, foi verificado, por meio de voo do GEIV (Grupo Especial de Inspeção em Voo) após o acidente, que a frequência 125.05 MHz perdia contato com o ACC BS (Centro Brasília) a partir de 100NM do auxílio VOR. Por esse motivo, na setorização da FIR Brasília, ela foi atribuída como pertencente ao setor 9 da mesma, algo que impactaria diretamente na comunicação da aeronave norte-americana com os controladores brasileiros, como será visto mais para a frente nessa análise. Ainda, de acordo com o relatório, o ACC BS enfrentava problemas de falta de pessoal, com os chefes solicitando aumento de efetivo desde 2005. Isso impactava diretamente na escala dos controladores, além de reduzir a capacidade do ACC de treinar e capacitar o seu efetivo, uma vez que bastava retirar um controlador da escala para treinamento para que a falta de pessoal já se manifestasse.

Finalmente, têm-se os Aspectos Financeiros, algo que refletiu diretamente no ACC AZ (Centro Amazônico), de maneira similar ao ACC BS. À época do acidente, os custos de vida e deslocamento eram considerados muito altos para os funcionários do ACC AZ. Ainda, muitos deles encontravam dificuldades para se adaptar à vida nessa localidade, o que acarretava uma alta rotatividade no efetivo, uma vez que, após o tempo mínimo de permanência, a maioria dos controladores solicitava transferência e eram então substituídos por controladores novos e recém-formados.

## 4.2 REGULAÇÃO

No nível de Regulação do sistema, foram levantados seis fatores contribuintes distribuídos em quatro níveis do descritor, representando pouco mais de 21% de todos os fatores analisados. Nesse nível, que é influenciado diretamente pelo Governo, buscou-se entender o papel das agências reguladoras e órgãos envolvidos (e.g., ANAC, FAA, DTCEA) e como suas normas, decisões, supervisão e outros contribuíram para a propagação do acidente no sistema sociotécnico.

O nível do descritor que mais figurou na Regulação foi o de Padrões e normas, com três fatores contribuintes distintos atribuídos. Primeiro, o voo de traslado, ou *ferry flight*, não exigia que os pilotos houvessem composto tripulação juntos anteriormente. Como já foi apresentado aqui, a ExcelAire realizava o traslado do N600XL sob esse tipo de regra, o que possibilitou que os dois pilotos que conduziram o voo pudessem ser escalados para ele sem nunca terem voado juntos no passado, apenas com a experiência prévia do treinamento no simulador e as cinco horas de voo junto com o especialista da EMBRAER, fabricante do avião. Esse fator acabou por prejudicar a correta aplicação de CRM e *airmanship* e por parte dos pilotos, algo



crítico na aviação atual, ainda mais em um voo dessa complexidade e em espaço aéreo no qual eles não eram habituados a voar. Ainda, dessa vez em relação à organização dos órgãos de controle de tráfego aéreo brasileiros, algo que contribuiu para o acidente foi o fato de que as TWR (Torres) são operacionalmente subordinadas aos ACC (Centros de Controle) na hierarquia do controle de tráfego aéreo. Como será visto em seguida, esse aspecto também influenciou diretamente nas ações dos operadores no quarto nível do sistema.

Ainda relacionado aos Padrões e normas dos órgãos de controle, descobriu-se na investigação que não havia, no Manual do Controlador, qualquer referência sobre a dupla possibilidade de disposição de informações no campo CFL (*Cleared flight level*) presente nas fichas de progressão de voo dos controladores, além de não constar nenhuma recomendação aos controladores para atentarem às mudanças de nível. O manual é utilizado pelos ATCO's e estabelece a conduta durante a realização das suas atividades. O campo CFL pode indicar tanto o nível de voo autorizado para a aeronave, tanto o nível de voo solicitado ou ainda previsto na rota. A ausência de uma explicação a respeito do campo CFL no manual contribuiu para que os controladores não percebessem quando a ficha de progressão de voo acusou a mudança para o FL360, fazendo com que os mesmos, por conseguinte, não alertassem o N600XL e não tomassem nenhuma atitude em relação ao nível de voo mantido pela aeronave, que era o FL370.

Relacionado ao fato de que a TWR é operacionalmente subordinada ao ACC, há, em Práticas, o fato apurado pela comissão de investigação em relação às autorizações de tráfego, de que, quando o deslocamento da aeronave é longo, o trecho vem incompleto. À época do acidente, os planos de voo eram recebidos pelo GRD (Solo) por meio de sistema eletrônico SGTC, e então passados para as fichas de progressão de voo dos controladores. No caso do dia do acidente, o operador do GRD SJ (São José dos Campos), de onde o N600XL decolou, recebeu o seguinte trecho: nível 370 DCT PCL UW2. O trecho estava incompleto, uma vez que era prevista uma mudança para o FL360 após o bloqueio de Brasília. Isso foi determinante na maneira como a autorização de tráfego foi transmitida aos pilotos e entendida por eles, como será abordado em seguida.

Finalmente, os dois níveis do descritos restantes em Regulação estão relacionados e se originam do problema de infraestrutura enfrentado pelo ACC BS e mencionado anteriormente. Controle e supervisão por parte dos chefes do ACC BS foi considerado como determinante no comportamento dos ATCO's envolvidos. De acordo com o relatório, devido ao problema de falta de pessoal, os chefes não conseguiam exercer o gerenciamento da operação de maneira efetiva, por estarem sobrecarregados. Outra consequência da falta de efetivo no ACC era que não havia condições de executar os treinamentos previstos no Programa de Prevenção de Acidentes Aeronáuticos, como o TRM – *Team Resources Management*, que não era ministrado havia pelo menos dois anos. Essa repercussão no que tange a qualificação e treinamento do pessoal se aplica ao caso do ATCO 1 responsável pelos setores 7, 8 e 9 da FIR BS no dia do acidente. Isso foi considerado inapto em duas fichas de avaliação quando realizou seu treinamento para homologação em controle radar no ACC BS. Conforme apurado pela investigação, as dificuldades apresentadas por ele diziam respeito à métodos de identificação secundária, estabelecimento de prioridades, orientação quanto à necessidade de efetuar anotação em strips eletrônicas, deficiente controle emocional, entonação de voz e pouca agilidade nas instruções. O ATCO foi encaminhado ao Conselho Operacional e realizou mais avaliações posteriormente, nas quais obteve o conceito apto, sendo a última em

novembro de 2005. Entretanto, seu último teste de inglês foi avaliado como não satisfatório.

### 4.3 COMPANHIAS

No terceiro nível do sistema, estão localizadas as companhias, ou organizações que participaram no desenvolvimento do acidente. Nesse nível constam seis fatores contribuintes e três níveis do descritor, representando exatamente 25% dos fatores contribuintes analisados, ficando atrás apenas dos Procedimentos Operacionais. Aqui, foi empregada pela primeira vez na elaboração desse mapa a diferenciação das entidades, com um esquema de cores distinguindo a ExcelAire, compradora e operadora do N600XL; a EMBRAER, fabricante do jato; e a *Flight Safety International* (FSI) de *Houston, Texas*; responsável pelo treinamento dos pilotos no equipamento.

#### 4.3.1 ExcelAire

Os fatores contribuintes relacionados a ExcelAire estão representados pela cor roxa nos boxes, totalizando cinco. O Planejamento de operações foi o nível do descritor mais presente, evidenciando que a companhia falhou nos seus processos de tomada de decisão e preparação para o voo de traslado de volta para os Estados Unidos. Como já foi visto nesse trabalho, uma vez que o voo de traslado podia ser conduzido sobre a égide do CFR Part 91, e que esse tipo de voo não exigia que os pilotos já houvessem composto tripulação no passado. Logo, a ExcelAire escalou dois pilotos que compunham tripulação conjunta pela primeira vez na ocasião, para serem o PIC e o SIC. O Julgamento da diretoria de operações foi deficiente ao considerarem o voo proposto uma missão rotineira, quando na realidade se tratava de uma série de voos de recebimento e traslado em espaço aéreo com regras ICAO e com as quais os pilotos não eram habituados. A dificuldade da operação foi subestimada, algo agravado pelo fato de os pilotos estarem voando juntos pela primeira vez. Ainda, o SIC escalado para o voo não era habituado a função de *pilot monitoring*, uma vez que ele possuía experiência passada em aeronaves do tipo Legacy atuando como comandante, totalizando 317 horas. A comissão de investigação inferiu que o PIC e o SIC estavam condicionados a função de *pilot flying*, algo que influenciou na maneira como monitoraram as informações disponíveis nos painéis durante o voo.

Durante a investigação descobriu-se também que os pilotos da ExcelAire não esperavam ou passavam por briefings diretos sobre os planejamentos dos voos a serem realizados. A rota não era escolhida por eles, de maneira que apenas recebiam o plano de voo, preenchido e encaminhado pela Universal, uma companhia contratada pela ExcelAire para realizar esse tipo de serviço. Isso contribuiu para que os pilotos não desenvolvessem um modelo mental preciso em relação a rota a ser voada, como por exemplo, as mudanças de nível previstas.

#### 4.3.2 EMBRAER

Já em relação à fabricante EMBRAER, cabe mencionar que perante a compra do jato, a empresa incluía o treinamento no equipamento para os pilotos. Esse treinamento era realizado na *Flight Safety International*, no estado americano do

Texas. Os pilotos do voo em questão foram enviados para lá e se conheceram na mesma oportunidade.

#### 4.3.3 Flight Safety International

Por parte da FSI, o treinamento era composto de *ground school* e 28 horas de voo em simulador, onde foram abordadas as diferenças entre a aeronave do simulador e o equipamento real, já que o simulador tratava de um EMB-145 e a aeronave comprada era um EMB-135BJ. Uma dessas diferenças significativas abordadas no treinamento era em relação ao sistema de combustível das duas aeronaves. Portanto, durante o voo de traslado, PIC e SIC estavam tendo contato real com o sistema de combustível do EMB-135BJ pela primeira vez. Como será discutido adiante, eles resolveram concentrar as informações de combustível em ambas RMU para monitoramento, em detrimento das informações da condição do transponder.

#### 4.4 PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS

O quarto nível do sistema trata dos Procedimentos operacionais, que são efetivamente as ações realizadas pelos operadores envolvidos. Nesse nível constam três níveis do descritor, aos quais foram atribuídos dez fatores contribuintes distintos, totalizando pouco mais de 35% dos fatores totais, sendo o nível com maior a quantidade deles. Assim como foi feito no nível das Companhias, para melhor entender o papel de cada operador ou ator, os fatores foram divididos por cores. A cor roxa representa os pilotos do N600XL, assim como representava a ExcelAire no nível anterior. Já a cor laranja representa os controladores de tráfego aéreo (ATCO's), compreendendo o GND SJ (solo São José dos Campos), os controladores do ACC BS (Centro Brasília), e o controlador do ACC AZ (Centro Amazônico).

Os níveis do descritor foram divididos entre erros e falhas, violações e complacência. Erros e falhas podem ser atribuídos como ações incorretas por parte da tripulação ou dos controladores e que contribuíram negativamente para o desenvolvimento do acidente, mas que não foram intencionais. Foram motivadas pela baixa consciência situacional, pouca experiência, treinamento, preparação, entre outros. Já as violações descrevem violações de procedimentos propriamente, como desobediência a manuais, SOP e normas, intencionais ou não.

##### 4.4.1 N600XL

Entre as violações de procedimentos cometidas pelos pilotos do N600XL, cabe destacar o fato de que, após a escuta do CVR por parte do CENIPA, que “não foi encontrado qualquer diálogo que evidenciasse o monitoramento do voo por parte da tripulação”. O monitoramento efetivo do voo é um item de extrema importância para a condução segura e eficiente de uma operação, ainda mais em espaço aéreo internacional e voando sob RVSM, como era o caso do N600XL. O apêndice 19 da AC 120-71A, que trata de *Crew Monitoring and Cross-Checking*, preconiza que: “*A fundamental concept of improving monitoring is realizing that many crew errors occur when one or more pilots are off-frequency or doing heads-down work, such as programming a Flight Management System (FMS). The example SOPs below are designed to optimize monitoring by ensuring that both pilots are “in the loop” and*

*attentive during those flight phases where weaknesses in monitoring can have significant safety implications*". Esse monitoramento deficiente, decorrente dos pilotos não estarem habituados a tal, contribuiu para que não percebessem a mudança na condição do transponder, e não se atentassem para as mudanças de nível previstas na rota.

Ademais, os pilotos receberam a documentação para o voo de maneira tardia, principalmente no que tange os NOTAM relativos à rota e aos aeródromos. Uma vez que estavam embarcados na aeronave, e já vindo de um cenário onde estiveram distantes do planejamento do voo, a tripulação tomou conhecimento por meio de um NOTAM do aeroporto de Manaus que a pista desse aeródromo estava com tamanho reduzido para pousos e decolagens. Isso fez com que os pilotos direcionassem grande parte da sua atenção para essa informação durante o voo, fazendo o uso de um *notebook* que continha o software de peso e balanceamento da aeronave, pois estavam preocupados em entender a performance do avião e se, com o peso que estavam, conseguiriam pousar em Manaus e decolar de lá após a escala técnica.

Algo que também influenciou no baixo monitoramento dos pilotos em relação ao voo e as condições dos instrumentos foi o fato de que ambos configuraram os displays do status do TCAS na RMU como abaixados, ou em *down*. A RMU, abreviação de Radio Management Unit, é a ferramenta utilizada para monitorar a condição do transponder e do TCAS, além de fornecer informações secundárias acerca de outros sistemas. Há duas delas na cabine, ambas localizadas no painel frontal. Durante o treinamento em simulador na FSI, os pilotos habituaram-se a treinar com os displays configurados em *down*, isto é, sem mostrar a condição na qual o transponder e TCAS se encontravam. Essa prática era diferente dos voos de entrega realizados juntamente com os pilotos da EMBRAER, nos quais um dos displays era configurado para *up* e o outro para *down*. Finalmente, no voo de traslado do N600XL, ambos os displays foram configurados em *down*, pois, segundo os próprios pilotos, eles queriam priorizar as informações de consumo de combustível no MFD (Multi-function display), uma vez que estavam sobrevoando uma região remota e extensa de selva. Isso, aliado ao fato de que a tripulação fez uso extenso de um laptop para consultar o software de peso e balanceamento, fez com que eles não percebessem a mudança na condição do TCAS após o transponder ter sido desligado inadvertidamente, conforme será discutido adiante.

Por fim, em relação aos fatores contribuintes atribuídos aos pilotos do N600XL, fica claro que a baixa consciência situacional deles é sintoma de diversas decisões e ações propagadas ao longo do sistema. Eles não possuíam a experiência necessária para o tipo de voo proposto e violaram procedimentos e etapas fundamentais dessa operação. O resultado disso, abordado pela comissão de investigação como cenário mais plausível, foi o desligamento involuntário do transponder da aeronave pelo PIC enquanto ele operava a RMU atrás das informações do sistema de combustível. Isso fez com que o ATCO perdesse a informação de radar primária da aeronave e o seu TCAS fosse desligado, de maneira que não avisou a tripulação da aeronave norte-americana e nem a do PR-GTD sobre a colisão iminente.

#### 4.4.2 O ATCO

As aeronaves envolvidas no acidente passaram por diversos órgãos e serviços de tráfego aéreo durante os seus voos, como é comum ao voar sob regras de voo por instrumentos em espaço aéreo RVSM após decolar de aeródromos controlados. GRD,

TWR, APP e ACC foram instâncias desse serviço de tráfego aéreo que tiveram contato com as aeronaves. Após a análise do relatório e elaboração do AcciMap, cabe destacar o papel do GRD SJ (Solo São José dos Campos), ACC BS (Centro Brasília) e ACC AZ (Centro Amazônico) na sua interação com o N600XL e condução do serviço de tráfego aéreo e vigilância. As decisões e ações dos controladores de tráfego aéreo contribuíram para que os pilotos da aeronave norte-americana desenvolvessem uma baixa consciência situacional em relação ao nível de voo a ser mantido. Além disso também não perceberam nos seus respectivos radares a mudança na condição do transponder da aeronave, bem como a discrepância entre o nível de voo autorizado e o nível de voo mantido pelo N600XL.

Como foi visto no nível da regulação, as TWR são operacionalmente subordinadas aos ACC. Dessa maneira, de acordo com os entrevistados pela comissão de investigação, cabia a Torre de São José dos Campos, de onde o N600XL decolou, cumprir e não questionar. Ainda, em relação as autorizações de tráfego que eram recebidas, eles deviam “nem acrescentar e nem omitir” informações. Como também foi visto, em rotas com trechos longos, as autorizações acabavam sendo transmitidas de maneira incompleta. Isso fez com que, quando o N600XL solicitou ao solo a autorização de tráfego para o voo, ela fosse transmitida sem um limite de autorização para o nível de voo 370, sem mencionar também que estava previsto o nível 360 para o restante da rota, descumprindo assim com o previsto na ICA 100-12.

Mais adiante no voo, a aeronave estava voando no setor 5 da FIR Brasília, sendo controlada pelo ATCO 1 do respectivo setor. Após isso, o N600XL entrou na área do setor 7 da FIR, e o controlador do setor 5 transferiu a aeronave para o ATCO 1 do setor 7. Essa transferência foi incompleta, uma vez que o controlador não alertou o colega e os pilotos sobre a mudança de nível de voo prevista para o N600XL, que deveria acontecer após o bloqueio do VOR BRS, descendo do FL370 para o FL360. Ainda, no momento da transferência da aeronave, o controlador do setor 5 indicou a frequência errada para os pilotos norte-americanos, atribuindo uma frequência prevista para o setor 9 da FIR (125.05MHz) e que não possuía recepção na área do setor 7. Foi apurado que, conforme previsto no Modelo Operacional do ACC-BS, quando há baixo volume de tráfego na região, alguns setores são agrupados em um único console, como era o caso dos setores 7, 8 e 9 no dia do acidente.

Foi enquanto o N600XL voava no setor 7 que os pilotos desligaram o transponder inadvertidamente enquanto mexiam na RMU à procura das informações de combustível do avião. O controlador desse setor não percebeu no seu console a mudança da condição da aeronave, que acusava a perda do modo C do transponder e uma discrepância entre o nível de voo autorizado e o nível de voo atual. A perda do modo C pode ser observada pelo plote do avião no console do controlador, que indicava a letra Z, que significa que a informação de altimetria oriunda daquela aeronave a partir daquele momento estava sendo obtida através do radar primário 3D e não mais do transponder com modo C. Ainda, a aeronave passou a ser mostrada no radar apenas por uma cruz branca e o cursor de deslocamento, diferentemente de antes, em que mostrava a cruz circundada por um círculo.

Posteriormente, o ATCO 1 encerrou seu turno e foi rendido pelo ATCO 2, transferindo os tráfegos para ele. Evidenciando sua baixa consciência situacional no momento, o controlador transferiu o N600XL para o seu colega alegando que a aeronave se encontrava no FL360. Como foi visto anteriormente, foi atribuída uma frequência errada para o N600XL, fazendo com que o ATCO 2 não conseguisse contato com a aeronave. Momentos depois, o controlador chegou a perceber que a aeronave se encontrava incomunicável pois tentou chamar ela para verificar a

condição do transponder, uma vez que viu a discrepância entre os níveis de voo e ficou com dúvidas quanto à real altitude do avião. Após, as 19:40 UTC, o ATCO ASS (assistente) que havia assumido a posição, fez a coordenação com a aeronave e a transferiu para o ACC AZ, informando que ela voava no FL360.

Observou-se que essa transferência foi incompleta, tendo em vista que não foi informado ao ACC AZ que havia dúvidas quanto a condição do transponder do N600XL, sobre qual era sua altitude exata no momento, e que os controladores estavam tendo dificuldades de comunicarem-se com os pilotos. Contudo, o controlador do ACC AZ ainda assim aceitou a aeronave, e a colisão aconteceu poucos minutos depois. Após, o N600XL reestabeleceu o transponder e apareceu no radar do controlador, já com o código 7700 (utilizado para emergências). Em seu depoimento, o controlador do Centro Amazônico disse que “não imaginou, em momento algum, que o N600XL poderia não estar no nível 360, informado por Brasília”.

#### 4.5 EQUIPAMENTOS E AMBIENTE EXTERNO

Finalmente, no último nível do sistema, encontram-se os fatores contribuintes relacionados aos equipamentos e ambiente externo à situação, totalizando dois. A comissão de investigação concluiu que ambas as aeronaves envolvidas se encontravam em condições perfeitamente operáveis, não tendo sido detectado falha em nenhum equipamento durante as ações iniciais da investigação. As hipóteses se concentraram nos RMU's e transponder do N600XL, que foram testadas em bancada na fabricante nos Estados Unidos e eximidos de qualquer defeito. Também foi concluído que a meteorologia não contribuiu de maneira alguma para a colisão entre as aeronaves e queda do PR-GTD. Logo, os dois fatores contribuintes encontrados estão divididos entre dois níveis do descritor distintos, sendo: Equipamento e Ergonomia.

Após se tornarem cientes do NOTAM de Manaus de maneira tardia, os pilotos norte americanos fizeram uso extensivo de um laptop durante o voo, por pelo menos 40 minutos, onde consultaram informações do software de peso e balanceamento da aeronave. Isso porque queriam verificar se conseguiriam pousar e decolar de lá no dia seguinte com o comprimento da pista reduzido em função das obras no aeródromo. Isso fez com que o SIC, que já não era condicionado para a função de PM, ficasse muito tempo na condição de *heads down*, deixando assim de atentar-se ao monitoramento do voo. Foi verificado na investigação que, com o laptop no colo do piloto, a tela dele impede a visão do painel à frente, ocultando os sinais do Transponder na RMU e no MFD.

Ainda em relação a RMU, foi visto que os pilotos utilizaram os seus displays configurados em *down*, priorizando as informações do combustível no MFD pois iriam passar muito tempo do voo sobrevoando uma região de mata fechada e, portanto, queriam acompanhar o consumo de combustível da aeronave. Isso fez com que as condições do transponder e do TCAS não ficassem visíveis de imediato, e influenciou para que a tripulação não percebesse que ele havia sido inadvertidamente desligado.

#### 4.6 DESFECHO

As 19:54 UTC as duas aeronaves colidiram vindo em rumos opostos na aerovia UZ6 e na mesma altitude de 37000ft. O N600XL atingiu o PR-GTD com a *winglet* da asa esquerda, que cortou cerca de um terço da asa esquerda do Boeing, que ficou incontrolável e entrou em um mergulho descendente. Por conta da forte aceleração

experenciada e alta carga G, a aeronave colapsou estruturalmente ainda no ar, vindo a colidir com o solo poucos segundos depois em uma região de mata fechada. Não houve sobreviventes.

O N600XL perdeu parte da sua *winglet* esquerda e teve parte do seu estabilizador horizontal danificado, mas conseguiu manter-se controlável aos pilotos, que pousaram em emergência no Campo de Provas Brigadeiro Veloso (SBCC). Os ocupantes saíram ilesos.

## 5 DISCUSSÃO

Conforme mencionado acima, o relatório final da investigação do acidente foi a principal fonte de obtenção dos dados para o desenvolvimento desse trabalho. Utilizando a metodologia do AcciMap, foi então elaborado um mapa do acidente, com os fatores contribuintes encontrados atribuídos a diferentes níveis do sistema sociotécnico. Ainda, esses fatores foram classificados em um sistema de categorias do tipo taxionomia, possibilitando que fosse criada uma base de dados sólida de tudo que influenciou na consumação do acidente ao longo do tempo. À época do acidente, ele foi considerado o maior na história da aviação brasileira, levando quase dois anos para ser totalmente investigado e compreendido.

Dos 28 fatores contribuintes analisados, 10 deles, representando pouco mais de 35% do total, estão no quarto nível do sistema, chamado nesse trabalho de Procedimentos Operacionais. Esse nível compreende as ações dos operadores humanos da linha de frente do sistema, ou *sharp-end*. Aos pilotos do N600XL, foram atribuídos quatro fatores contribuintes, variando entre Violações e Erros e falhas. Já aos ATCO's, foram atribuídos seis fatores contribuintes, separados entre Complacência, Violações e Erros e falhas. Segundo Werle, et al (2021) e similar a Salmon (2020), a maneira como os fatores contribuintes são distribuídos na análise de um acidente, pode indicar que houve um direcionamento na investigação. Uma vez que a colisão envolveu pilotos norte-americanos, o NTSB (*National Transportation Safety Board*), órgão dos EUA responsável pelas investigações envolvendo transportes, também analisou os fatores que levaram a consumação da tragédia, inclusive emitindo um pequeno relatório que foi anexado ao documento do CENIPA. Nele, os norte-americanos discordam de alguns aspectos significativos apontados pela investigação brasileira, que atribuiu grande parte da responsabilidade pela colisão à ExcelAire e sua gestão, bem como aos pilotos do Legacy e as suas ações. O NTSB, por exemplo, afirmou que não foi possível determinar se o planejamento (ou falta de planejamento) dos pilotos norte-americanos contribuiu para a colisão e para que eles agissem como agiram durante o voo. Ainda, o órgão apontou que o CENIPA concentrou grande parte dos seus esforços em entender o comportamento dos pilotos, ao passo que não explicou como e por que os controladores de voo envolvidos agiram como agiram. Mesmo que isso indique o supracitado direcionamento que pode ser encontrado em algumas investigações, o NTSB diz que, ainda assim, o time de investigação “não discorda substancialmente dos fatos encontrados e discutidos” presentes no relatório do CENIPA.

Ao analisar um sistema sociotécnico complexo, deve-se reforçar a necessidade de envolver o todo, compreendendo o papel desempenhado pelo governo, pelas agências reguladoras e de legislação, e pela gestão e chefes responsáveis pelas empresas envolvidas. Assim, evita-se que simplesmente seja apontada culpa aos

operadores do sistema, ainda que eles tenham sido os responsáveis pela operação no momento do acidente.

Sempre que ocorre um acidente de grande porte como o estudado, há uma pressão dos familiares das vítimas e de seguradoras para que sejam apontados culpados explicitamente, e que eles possam ser imputados pelas suas ações. Isso vai totalmente contra os interesses de uma investigação, que busca compreender o acidente e emitir recomendações de maneira a evitar que algo similar aconteça novamente, reforçando estratégias de prevenção. Entretanto, é difícil evitar que os processos criminais e judiciais acontecendo paralelamente influenciem no desdobramento da investigação. Nesse caso, a comissão de investigação brasileira foi privada de informações cruciais para a compreensão do caso, uma vez que a maioria dos controladores de voo e supervisores do ACC BS, diretamente envolvidos na ocorrência, se recusou a ser entrevistada. Ainda, os advogados da ExcelAire orientaram os funcionários da empresa que também não concedessem entrevistas diretamente ao CENIPA, apenas ao NTSB, que então repassaria as informações aos investigadores brasileiros. Por fim, a FSI, responsável pelo *ground school* e treinamento em simulador no Legacy, também se recusou a ser entrevistada pela comissão de investigação, dificultando a evolução da pesquisa nessa área.

O uso do AcciMap é adequado para essa análise, uma vez que o método foi desenvolvido com a característica de analisar todos os níveis do sistema na sua totalidade, buscando entender todas as interações entre processos técnicos e sociais, diferentemente de outros modelos de investigação que existem atualmente. Similar a outros modelos de análise sistêmica, como o FRAM (*Functional Resonance Analysis Method*) e o STAMP (*Systems Theoretic Accident Modelling and Processes*) o AcciMap parte do princípio de que, com o aumento na complexidade dos sistemas, a maior parte dos acidentes não surgiu de causas isoladas e catastróficas, mas sim como resultado de interações complexas existentes dentro da operação normal desses sistemas (UNDERWOOD; WATERSON, 2003).

Finalmente, também se verifica a justificativa da elaboração de uma taxionomia dos fatores contribuintes, presente nesse e em outros estudos citados. Por meio dela, ao invés de simplesmente expor os fatores contribuintes no mapa, consegue-se verificar mais profundamente em que categoria cada fator está incluído. Isso permite a criação de um banco de dados mais elaborado ao analisar o acidente, que pode servir como subsídio tanto para uma melhor compreensão do leitor, como para companhias que desejem analisar essas áreas internamente e até mesmo implementar políticas e medidas de correção voltadas à prevenção de fatores contribuintes similares.

## **6 CONCLUSÃO**

Esse trabalho utilizou a metodologia do AcciMap para analisar sistematicamente o acidente envolvendo as aeronaves PR-GTD e N600XL, ocorrido em 29 de setembro de 2006. Após a elaboração do mapa, foi possível identificar o papel e contribuição de cada camada do sistema sociotécnico em questão, assim como as interações entre eles que se propagaram pelo sistema e moldaram o acidente. Como já discutido, verificou-se após a elaboração do mapa que a maior parte dos fatores contribuintes se encontravam no nível de Procedimentos Operacionais, que contempla os pilotos da aeronave norte-americana e os controladores de voo brasileiros. Entretanto, isso não quer dizer que eles são os responsáveis pelo desastre, uma vez que acidentes



não ocorrer a partir de atos individuais e sim devido a interações complexas e processos entre agentes do sistema ao longo do tempo (TABIBZADEH; SHAPETI; MOKHTARI, 2019).

Esse é apenas um estudo de caso aplicando a metodologia do AcciMap ao contexto de acidentes aeronáuticos, onde foi possível verificar a sua capacidade de produzir uma análise holística dos fatos, objetivo desse trabalho, já que englobou as ações e decisões de cada nível do sistema que contribuíram para o acidente. Empresas e operadores que atuem dentro da natureza complexa da aviação podem se beneficiar desse estudo para melhor compreensão de como falhas sistêmicas se originam e modelam um acidente, bem como criar uma base de dados de fatores contribuintes, por exemplo. Assim, podem direcionar estratégias de prevenção voltadas a essas áreas e outros departamentos e agentes que julgarem mais importantes.

Embora a maior parte dos fatores contribuintes esteja presente nos níveis operacionais do sistema, outros estão dispostos em níveis superiores, externos às organizações, níveis esses que dizem respeito ao governo e as agências reguladoras. Isso reforça o fato de que em uma análise, esses níveis devem ser compreendidos, para que possa ser elaborada a cadeia de fatores e a sua influência na consumação do acidente. Caso contrário, informações importantes podem deixar de ser consideradas ou até mesmo esquecidas.

Uma limitação desse estudo é o fato de que foi usada apenas uma fonte de análise para obtenção dos fatores contribuintes. Isso fez com que, mesmo que o mapa expresse a compreensão do autor a respeito do acidente, a análise dele foi feita sob os olhos do CENIPA, de maneira que reflete a sua interpretação e descrição dos acontecimentos. Outra limitação reside no fato de que foi elaborado apenas um mapa a respeito do acidente, sem que fossem consultados outros autores, e que não foi comparado a nenhum outro do tipo.

Por fim, mesmo com as limitações supracitadas, foi possível criar uma taxionomia dos fatores contribuintes do caso, os organizando de acordo com o nível do sistema e característica, numa espécie de banco de dados. Ainda, foi elaborado um AcciMap completo do caso em questão, distribuindo os fatores e destacando suas interações em todos os níveis do sistema, possibilitando a análise holística previamente objetivada e a visualização do acidente de maneira gráfica e consequente compreensão.

## REFERÊNCIAS

BRANFORD, Kate. An investigation into the validity and reliability of the AcciMap approach. 2007. Thesis (Doctor in Philosophy) – Australian National University, Canberra, Feb. 2007. Disponível em: <https://openresearch-repository.anu.edu.au/handle/1885/109321> DOI: 10.25911/5d77873ea2940. Acesso em: 10 junho 2022

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. **Relatório Final PR-GTD e N600XL. A-022/CENIPA/2008**. Brasília, 2008. Disponível em: [https://sistema.cenipa.aer.mil.br/cenipa/paginas/relatorios/rf/pt/PR\\_GTD\\_N600XL\\_29\\_09\\_06.pdf](https://sistema.cenipa.aer.mil.br/cenipa/paginas/relatorios/rf/pt/PR_GTD_N600XL_29_09_06.pdf) Acesso em: 10 jul. 2022.

DEKKER, Sidney. **The field guide to understanding 'human error'**. 3rd ed. Boca Raton: CRC Press, 2014. 219 p.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas S.A, 2002. 176 p.

GOODE, Natassia *et al.* Developing a contributing factor classification scheme for Rasmussen's AcciMap: Reliability and validity evaluation. **Applied Ergonomics**, [s. l.], v. 64, p. 14-26, May 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S000368701730100X>. Acesso em: 28 maio 2022.

IGENE, Oseghale Osesua; JOHNSON, Christopher W.; LONG, Jenny. An evaluation of the formalised AcciMap approach for accident analysis in healthcare. **Cognition, Technology & Work**, [s. l.], v. 24, p. 161-181, Feb. 2021. DOI <https://doi.org/10.1007/s10111-021-00669-w>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10111-021-00669-w>. Acesso em: 28 abr. 2022.

RASMUSSEN, Jens. Risk management in a dynamic society: a modelling problem. **Safety Science**, [s. l.], v. 27, p. 183-213, Nov./Dec. 1997. DOI [https://doi.org/10.1016/S0925-7535\(97\)00052-0](https://doi.org/10.1016/S0925-7535(97)00052-0). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925753597000520>. Acesso em: 28 abr. 2022.

RASMUSSEN, Jens; SVEDUNG, Inge. **Proactive risk management in a dynamic society**. 1. ed. Karlstad, [s. n.], 2000. 160 p. Disponível em: <https://rib.msb.se/Filer/pdf/16252.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2022.

SALMON, Paul *et al.* The big picture on accident causation: a review, synthesis and meta-analysis of AcciMap studies. **Safety science**, Maroochydore, v. 126, Feb. 2020. DOI: <https://doi.org/10.4000/pistes.3793>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925753520300473>. Acesso em: 28 abr. 2022.

SVEDUNG, Inge; RASMUSSEN, Jens. Graphic representations of accident scenarios: mapping system structure and the causation of accidents. **Safety science**, Karlstad. v. 40, ed. 5, 2002.

TABIBZADEH, Maryam; SHAPETI, Vivek; MOKHTARI, Mohammad. Systematic investigation of the Asiana Airlines 214 air crash using the AcciMap methodology. **Human Factors and Ergonomics Society**, [s. l.], v. 63, p. 606-610, Nov. 2019. DOI <https://doi.org/10.1177/1071181319631055>. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/1071181319631055>. Acesso em: 4 jul. 2022.

UNDERWOOD, Peter; WATERSON, Patrick. Systems thinking, the Swiss Cheese Model and accident analysis: a comparative systemic analysis of the Grayrigg train derailment using the ATSB, AcciMap and STAMP models. **Accident analysis and prevention**, Leicestershire, v. 68, p. 75-94, Aug. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aap.2013.07.027>. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0001457513002959>. Acesso em: 28 abr. 2022.

USA. U.S DEPARTMENT OF TRANSPORTATION. Federal Aviation Administration. **Advisory Circular No 120-71A**. STANDARD OPERATING PROCEDURES FOR FLIGHT DECK CREWMEMBERS. [s. l.], Feb. 2003. Disponível em: [https://www.faa.gov/regulations\\_policies/advisory\\_circulars/index.cfm/go/document.information/documentid/23216](https://www.faa.gov/regulations_policies/advisory_circulars/index.cfm/go/document.information/documentid/23216). Acesso em: 15 ago. 2022

VESEL, Crista. Agentive language in accident investigation: why language matters in learning from events. **ACS Chemical Health & Safety**, [s. l.], v. 27, p. 34-39, Jan. 2020. DOI <https://doi.org/10.1021/acs.chas.0c00002>. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/acs.chas.0c00002>. Acesso em: 25 abr. 2022.

WATERSON, Patrick *et al.* 'Remixing Rasmussen': the evolution of Accimaps within systemic accident analysis. **Applied Ergonomics**, [s. l.], v. 59, p. 483-503, Sep. 2016. DOI <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2016.09.004>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003687016302010>. Acesso em: 28 abr. 2022.

WERLE, N. J. B. *et al.* Uma perspectiva sobre investigações de acidentes na indústria de óleo e gás. *In*: CONGRESSO INTERNACIONAL DE CONHECIMENTO E INOVAÇÃO – CIKI, 11., 2021, Maringá. **Anais [...]**. Maringá: Unicesumar, 2021. Disponível em: <https://proceeding.ciki.ufsc.br/index.php/ciki/article/view/1203>. Acesso em: 6 nov. 2022.

WOO, Dennis M.; VICENTE, Kim J. Sociotechnical systems, risk management, and public health: comparing the North Battleford and Walkerton outbreaks. **Reliability Engineering & System Safety**, [s. l.], v. 80, p. 253-269, Feb. 2003. DOI [https://doi.org/10.1016/S0951-8320\(03\)00052-8](https://doi.org/10.1016/S0951-8320(03)00052-8). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0951832003000528>. Acesso em: 28 abr. 2022.

