

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

LUCIANO VENDRUSCULO

**USO DE DRONES PARA INSPEÇÃO VISUAL DE SISTEMAS DE PROTEÇÃO
CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS EM PLANTAS DE ARMAZENAMENTO
DE GRÃOS**

MEDIANEIRA

2023

LUCIANO VENDRUSCULO

**USO DE DRONES PARA INSPEÇÃO VISUAL DE SISTEMAS DE PROTEÇÃO
CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS EM PLANTAS DE ARMAZENAMENTO
DE GRÃOS**

**USE OF DRONES FOR VISUAL INSPECTION OF PROTECTION SYSTEMS
AGAINST ATMOSPHERIC DISCHARGE IN GRAIN STORAGE PLANTS**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentada como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia de Produção da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).
Orientador: Prof. Me. Peterson Diego Kunh.

MEDIANEIRA

2023



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Esta licença permite download e compartilhamento do trabalho desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es), sem a possibilidade de alterá-lo ou utilizá-lo para fins comerciais. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

LUCIANO VENDRUSCULO

**USO DE DRONES PARA INSPEÇÃO VISUAL DE SISTEMAS DE PROTEÇÃO
CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS EM PLANTAS DE ARMAZENAMENTO
DE GRÃOS**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia de Produção da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 28 de junho de 2023.

Peterson Diego Kunh
Professor Mestre
Universidade Tecnológica Federal do Paraná - *Campus* Medianeira

Carlos Aparecido Fernandes
Professor Doutor
Universidade Tecnológica Federal do Paraná - *Campus* Medianeira

Neron Alípio Cortes Berghauser
Professor Doutor
Universidade Tecnológica Federal do Paraná - *Campus* Medianeira

MEDIANEIRA

2023

Dedico este trabalho à minha família, aos meus amigos, aos professores e a todos que fizeram parte desta jornada, tornando todo este processo algo dinâmico e agradável.

Tudo o que não puder contar como fez, não faça,
porque se há razões para não contar,
essas são as razões para não fazer.

Mário Sérgio Cortella

RESUMO

Este trabalho aborda o desenvolvimento de um método voltado para a utilização de drones como ferramentas para auxiliar no processo de inspeção de sistemas de proteção contra descargas atmosféricas, localizados em plantas de armazenamento de grãos. Levando em conta o crescimento do setor da produção de cereais, verifica-se o crescimento do número de empresas prestadoras de serviços pós-colheita, possuindo cada uma delas um elevado valor monetário concentrado em sua estrutura. Como as plantas de armazenamento apresentam uma predominância em estruturas metálicas, mostra-se importante a tomada de medidas de proteção contra descargas atmosféricas, prezando assim pela segurança dos equipamentos e pessoas envolvidas. Os sistemas de proteção contra descargas atmosféricas, também conhecidos como SPDA, são compostos por múltiplos elementos que necessitam de inspeção visual com determinada periodicidade, garantindo assim seu funcionamento e eficiência. A inspeção deste tipo de sistema envolve uma série de atividades que visam identificar avarias, como oxidação, ferrugem, rompimentos de cabos, problemas nos isoladores, dentre outros, sendo todas elas enquadradas como atividade em altura. Em meio aos incidentes registrados na etapa de pós-processamento e armazenamento de grãos, queda em altura durante atividades de inspeção ocupam o segundo lugar, estando atrás apenas de incidentes com engolfamento. Com o intuito de prevenir este tipo de ocorrência, foi proposto nesta pesquisa a utilização de drones como substitutos para os colaboradores nas atividades de inspeção visual de sistemas de SPDA das estruturas. Realizou-se o levantamento da atual literatura relacionada ao assunto e das normas, órgãos fiscalizadores e pré-requisitos para a utilização deste tipo de ferramenta em território nacional. De modo a provar a eficiência do método proposto foi desenvolvido um checklist com os principais pontos de conferência, tendo sido este validado por meio da aplicação prática em uma unidade de armazenamento de grãos localizada no Oeste do Paraná. Onde foram identificados os pontos necessitados de ações corretivas, permitindo assim o planejamento e direcionamento das atividades de correção apenas aos pontos onde realmente se mostraram necessárias. Sendo identificadas no processo algumas características positivas, como, a grande agilidade no processo e redução da exposição ao risco de queda em altura; e algumas negativas, como o alto valor dos equipamentos utilizados e a necessidade de um profissional com treinamento para evitar a colisão com os cabos de sustentação das estruturas.

Palavras-chave: para-raios; VANT; planejamento; trabalho em altura.

ABSTRACT

This work addresses the development of a method focused on the use of drones as tools to assist in the inspection process of lightning protection systems located in grain storage plants. Taking into account the growth of the cereal production sector, there has been an increase in the number of post-harvest service providers, each of them having a high monetary value concentrated in their structure. As storage plants predominantly consist of metallic structures, it is important to take measures to protect against lightning strikes, thus ensuring the safety of the equipment and people involved. Lightning protection systems, also known as SPDAs, are composed of multiple elements that require visual inspection at certain intervals to ensure their functioning and efficiency. The inspection of this type of system involves a series of activities aimed at identifying damages such as oxidation, rust, cable breaks, problems with insulators, among others, all of which are classified as working at heights. Among the incidents recorded in the post-processing and grain storage stage, falls from heights during inspection activities rank second, second only to incidents involving engulfment. In order to prevent this type of occurrence, the use of drones was proposed in this research as substitutes for employees in visual inspection activities of SPDAs. The current literature related to the subject, as well as the regulations, oversight bodies, and prerequisites for the use of this type of tool in the national territory, were surveyed. In order to prove the efficiency of the proposed method, a checklist was developed with the main points of inspection, which was validated through practical application in a grain storage unit located in the Western region of Paraná. The points requiring corrective actions were identified, allowing for planning and directing corrective activities only to the points where they were really needed. After the validation of the proposed method, several characteristics were identified, some positive, such as the great agility in the process and reduction of exposure to the risk of falling from heights, and some negative, such as the high cost of the equipment used and the need for a well-trained professional to avoid collision with the support cables of the structures.

Keywords: lightning protection; UAV; planning; working at heights.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação área de proteção Franklin.....	18
Figura 2 – Representação esferas rolantes.....	19
Figura 3 – Representação método das malhas.....	19
Figura 4 – Gráfico de incidência para os artigos encontrados.....	27
Figura 5 – Esquema para inspeção	33
Figura 6 - Checklist preenchido durante o processo de inspeção.....	39
Imagem 1 - Drone Mavic Pro Djl.....	29
Imagem 2 – Selo ANATEL.....	31
Imagem 3 – Número de identificação do equipamento usado na pesquisa	32
Imagem 4 - Unidade de armazenamento	37
Imagem 5 - Torre do elevador com realce para Haste de Franklin.	37
Imagem 6 – Cobertura do galpão com realce para o cabo da Gaiola de Faraday.	38
Imagem 7 – Haste de Franklin com destaque para ferrugem e ausência de lâmpada de segurança.	40
Imagem 8 – Isolador da Gaiola de Faraday com destaque para ferrugem.....	40
Imagem 9 – Rufo de alumínio com destaque para o contato da Gaiola de Faraday com a estrutura.....	41
Imagem 10 – Recorte de imagem do elevador com destaque para área de contato do cabo da Haste de Franklin.....	41
Imagem 11 – Corpo do elevador de grãos com destaque para o único isolador presente no sistema de descida.	42
Quadro 1 - Palavras-chave e sinônimos usados na pesquisa.....	25
Quadro 2 – Configuração das combinações escolhidas para a pesquisa	26
Quadro 3 – Dez primeiros na classificação Rankin	27
Quadro 4 - Classificação de riscos.....	34
Quadro 5 - Níveis de risco	35
Quadro 6 - Avaliação de risco operacional	35
Tabela 1 – Número de correspondências por combinação de palavras chave em cada banco de dados.....	26

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
1.1	Objetivos	10
1.1.1	Objetivo Geral	10
1.1.2	Objetivos Específicos	11
2	REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1	Drones e aeronaves não tripuladas	12
2.1.1	Geração e distribuição de energia elétrica	13
2.1.2	Construção civil	13
2.1.3	Agricultura e demais áreas	14
2.2	Regulamentação	14
2.2.1	ANATEL - Agência Nacional de Telecomunicações	15
2.2.2	ANAC - Agência Nacional de Aviação Civil	16
2.2.3	DECEA - Departamento de Controle do Espaço Aéreo	17
2.3	Sistemas de proteção contra descargas atmosféricas	17
2.3.1	Normas aplicáveis	20
2.3.2	Aspectos importantes da inspeção visual	21
3	MATERIAIS E MÉTODOS	22
3.1	Local do estudo	22
3.2	Classificação metodológica	23
3.2.1	Abordagem	23
3.2.2	Natureza	24
3.2.3	Objetivos	24
3.2.4	Procedimentos	24
3.3	Levantamento do atual estado da literatura	25
3.3.1	Methodi Ordinatio	25
3.4	Checklist de inspeção	28
3.5	Equipamento utilizado	29
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
4.1	Procedimento para regulamentação	31
4.1.1	Documentos necessários durante a operação	33
4.2	Planejamento e aplicação do modelo de inspeção	33
4.2.1	Atividades preliminares à inspeção	34
4.2.2	Análise de riscos	34

4.2.3	Inspeção utilizando o checklist	36
4.2.4	Análise dos dados	39
4.2.5	Ações corretivas	42
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	44
	REFERÊNCIAS	46
	ANEXO A – AVALIAÇÃO DE RISCO OPERACIONAL	51
	APÊNDICE A -	
	CH
	ECKLIST PARA INSPEÇÃO DE SPDA	56

1 INTRODUÇÃO

A cultura de segurança ocupacional tem se enraizado cada vez mais nas atividades industriais, em especial no setor da agroindústria, que usa a evolução tecnológica como grande aliada para conciliar produtividade, agilidade e segurança, proporcionando um ambiente compatível à realização das tarefas rotineiras de maneira otimizada. Neste contexto, o uso de veículos aéreos não tripulados se apresenta como excelente alternativa para inspeção de estruturas e planejamento de atividades em altura.

Com a crescente expansão do mercado mundial de grãos, o agronegócio se tornou um dos setores de destaque, principalmente no período pós pandemia, por meio da produção de alimentos. Observa-se que em meio a tal crescimento, ocorreu um aumento no número de acidentes de trabalho relacionados aos setores de prestação de serviços pós-colheita (BELLOCHIO; CORADI, 2022).

Dentre as ocorrências registradas na etapa de pré-processamento e armazenamento, os incidentes envolvendo quedas de estruturas em atividades de inspeção e manutenção de máquinas de limpeza, elevadores, transportadores e silos ocupam a segunda posição no índice de maior frequência, ficando somente atrás de acidentes relacionados a aprisionamento ou engolfamento (BELLOCHIO; CORADI, 2022).

Levando em conta a velocidade da evolução tecnológica, mostra-se necessário o desenvolvimento de novos métodos para controlar e reduzir os riscos de queda em altura, uma vez que as técnicas tradicionais de prevenção existentes não demonstram avanços equivalentes para acompanhar os riscos presentes em um ambiente de trabalho dinâmico contemporâneo (ZULUAGA; ALBERT; WINKEL, 2020).

Tratando-se de estabelecimentos voltados à prestação de serviços relacionados a atividades pós-colheita, é verificável a presença de inúmeras estruturas metálicas com altura significativa como silos, elevadores, armazéns, torres, cabos e fios necessários para a sustentação destas.

Sendo assim, a Norma de Procedimento Técnico nº 27-2 do Corpo de Bombeiros do Estado do Paraná (2020) estabelece a obrigatoriedade da instalação de um Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA) em estabelecimentos do ramo, de modo a prevenir danos e acidentes aos colaboradores

envolvidos, uma vez que estes locais são caracterizados pelo armazenamento de uma vasta gama de produtos com alto valor agregado além de apresentarem grande quantia de poeira vegetal decorrente dos processos empregados, o que leva a um elevado risco de incêndio devido à sua inflamabilidade (PARANÁ, 2020).

A NBR:5419/2015 – Proteção contra descargas atmosféricas, estabelece dentre suas qualificações a periodicidade mínima para realização de inspeções nos sistemas de SPDA, devendo ser realizada quando houver suspeitas de que a estrutura foi atingida por uma descarga e semestralmente de forma visual. Levando em conta a Norma Regulamentadora nº 35 (NR-35), todo trabalho em altura deve ser precedido de uma análise de risco. Mantendo o contexto, Lopes et al. (2020) retrata a respeito do crescente uso de veículos aéreos não tripulados no reconhecimento e mapeamento de riscos, tornando-os uma ferramenta de grande utilidade na prevenção de acidentes (ABNT, 2015; BRASIL, 2019).

De modo a conciliar tecnologia, produtividade e segurança, pretende-se demonstrar as vantagens do emprego de drones no planejamento e execução de inspeções em sistemas de proteção contra descargas atmosféricas - SPDA, desenvolvendo e validando um procedimento que permita a análise da estrutura, possibilitando ao setor de manutenção direcionar seus esforços para pontos específicos e reduzindo o tempo de exposição aos riscos da atividade.

1.1 Objetivos

O objetivo deste projeto foi estabelecer um modelo, por meio de *checklist*, para o emprego de drones na análise visual das condições de conservação dos componentes de sistemas de proteção contra descargas atmosféricas, localizados em estruturas de armazenamento de grãos, visando coletar informações relevantes para a elaboração da análise preliminar de riscos e planejamento das atividades em altura.

1.1.1 Objetivo Geral

Reduzir os riscos de queda em altura durante o processo de execução das manutenções em sistemas de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA's), por meio do uso de drones.

1.1.2 Objetivos Específicos

- a) Identificar os pré-requisitos operacionais para utilizar drones durante a inspeção de SPDA's;
- b) Desenvolver um *checklist* para realizar a inspeção dos SPDA's pautado na legislação;
- c) Aplicar e validar o modelo através da inspeção em uma estrutura de armazenagem de grãos de modo a permitir o planejamento das atividades em altura, priorizando a eliminação de riscos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta etapa serão abordados os conteúdos e materiais utilizados no embasamento teórico da pesquisa, englobando a regulamentação dos equipamentos, as utilizações dos drones e as normas que influem para a realização do projeto a ser desenvolvido.

2.1 Drones e aeronaves não tripuladas

A utilização de veículos aéreos para aplicações industriais remonta ao século XIX, quando em 1860, balões eram usados para tirar fotos para fins de sensoriamento remoto. Por meados do início da Primeira Guerra Mundial, foram criados os torpedos aéreos, tidos até hoje como a origem dos drones. Desde então, a atenção à pesquisa e desenvolvimento destes equipamentos tem apresentado significativo aumento, atingindo comunidades acadêmicas e industriais em todo o mundo (SHAHMORADI et al., 2020).

O uso de aeronaves não tripuladas teve um crescimento sem precedentes em ampla classe de manufaturas, incluindo principalmente a comercial e militar. Com base nas exigências específicas de cada missão a maioria dos projetistas visa aperfeiçoar o funcionamento aerodinâmico de seu projeto para fornecer maior carga útil, potência e alcance (SIDDIQI; LEE, 2022).

As operações deste tipo são compostas basicamente por três elementos, uma aeronave não tripulada, uma estação de controle em solo e um *link* de comunicação entre os dois. Normalmente, a estação de controle de solo serve como *gateway* de comunicação com uma tela de visualização de transmissão ao vivo da câmera, o que possibilita a obtenção de dados em tempo real, auxiliando e otimizando inúmeras atividades rotineiras (BUTCHER et al., 2021).

Devido a sua grande mobilidade e ao fato de não estar diretamente ligado a fios e outros dispositivos que limitem seu alcance, a utilização de drones se mostra uma grande aliada na realização de diversas atividades vinculadas às mais diversas áreas, sendo identificada uma maior frequência em inspeções de redes de distribuição de energia, plantas de geração eólica e solar, fachadas de prédios, atividades relacionadas a agricultura de precisão e geomapeamento, dentre muitas outras, conforme será detalhado a seguir.

2.1.1 Geração e distribuição de energia elétrica

No âmbito da geração de energia fotovoltaica, a associação do uso de VANT's juntamente a técnicas de gestão e inspeção por termografia infravermelha, tem se mostrado algo promissor, uma vez que a manutenção adequada aumenta a eficiência e a produção de energia, sendo uma forma eficaz de evitar, reparar ou atenuar os efeitos de possíveis falhas e mecanismos de degradação (RAMÍREZ; MARUGÁN; MÁRQUEZ, 2022).

As aeronaves não tripuladas apresentam também uma contribuição no desenvolvimento de técnicas automatizadas, utilizadas no monitoramento de parques eólicos *offshore*, onde o dispositivo atrelado a sensores LiDAR®, ondas milimétricas ou termográficos, podem monitorar as condições das turbinas. Tendo como justificativa o significativo incremento na matriz energética mundial, o crescente número de unidades geradoras e a dificuldade de inspeção das mesmas devido às condições do local de instalação (CHUNG *et al.*, 2021).

Devido ao rápido desenvolvimento do setor energético os tradicionais métodos de inspeção manual não são suficientemente eficazes de modo a suprir as necessidades da rede, sendo assim muitos estudos relacionados ao uso de drones podem ser observados na área de linhas de transmissão, sendo estes voltados ao desenvolvimento e aplicação de técnicas para identificação de rotas ideais e inspeção autônoma de isoladores, buscando proporcionar uma maior agilidade no processo (HE; ZENG; HU, 2019; MA *et al.*, 2021; AHMED; MOHANTA; SANYAL, 2022; YIN *et al.*, 2022).

2.1.2 Construção civil

Diversos são os relatos presentes na literatura sobre a utilização de veículos aéreos não tripulados no campo da Engenharia Civil, dentre eles tem-se a aplicação de métodos de *deep learning*, associados a técnicas de captura de imagens na automação da avaliação de defeitos decorrentes da umidade em estruturas; modelos para detecção e avaliação de rachaduras em tanques; inspeção de manifestações patológicas e rachaduras em fachadas com revestimento cerâmico; e procedimentos de investigação para estruturas tradicionais de madeira (MOSAVI, 2019; JEONG *et al.*, 2020; PEREZ; WU *et al.*, 2020; TAH; BALLESTEROS; JUNIOR, 2021).

De modo a maximizar os resultados obtidos, Tan et al. (2021) propõem um método de unificação do UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) e BIM (*Building Information Modeling*) de modo a resultar em uma inspeção de superfície de construção mais eficiente, precisa e segura.

2.1.3 Agricultura e demais áreas

No setor agrícola a utilização de drones vem ganhando espaço na realização de diversas atividades, como geomapeamento, controle de pragas, análise do solo, dentre outras aplicações, devido principalmente à suas características de operação, que possibilitam o desenvolvimento de análises não destrutivas do terreno em um tempo significativamente menor.

Tan et al., (2022) abordaram em sua pesquisa a combinação das tecnologias UAV e algoritmos de aprendizado de máquina, de modo a explorar maneiras eficientes e robustas de detectar os três principais estágios de crescimento de mudas de arroz. Seguindo a mesma ideologia Miura et al., (2021), desenvolveram uma metodologia associando tais equipamentos com sensores LiDAR®, com o viés de classificar as espécies de gramíneas presentes em um dique da região pesquisada.

Paralelamente aos temas até aqui mencionados algumas outras aplicações presentes na literatura são passíveis de destaque, uma vez que apresentam grande contribuição em questões de importância e interesse geral, sendo elas, o uso de produtos de fotogrametria para detecção semiautomática e classificação de danos em estradas afetadas por deslizamentos de terra; identificação de parâmetros de voo para detecção buracos em pavimentos; e contagem de multidões (ROMERO-CHAMBI et al., 2020; HOU et al., 2021; NAPPO et al., 2021).

Independentemente de sua aplicação, os drones podem tornar os processos mais rápidos e ágeis, melhorando a precisão, a segurança e a relação custo-benefício, tendo como consequência, o uso comercial associado a vastas oportunidades econômicas, dentre quais pode-se citar a inspeção de estruturas de armazenagem, analisada nesta pesquisa (KITONSA; KRUGLIKOV, 2018).

2.2 Regulamentação

Atualmente a responsabilidade de regulamentação dos drones em território nacional está dirigida a três principais órgãos, ANATEL (Agência Nacional de

Telecomunicações), ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil) e o DECEA (Departamento de Controle do Espaço Aéreo), cabendo primordialmente a cada um deles fiscalizar no âmbito da vigência de suas normas o cumprimento dos requisitos mínimos para a utilização de tais equipamentos.

2.2.1 ANATEL - Agência Nacional de Telecomunicações

Fundada em 1997 com o intuito de implantar um modelo de comunicação, fomentando a grande concorrência e garantindo um justo comércio dos serviços para a população no geral. É tida como uma autarquia federal, com o papel de criar, editar e padronizar normas com o intuito de fiscalizar e moderar infrações ligadas aos setores de radiofrequência e telecomunicação.

De acordo com o Art. 86º da Resolução nº 715, de 23 de outubro de 2019, cabe à Anatel a promoção de ações educativas com a finalidade de informar a respeito da importância do uso de produtos homologados, assim como estimular a divulgação de iniciativas públicas e privadas que visem combater o uso de produtos de telecomunicação clandestinos (ANATEL, 2019).

Apresenta em seu Art. 2º da Resolução nº 671, de 3 de novembro de 2016, os principais objetivos da regulamentação de radiofrequências, estando entre eles a garantia ao acesso de serviços de telecomunicações e radiodifusão a toda a população, de modo a promover o desenvolvimento nacional, democratizando o acesso ao espectro de radiofrequências, servindo aos setores de segurança e defesa, permitindo assim o desenvolvimento de pesquisas científicas e viabilizando a exploração dos serviços de informação em território nacional (ANATEL, 2016).

Os equipamentos produzidos em território nacional quando em conformidade com as regras dispostas pela ANATEL, possuem sua frequência homologada pelo órgão ao sair da fábrica, sendo possível verificar por meio da existência de um selo de aprovação presente geralmente na região da bateria do dispositivo. Por outro lado, quando adquiridos em países estrangeiros a presença de tal certificação pode não estar presente, sendo necessário recorrer ao órgão regulamentador, solicitando uma avaliação com a finalidade de homologação, tornando assim o dispositivo apto a operar no espectro de radiofrequência nacional.

2.2.2 ANAC - Agência Nacional de Aviação Civil

Criada em 2005, com início de suas atividades no ano de 2006, como substituta ao Departamento de Aviação Civil (DAC), é tida como uma autarquia federal de regime especial, estando vinculada juntamente ao Ministério dos Portos e Aviação Civil. Tem como principais objetivos a fiscalização e normatização de atividades relacionadas a infraestrutura aeronáutica, aeroportuária e de aviação civil, englobando a aprovação de aeronaves (tripuladas ou não), empresas, oficinas, fabricantes, aeródromos, escolas e profissionais.

O Regulamento Brasileiro da Aviação Civil Especial (RBAC-E) nº24, Emenda nº2 (ANAC, 2021), apresenta uma abordagem direta dos requisitos gerais para aeronaves não tripuladas, buscando estabelecer condições de operação em território nacional, objetivando a promoção de um desenvolvimento seguro e sustentável para o setor, levando em conta o crescente desenvolvimento destas tecnologias.

Classifica o RPA com base no seu peso máximo de decolagem (PMD); sendo de classe 1, quando com capacidade superior a 150kg; classe 2, entre 25kg e 150kg; e como classe 3, para aqueles com PMD inferiores ou iguais a 25kg (ANAC, 2021).

Atribui ao piloto no comando da aeronave não tripulada a autoridade final pela operação, assim como, toda a responsabilidade sobre a condução segura e consequências decorrentes de possíveis acidentes ou avarias (ANAC, 2021).

Devendo o operador obrigatoriamente ter mais de 18 anos; em casos de utilização de equipamentos classe 1 ou 2, será necessário possuir um Certificado Médico Aeronáutico (CMA) de 3ª classe emitido pelo Comando da Aeronáutica ou CMA de 1ª, 2ª ou 5ª classe válido; caso desejado atuar em operações acima do nível dos 400 pés ou com dispositivos de classe 1 ou 2, também será requisitado a existência de licença e habilitação fornecida pela ANAC (ANAC,2021).

Ressaltando que a operação de uma RPA cujo PMD seja superior a 250g somente será permitida se em todo o período de execução estiverem disponíveis os seguintes documentos, Certidão de Cadastro emitida pelo Sistema de Aeronaves não Tripuladas (SISANT), Certificado de Matrícula ou de Marca Experimental, quando aplicáveis; certificado de aeronavegabilidade, se aplicável; manual de voo; apólice ou certificado de seguro, quando aplicável; avaliação de risco; habilitação, licença e extrato do CMA, se aplicáveis de acordo com as normas do regulamento (ANAC, 2021).

2.2.3 DECEA - Departamento de Controle do Espaço Aéreo

Responsável pelos sistemas de navegação, viabilização e ordenação de fluxo do espaço aéreo, é um órgão subordinado ao Comando da Aeronáutica, que tem como principal atribuição a gestão do Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro (SISCEAB), sendo composto por outras 13 organizações, onde juntas executam atividades que visam garantir o cumprimento das atribuições e metas impostas.

Redigida em 22 de maio de 2020, entrando em vigor em 01 de julho do mesmo ano, a ICA-100-40 do Departamento de Controle do Espaço Aéreo tem como objetivo estabelecer normas com relação à utilização do espaço aéreo por drones, assim como fixar regras e imposições a serem cumpridas pelo operador e também pelo equipamento, de modo a garantir a segurança da operação e dos demais em seu entorno (DECEA, 2020).

Atribui ao piloto a responsabilidade sobre a observância e cumprimento das normas impostas nos regulamentos da aviação nacional, levando em conta o enquadramento do equipamento como aeronave, independente do fato de possuir ou não um operador físico presente em seu interior, ficando suscetível as punições e penalidades aplicáveis (DECEA, 2020).

Firmando também que o acesso ao Espaço Aéreo Brasileiro por meio de dispositivos não tripulados, poderá somente ocorrer mediante emissão de uma autorização especial, concedida pelo Órgão Regional do DECEA responsável pela área em questão. Porém, em casos em que os parâmetros de voo atendem de maneira fiel as imposições de segurança, não oferecendo riscos a operações e indivíduos terceiros, pode-se apenas realizar o informe da operação de maneira direta por meio do Sistema SARPAS (DECEA, 2020).

Outro fator primordial a ser considerado está relacionado ao planejamento prévio das atividades, uma vez que requisição de voos realizados entre 100ft e 400ft ou distantes até 9km de aeródromos estará sujeita a avaliação dos membros e órgãos competentes, devendo ser comunicada com antecedência mínima de 18 dias corridos, podendo ser negada caso julgado necessário (DECEA, 2020).

2.3 Sistemas de proteção contra descargas atmosféricas

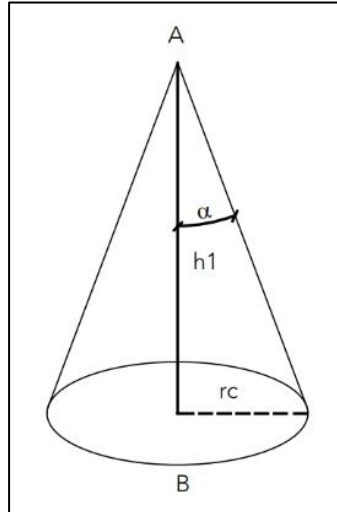
Atualmente não existem métodos ou dispositivos capazes de alterar, manipular ou prevenir a ocorrência de fenômenos climáticos como descargas

atmosféricas, desta forma, mostra-se necessária a aplicação de técnicas e medidas para reduzir os riscos e danos gerados por tais condições tanto para estruturas e equipamentos, como para pessoas e animais presentes nas proximidades do local.

Vale ressaltar que o sistema de captação pode ser composto por um ou mais métodos de proteção combinados, dentre os existentes três demonstram grande eficiência no cumprimento de seu papel, são eles: o Método do ângulo de proteção também conhecido como Método de Franklin; Método das esferas rolantes; e Método das malhas ou Método da gaiola de Faraday (SOUZA et al., 2020).

Desenvolvida por Benjamin Franklin e comprovada pelo francês Thomas François D'Alibard no ano de 1752, o método do Ângulo de proteção consistia inicialmente em aproximar uma haste metálica aterrada a uma nuvem de tempestade. Sendo assim, foi possível observar que ao atingir a haste o raio era conduzido pelo cabo de aterramento, estabelecendo desta forma o princípio inicial para o desenvolvimento de para-raios, sendo possível observar sua área de proteção por meio da Figura 1 (SOUZA et al., 2020).

Figura 1 – Representação área de proteção Franklin



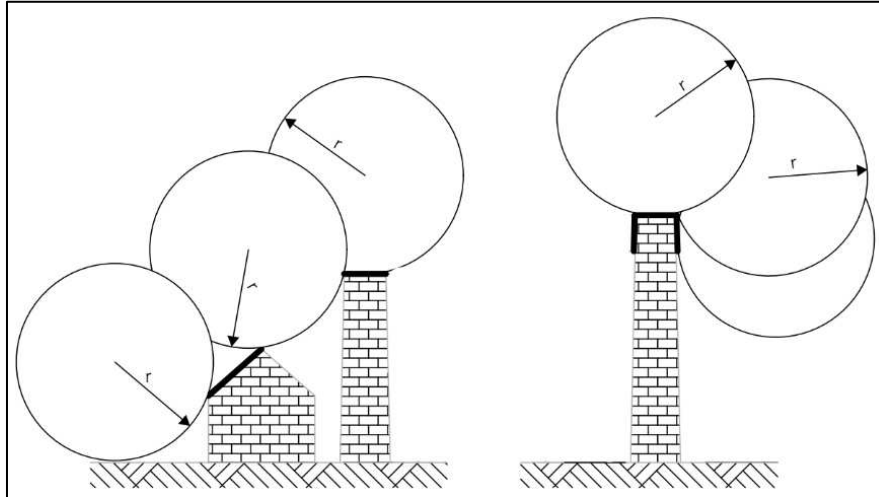
Fonte: Adaptado de ABNT:NBR 5419 (2015).

Seguindo a representação da Figura 1, o ponto A representa a ponta da haste; B o plano de referência; h_1 a altura do cone; α o ângulo, podendo variar de acordo com a classe do SPDA; e rc o raio do cone.

O Método das esferas rolantes apresenta grande utilização em estruturas com elevada altura ou em obras com geometria complexa. Consiste basicamente em uma esfera “fictícia” rolando por toda a extensão da estrutura, sendo considerada sua

posição como adequada, quando em momento algum a esfera tocar pontos do corpo a ser protegido, observe Figura 2 (SOUZA et al., 2020).

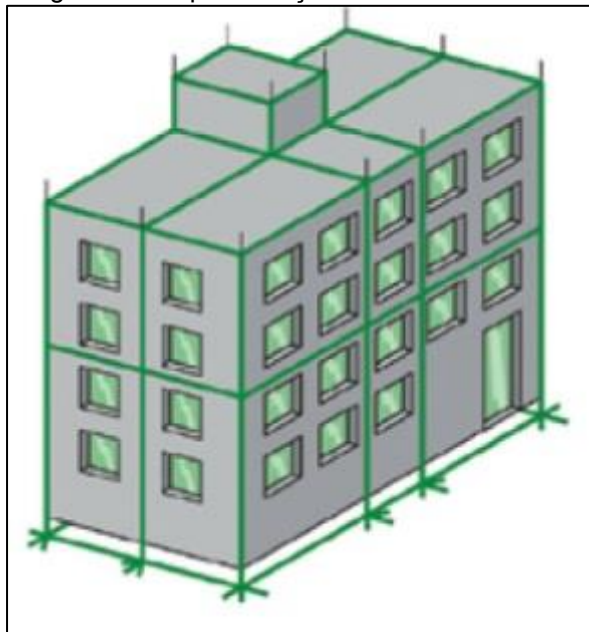
Figura 2 – Representação esferas rolantes



Fonte: Adaptado de ABNT:NBR 5419 (2015).

Já o Método da gaiola de Faraday, Figura 3, é constituído por uma longa malha captora espaçada uns dos outros com base em seu raio de proteção, sendo recomendada para estruturas que apresentem grande área horizontal, como telhados e lajes, podendo ser utilizada também como meio de proteção para descargas laterais em estruturas com mais de 60 metros (SOUZA et al., 2020).

Figura 3 – Representação método das malhas



Fonte: Google imagens (2022).

2.3.1 Normas aplicáveis

A necessidade de proteção de um objeto ou estrutura deve ser avaliada perante realização de uma avaliação de risco, e projetada conforme as especificações estipuladas na NBR:5419, tendo a finalidade de prevenir perdas de valor social, principalmente quando relacionadas a vida humana, serviços ao público e patrimônios culturais (ABNT, 2015).

Dentre as normas de proteção vale ressaltar a respeito da NBR:5419 – Proteção contra descargas atmosféricas, por meio da qual a instalação de um Sistema de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA) é apresentada dentre as medidas para redução de danos físicos, sendo este composto por duas principais partes; a externa onde ocorrerá a interceptação do raio, sendo composta pelo para-raios, sistema de descida e aterramento; e a interna que tem como objetivo evitar o centelhamento perigoso no interior da estrutura, sendo composta por sistemas de equipotencialização, isolamento e dispositivos de proteção contra surtos (DPS) (ABNT, 2015).

Estabelece também os parâmetros a serem seguidos durante a instalação dos fixadores e isoladores que compõem o sistema de descida; tendo como recomendado um distanciamento mínimo entre os dispositivos de no máximo 1 metro para cabos na horizontal e 1,5 metros na vertical. Levando em conta o tamanho e altura das estruturas, nota-se a presença de inúmeros pontos para inspeção, trabalho este cuja execução é enquadrada como atividade em altura tanto no momento da instalação, quanto durante as vistorias (ABNT, 2015).

Tendo em vista as dimensões físicas e financeiras de uma planta para armazenamento de grãos, mostra-se necessária a implementação de medidas de segurança, com o intuito de zelar pela integridade dos colaboradores, assim como também dos equipamentos e das estruturas envolvidas. Sendo assim, de acordo com a Norma de Procedimento Técnico nº27-2, as estruturas e plantas destinadas a tal atividade deverão apresentar um sistema de SPDA, aprovado e certificado por profissional qualificado (PARANÁ, 2020).

Em complemento, a Norma Regulamentadora nº10 - Segurança em instalações e serviços em eletricidade (BRASIL, 2019), nos traz que para estabelecimentos cuja carga instalada seja superior a 75 kW, se mostra necessário constituir e manter um Prontuário de Instalações Elétricas onde dentre outros

requisitos mínimos, deverá constar as documentações referentes a inspeção e manutenção do SPDA.

A NBR:5410 – Instalações elétricas de baixa tensão, estabelece que além da observância a respeito do aterramento e equipotencialização, deve-se tomar medidas com o intuito de minimizar os efeitos causados pelas sobretensões geradas por descargas atmosféricas, por meio do distanciamento, blindagem ou separação adequada das linhas de energia com relação ao sistema condutor de descida do SPDA (ABNT, 2015).

2.3.2 Aspectos importantes da inspeção visual

Além da instalação e construção de sistemas de proteção, mostra-se de suma importância a realização de inspeções visuais e manutenções preventivas, ocorrendo em momentos como: durante a construção da estrutura; após a instalação do SPDA; quando realizadas alterações ou reparos; após suspeita de descarga atmosférica; devendo ser realizada inspeção visual com periodicidade semestral, com o intuito de identificar e apontar possíveis pontos deteriorados no circuito de proteção (ABNT, 2015).

A inspeção visual deve ser direcionada de modo a checar a integridade dos captosres quanto a corrosão, rachaduras ou fusão devido a impactos gerados pelas descargas; se os suportes dos captosres estão fixados corretamente; verificar se as conexões estão intactas, livres de corrosão e fixadas à estrutura; se os cabos condutores estão tensionados (ABNT, 2015).

De modo a complementar os pontos mencionados anteriormente, vale ressaltar sobre a necessidade de se checar a qualidade das ligações de equipotencialização entre estruturas metálicas; juntas e conexões (solta elétrica ou exotérmica e conexões mecânicas de compressão ou pressão), não podendo estar presentes no cabeamento de descida; e verificar se as caixas de inspeção estão limpas e os terminais e conexões não oxidados (ABNT, 2015).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido por meio da utilização de drones para realizar inspeções visuais em SPDA's, o que auxiliou na agilidade do processo e reduziu a exposição do colaborador aos riscos do trabalho em altura.

De modo a auxiliar na identificação dos pontos de manutenção ou daqueles que necessitassem de maior atenção durante a inspeção, fora desenvolvido um checklist com os principais tópicos que compõem o sistema embasado na legislação.

3.1 Local do estudo

O setor de serviços pós-colheita abrange inúmeras ramificações, sendo cada uma delas responsável por uma fração deste mercado. Para o desenvolvimento desta pesquisa fora levado em conta a Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE) primarias e secundarias de grandes empresas do ramo à nível nacional, de maneira a identificar as áreas de maior relevância para o estudo, sendo elas:

- I - Comércio atacadista de soja (46.22-2-00);
- II - Comércio atacadista de matérias-primas agrícolas não especificadas anteriormente (46.23-1-99);
- III - Comércio atacadista de cereais e leguminosas beneficiados (46.32-0-01);
- IV - Depósitos de mercadorias para terceiros, exceto armazéns gerais e guarda-móveis (52.11-7-99);

Dados encontrados por meio do Painel Mapa de Empresas do Governo Federal Brasileiro (BRASIL, 2022) indicam que no ano de 2022 existiam cerca de 16.231 empresas e microempresas ativas no segmento de mercado delimitado, divididas da seguinte maneira 2.328 (I), 2.985 (II), 5.914 (III) e 5.004 (IV), sendo 44,77% destas localizadas nos estados de São Paulo (2.774), Paraná (2.257) e Rio Grande do Sul (2.235).

De acordo com o Painel de Dados da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS), o número de vínculos empregatícios ativos no ano de 2020 de acordo com os CNAE's selecionados somaram juntos 89.813 postos de trabalho; Comércio atacadista de soja (14.736); Comércio atacadista de matérias-primas agrícolas não especificadas anteriormente (19.926); Comércio atacadista de cereais e leguminosas

beneficiados (21.468); Depósitos de mercadorias para terceiros, exceto armazéns gerais e guarda-móveis (33.683), (MTE, 2020).

Tendo como base os indicadores disponibilizados pelo Ministério do Trabalho e Previdência (MTE, 2021), observa-se que para as CNAE's (Classificação Nacional de Atividades Econômicas) tidas como de maior relevância para o estudo, possui uma média de 13,13 incidentes a cada 1.000 vínculos ativos e uma taxa de letalidade de 9,05 mortes a cada 1.000 incidentes registrados, sendo assim, estima-se que no ano de 2020, ocorreram 1.179 incidentes, dos quais 11 foram letais.

Em complemento, o Observatório de Segurança e Saúde no Trabalho (2022) retrata um panorama das despesas previdenciárias associadas a pensão por morte por acidente de trabalho, tendo registrado no ano de 2021 um gasto de R\$ 2,4 bilhões , atingindo um acumulado de R\$ 20,6 bilhões em um período sucessor à 2012 (SMARTLAB, 2022).

Levando em conta a gravidade dos acidentes e os índices encontrados, desenvolveu-se esta pesquisa em uma unidade de armazenamento de grãos na região Oeste do Paraná, tendo como foco o planejamento do trabalho em altura, de modo a reduzir o número de variáveis causadoras de acidentes.

3.2 Classificação metodológica

3.2.1 Abordagem

A abordagem de uma pesquisa pode ser classificada como qualitativa, quando busca tratar a respeito de um problema não originado na cabeça do pesquisador, mas sim fruto da imersão na vida e contexto dos grupos estudados; e como quantitativa quando para análise dos dados obtidos são empregadas técnicas estatísticas como comparações, análises de tendência e resultados com estudos anteriormente realizados (LAKATOS; MARCONI, 2022).

Este trabalho teve como forma de abordagem uma metodologia tanto qualitativa, onde buscou identificar na legislação e normas os pontos críticos para análise das situações empregadas; quanto quantitativa, onde identificou os elementos necessitados de inspeção, o que auxiliou no planejamento da manutenção.

3.2.2 Natureza

Segundo Apolinário (2011) a natureza de uma pesquisa pode ser dita como básica, quando tem como principal objetivo um avanço do conhecimento, não levando em conta a preocupação com a aplicabilidade dos resultados obtidos; ou aplicada, quando demonstra um objetivo de resolução de problemas ou situações concretas, de maneira imediata.

Considerou-se o enquadramento deste estudo como de natureza aplicada, uma vez que teve como principal objetivo a elaboração de um modelo de inspeção que evite a exposição do colaborador a condições que venham a oferecer risco durante a execução do seu trabalho.

3.2.3 Objetivos

Ao ponto de vista dos objetivos uma pesquisa pode ser enquadrada em três principais tipos, exploratória quando tem como finalidade modificar, esclarecer ou desenvolver conceitos e ideias a serem testados em estudos posteriores; descritiva, quando busca apresentar as características de uma certa população ou fenômeno; e explicativa, tendo como preocupação central a identificação de fatores que possam vir a determinar ou contribuir para a ocorrência dado acontecimento (GIL, 2019).

Neste trabalho utilizou-se de uma pesquisa descritiva, com o objetivo de observar e identificar partes defeituosas ou que necessitem de atenção dos SPDA's, para que assim fosse possível realizar um planejamento da manutenção do sistema observado.

3.2.4 Procedimentos

No entendimento de Gil (2008), tem-se que os principais procedimentos técnicos de pesquisa estão divididos em; bibliográfico, quando feito a partir de um uma pesquisa ou trabalho já realizada; documental, com materiais que não foram submetidos a um meio de análise; experimental, quando realizada com o intuito de estudar os fatores influentes em determinado objetivo; levantamento, dependendo diretamente da colaboração de terceiros, com o intuito de conhecer os mesmo; estudo de caso, direcionada ao aprofundamento em determinada área, buscando seu maior conhecimento; e *Ex post facto*, ocorrendo após o fato pesquisado ter acontecido.

Para desenvolver este projeto levou-se em conta dois dos procedimentos anteriormente citados, sendo eles; o bibliográfico, uma vez que utilizou de uma metodologia pré-estabelecida para seleção e desenvolvimento do referencial teórico, sendo explicada no tópico 3.3.1; e estudo de caso, pois apresentou um enfoque na subárea de planejamento e manutenção de sistemas de proteção contra descargas atmosféricas de uma planta específica.

3.3 Levantamento do atual estado da literatura

De modo a proporcionar uma ampla busca por títulos e trabalhos relacionados ao tema em questão, mostrou-se de grande valia a utilização de um método de revisão sistemática da literatura, de forma a identificar os principais títulos relacionados com a pesquisa. Sendo assim optou-se pela utilização do *Methodi Ordinatio*, proposto por Pagani, Kovaleski e Resende (2015), tendo como principal objetivo a classificação dos trabalhos encontrados de acordo com seu grau de relevância.

3.3.1 Methodi Ordinatio

Inicialmente foram selecionadas palavras-chave relacionadas ao tema escolhido para a pesquisa, sendo cada uma delas posteriormente associadas a seus sinônimos em inglês, como dispostas no Quadro 1.

Quadro 1 - Palavras-chave e sinônimos usados na pesquisa

Nº	Palavras Chave	Sinônimos
I	Inspeção	inspection, labour inspection
II	Trabalho em altura	work at height, height
III	Drones	drones, unmanned aerial vehicle, aircraft, UAV
IV	Silos para grãos	storage facilities, grain storage units, grain operations, grain storage plants, grain silo
V	Para-raios	lightning arrester, arrester, ADPS, Atmospheric Discharge Protection Systems

Fonte: Autoria própria (2022).

Por sugestão do método utilizado foram levadas em conta os quatro acervos digitais a seguir: *Scopus*, *Science Direct*, *Web of Science* e *Scielo*. Sendo definidas diversas combinações entre as palavras-chave por meio da utilização de variáveis

booleanas, de modo a tornar a busca mais abrangente, sendo estas demonstradas no Quadro 2.

Quadro 2 – Configuração das combinações escolhidas para a pesquisa

Nº	Combinações utilizadas
I, II, III	("drone" OR "aircraft" OR "unmanned aerial vehicle" OR "uav") AND ("inspection" OR "labour inspection") AND ("height")
III, IV	(drones OR "unmanned aerial vehicle" OR uav) AND ("storage facilities" OR "grain storage units " OR "grain operations" OR "grain storage plants" OR "grain silo")
I, II, V	(inspection OR "labour inspection") AND (drones OR "unmanned aerial vehicle" OR aircraft OR UAV) AND ("lightning arrester" OR arrester OR "ADPS" OR "Atmospheric Discharge Protection Systems")
I, III, IV, V	(inspection OR "labour inspection") AND (drones OR "unmanned aerial vehicle" OR aircraft OR UAV) AND ("storage facilities" OR "grain storage units " OR "grain operations" OR "grain storage plants" OR "grain silo") AND ("lightning arrester" OR arrester OR "ADPS" OR "Atmospheric Discharge Protection Systems")
I, V	(inspection OR "labour inspection") AND ("lightning arrester" OR arrester OR "ADPS" OR "Atmospheric Discharge Protection Systems")

Fonte: Autoria própria (2022).

Como critério de busca foram utilizados filtros para delimitar o espaço temporal a um intervalo entre 2019 e 2022; e quanto ao tipo de documento, optou-se apenas aos classificados como artigos. O número de documentos obtidos por meio da aplicação destes filtros nas bibliotecas pré-selecionados, podem ser observados na Tabela 1.

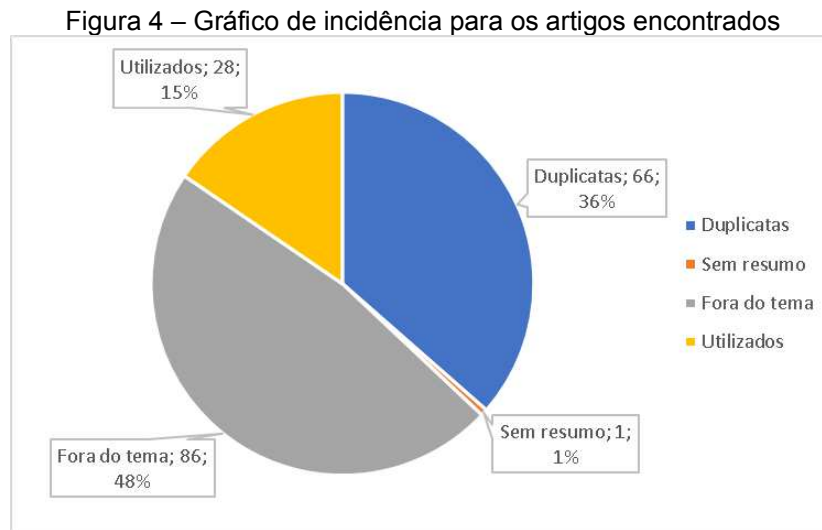
Tabela 1 – Número de correspondências por combinação de palavras chave em cada banco de dados.

Combinação	Scopus	Science Direct	Web of Science	Scielo	Total
I, II, III	59	12	39	2	112
III, IV	15	3	7	0	25
I, II, V	3	0	2	0	5
I, III, IV, V	0	0	0	0	0
I, V	16	14	9	0	39
Total	93	29	57	2	181

Fonte: Autoria própria (2022).

Entre os 181 artigos obtidos por meio do processo de pesquisa, puderam ser notadas algumas características que acabam por tornar o arquivo inapto a ser

utilizado, como por exemplo a ausência de resumo e/ou autores, obras duplicadas e assuntos fora do tema, expresso na Figura 4.



Por fim os artigos restantes foram submetidos ao método RankIn, apresentado por Pagani, Pedroso e Picinin (2021), cujo mesmo objetiva a classificação das obras encontradas, identificando dentre as utilizadas, as dez mais relevantes, apresentando-as no Quadro 3. Esta metodologia de ranqueamento leva como parâmetro de decisão a fórmula representada a seguir:

$$\text{InOrdinatio} = (F_i / 1000) + \alpha * [10 - (\text{AnoPesq} - \text{AnoPub})] + (\sum C_i) \quad (1)$$

Onde temo-se que:

F_i - fator de impacto definido pela tabela do método;

α - fator que varia de 0 a 10, de acordo com a importância da atualidade da obra, sendo utilizado 10 para este trabalho;

AnoPesq - ano em que a pesquisa está sendo realizada;

AnoPub - ano em que a pesquisa foi publicada;

C_i - total de citações no google acadêmico;

Quadro 3 – Dez primeiros na classificação Rankin

Ranking	Título	InOrdinatio
1	<i>Deep learning for detecting building defects using convolutional neural networks</i>	199

2	<i>UAV Integration in Current Construction Safety Planning and Monitoring Processes: Case Study of a High-Rise Building Construction Project in Chile</i>	132
3	<i>Real-time detection and spatial localization of insulators for uav inspection based on binocular stereo vision</i>	123
4	<i>Placement and Routing Optimization for Automated Inspection with Unmanned Aerial Vehicles: A Study in Offshore Wind Farm</i>	111
5	<i>Deep Learning-Based Enhancement of Motion Blurred UAV Concrete Crack Images</i>	110
6	<i>Automatic inspection data collection of building surface based on BIM and UAV</i>	110
7	<i>Research of multi-rotor uavs detailed autonomous inspection technology of transmission lines based on route planning</i>	109
8	<i>A novel approach to optimize the positioning and measurement parameters in photovoltaic aerial inspections</i>	102
9	<i>Remote inspection of RC structures using unmanned aerial vehicles and heuristic image processing</i>	102
10	<i>Mapping and modelling defect data from UAV captured images to BIM for building external wall inspection</i>	102

Fonte: Adaptado de RankIn (2021).

Tal procedimento foi utilizado para o levantamento do atual estado da arte da pesquisa proposta.

3.4 Checklist de inspeção

Para desenvolver o checklist foram levados em conta os pontos passíveis de inspeção visual constantes na NBR: 5419, subdividindo-o em tópicos para facilitar a compreensão e preenchimento das perguntas a serem respondidas sobre os pontos avaliados.

A inspeção das hastes captoras independentes do método de proteção utilizado (Franklin ou Faraday) é importante, uma vez que compõem a parte do sistema onde os raios incidem diretamente. Deste modo devido às condições naturais e os fatores ocasionados pela alta potência das descargas atmosféricas, deve-se atentar a pontos como a existência de oxidação ou corrosão, se estão bem afixadas ou apresentam deformação física, para evitar mal funcionamento ou perda de eficiência do SPDA.

Atentando-se aos isoladores, tem-se que estes são parte fundamental do sistema de condução e descida da descarga, valendo-se disto atribui-se um grande rigor às inspeções destes componentes. Avarias como pontos de oxidação, torção e desgaste das borrachas isoladoras podem ser comumente encontradas, apresentando riscos de acidentes, como a energização da estrutura em casos de o cabo entrar em contato com ela, gerando danos a equipamentos e colaboradores presentes.

Outro elemento que demanda muito cuidado e cautela está relacionado à integridade dos cabos utilizados para conduzir as descargas, visto que estes estão sujeitos à degradação por meio de agentes como oxidação e ferrugem, também estando suscetível ao rompimento em casos de extrema corrosão e/ou mal esticamento, implicando diretamente no funcionamento do SPDA e na segurança dos envolvidos.

3.5 Equipamento utilizado

Para realizar as atividades de inspeção dos sistemas de proteção contra descargas atmosféricas, foi utilizado um drone quadricóptero da marca DJI®, modelo Mavic Pro, Imagem 1.

Imagem 1 - Drone Mavic Pro Dji



Fonte: Autoria própria (2022).

A escolha por tal equipamento se deu devido ao fato de pertencer à Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), *campus* Medianeira, e por

suas características de gravação, possuindo uma câmera capaz de registrar vídeos em até 4K e capturar imagens a 12 megapixels, especificações estas julgadas pelos autores como mínimas para a realização das atividades propostas.

De modo a tornar possível a utilização do equipamento para realização de tais atividades, foi necessário fazer um levantamento das normas e regulamentos vigentes mencionados no Tópico 2.2, sendo este processo de regulamentação mais bem retratado no Tópico 4.1.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Procedimento para regulamentação

Como citado no Tópico 2.2, deve-se atender a uma série de pré-requisitos para que assim a utilização do drone esteja de acordo com o estabelecido pelos órgãos regulamentadores, sendo abordado aqui de maneira sucinta o que se mostrou necessário realizar para adequar o equipamento à utilização em campo.

Primeiramente identificou-se o peso do dispositivo, tendo aproximadamente 730g, sendo assim enquadra-se na classe 3, servindo esta classificação como parâmetro para definição de alguns requisitos operacionais.

Na sequência tratou-se de verificar quanto à existência de homologação da frequência de rádio utilizada pelos componentes de comunicação. Uma vez constatada a presença do selo da ANATEL na parte inferior da bateria, concluiu-se que o equipamento atende aos requisitos impostos pelo órgão em questão, não sendo necessária ação corretiva, Imagem 2.

Imagem 2 – Selo ANATEL



Fonte: Aatoria própria (2022).

Antes de realizar o cadastro dos pilotos, foi necessário realizar a certificação do drone juntamente à ANAC, por meio da plataforma SISANT. O equipamento fora cadastrado no sistema como pertencente à pessoa jurídica, em nome da UTFPR, perante apresentação de documentos como nota fiscal e imagens do dispositivo. Após efetivação da matrícula, seguindo as orientações repassadas pelo órgão, anexou-se

à parte frontal do equipamento em material antichamas, uma etiqueta contendo o seu número de identificação, Imagem 3.

Imagem 3 – Número de identificação do equipamento usado na pesquisa



Fonte: Autoria própria (2022).

Após cadastro no sistema da ANAC, foi requisitado que o drone estivesse vinculado ao SARPAS, órgão este controlado pelo DECEA. De modo a cumprir esta exigência, foram apresentados na plataforma como requisitos de cadastro, o certificado emitido anteriormente pelo SISANT e alguns dados relacionados à pessoa jurídica (UTFPR).

Finalizadas as etapas anteriormente citadas, foi necessário realizar o cadastro dos pilotos no SARPAS, sendo este executado por meio da apresentação da documentação individual de cada um. Após concluída esta etapa, o responsável pelo drone (pessoa jurídica) está apto a compartilhar o equipamento com os operadores de modo a atender as normas e legislações impostas.

Vale ainda ressaltar que para cada nova operação realizada, é necessário que o piloto por meio de seu perfil pessoal no sistema SARPAS, realize uma solicitação de voo, perante apresentação do código da aeronave utilizada, assim como a sua localização, altitude e período de duração.

4.1.1 Documentos necessários durante a operação

Para que a utilização do drone ocorra de maneira a cumprir o apresentado no RBAC-E nº24, e no Tópico 2.2.2, nota-se a necessidade de existência de alguns documentos relacionados à atividade em questão no local da operação, podendo estes requisitos variar de acordo com o equipamento utilizado (ANAC, 2021).

A documentação obrigatória a ser portada pelo operador é composta pela certidão emitida pela ANAC onde consta a numeração do dispositivo; manual de voo; documento de identificação pessoal com foto; nota fiscal do equipamento; e a avaliação de risco operacional.

De acordo com o regulamento acima citado, pode-se notar que devido ao drone ser enquadrado como de classe 3 e não operar em altitudes acima dos 400 pés, este não necessita possuir certificado de aeronavegabilidade, excluindo também a necessidade de habilitação e certificado médico aeronáutico válido; por fim, tratando-se a respeito da apólice de seguro, esta, por sua vez pode ser dispensada, devido ao fato do equipamento pertencer a uma instituição controlada pelo Estado.

4.2 Planejamento e aplicação do modelo de inspeção

De modo a validar o modelo apresentado neste trabalho, realizou-se no dia 28 de novembro de 2022 às 10:30h, em uma unidade de armazenamento de grãos localizada na região Oeste do Paraná, as atividades de inspeção de por meio da utilização de drones, seguindo em conformidade os requisitos propostos pelas normas regulamentadoras, atendendo aos passos presentes na Figura 5.

Figura 5 – Esquema para inspeção



Fonte: Autoria própria (2022).

4.2.1 Atividades preliminares à inspeção

Antes de realizar as atividades, verificou-se a respeito da documentação necessária, tanto para o piloto quanto para o equipamento de acordo com o mencionado no Tópico 4.1.1, evitando contratempo em caso de fiscalização.

Atentando-se também para outros pontos como, a análise das condições climáticas do local; observação da estrutura, visando identificar a presença de fatores e/ou elementos que possam gerar obstruções no processo; e a solicitação de voo na plataforma SARPAS.

Somente após a verificação dos itens anteriormente citados a operação de inspeção visual da estrutura teve início.

4.2.2 Análise de riscos

A análise de riscos foi preenchida de acordo com o proposto pela Instrução Suplementar nº 94-003 (2017), com o objetivo de descrever o cenário operacional encontrado, constando os possíveis riscos assim como sua classificação levando em conta a probabilidade e severidade da ocorrência conforme o Quadro 4, apresentando para cada um dos possíveis riscos identificados uma solução de mitigação.

Quadro 4 - Classificação de riscos.

			Severidade				
			Catastrófico	Crítico	Significativo	Pequeno	Insignificante
			A	B	C	D	E
Probabilidade	Frequente	5	5A	5B	5C	5D	5E
	Ocasional	4	4A	4B	4C	4D	4E
	Remoto	3	3A	3B	3C	3D	3E
	Improvável	2	2A	2B	2C	2D	2E
	Muito improvável	1	1A	1B	1C	1D	1E

Fonte: Instrução Suplementar – nº 94-003.

Tem-se que as classificações de riscos são divididas em cinco categorias, sendo que para cada uma delas foram pré-estabelecidos requisitos mínimos para que seja possível a realização das atividades, estando elas apresentadas no Quadro 5.

Quadro 5 - Níveis de risco

Risco extremo (classificações 4A, 5A e 5B):	A operação não deve ocorrer ou deve ser interrompida imediatamente. Se a operação continuar, medidas mitigadoras devem ser implementadas e a aprovação da alta hierarquia da empresa é necessária.
Alto risco (classificações 3A, 4B e 5C):	A operação não deveria ocorrer ou deveria ser interrompida imediatamente. Se a operação continuar, controles preventivos para mitigação do risco devem ser estabelecidos, e a aprovação da hierarquia de gestão da empresa é necessária.
Risco moderado (classificações 1A, 2A, 2B, 3B, 3C, 4C, 4D, 5D, 5E):	A operação pode ocorrer com controles preventivos para mitigação de risco estabelecidos e aprovados pelo nível hierárquico imediatamente superior.
Baixo risco (classificações 1B, 1C, 2C, 2D, 3D, 3E, 4E):	A operação pode ocorrer, e a implementação de controles preventivos e aprovação hierárquica são opcionais.
Risco muito baixo (classificações 1D, 1E e 2E):	A operação é aceitável como planejada, e não são necessários controles preventivos ou aprovação adicional. Parte superior do formulário

Fonte: adaptado de Instrução Suplementar – nº 94-003.

Durante o processo de avaliação foram identificados um total de três riscos, sendo eles: perda do link (comunicação do operador utilizando o controle com a aeronave), condições climáticas desfavoráveis (chuva e vento) e possibilidade de colisão da aeronave com cabos (sustentação das estruturas e com a rede elétrica), estando retratados juntamente a suas medidas corretivas no Quadro 6.

Quadro 6 - Avaliação de risco operacional

	Perda do link
Probabilidade de ocorrência	1
Severidade da ocorrência	E
Risco	1E
Tolerabilidade	Risco Muito Baixo
Nível hierárquico de autorização da operação	Responsável pela Unidade a ser inspecionada.
Medidas de mitigação do risco	Durante a operação do equipamento jamais ocorreu a perda de link, o equipamento somente deve ser operado se o sistema de GPS estiver funcionando e habilitado o comando Return-To-Home, caso ocorra a perda de link o equipamento irá subir 50 metros de altura e retornará ao ponto de decolagem.
Situação 2	Condições climáticas desfavoráveis
Probabilidade de ocorrência	4
Severidade da ocorrência	D
Risco	4D

Tolerabilidade	Risco Moderado
Nível hierárquico de autorização da operação	Responsável pela Unidade a ser inspecionada.
Medidas de mitigação do risco	A operação será suspensa em caso de chuva, sendo realizada no dia subsequente. Em situações de rajadas de ventos fortes, a operação pode ocorrer com controles preventivos cabendo ao operador avaliar cada situação (obs: o equipamento possui sensores que alertam o operador em caso de risco).
Situação 3	Colisão com cabos e fiação elétrica
Probabilidade de ocorrência	3
Severidade da ocorrência	C
Risco	3C
Tolerabilidade	Risco Moderado
Nível hierárquico de autorização da operação	Responsável pela Unidade a ser inspecionada.
Medidas de mitigação do risco	A operação pode ocorrer com controles preventivos para mitigação do risco estabelecidos identificando todos os cabos e fiações, traçando-se um percurso seguro para realizar as fotos e imagens do SPDA. O equipamento possui sensores frontais e abaixo do equipamento.

Fonte: Instrução Suplementar – nº 94-003.

Após o preenchimento da avaliação de risco, deu-se por encerrada esta etapa do processo, seguindo então para a realização da inspeção visual da estrutura com o auxílio do equipamento.

4.2.3 Inspeção utilizando o checklist

Com o equipamento no ar, primeiramente fora identificado na estrutura estudada (Imagem 4) os tipos de SPDA existentes, sendo eles a Haste de Franklin (Imagem 5) e a Gaiola de Faraday (Imagem 6).

Imagem 4 - Unidade de armazenamento



Fonte: Autoria própria (2022).

Imagem 5 - Torre do elevador com realce para Haste de Franklin.



Fonte: Autoria própria (2022).

Imagem 6 – Cobertura do galpão com realce para o cabo da Gaiola de Faraday.



Fonte: Autoria própria (2022).

Em paralelo ao desenvolvimento da inspeção visual, o operador com o auxílio das imagens realizou o preenchimento do checklist (Figura 6) proposto no Tópico 3.4, com o propósito de identificar os principais pontos críticos que possam necessitar de manutenção, auxiliando assim no planejamento da ação corretiva que será discutida no Tópico 4.2.5.

Figura 6 - Checklist preenchido durante o processo de inspeção.

CHECKLIST PARA INSPEÇÃO VISUAL DE SISTEMAS DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS (SPDAS)					
TIPO: <input checked="" type="checkbox"/> Haste de Franklin <input checked="" type="checkbox"/> Gaiola de Faraday <input type="checkbox"/> Esferas rolantes			MOTIVO:		
Data: 28 / 11 / 22 Nº: _____			<input type="checkbox"/> Suspeita de descarga		
Empresa: _____			<input type="checkbox"/> Semestral		
CNPJ: _____			<input type="checkbox"/> Alteração estrutural		
			<input checked="" type="checkbox"/> Outros: <u>Validação do método.</u>		
BASEADO NA ABNT NBR:5419					
HASTES CAPTORAS		NÃO SE APLICA	SIM	NÃO	OBSERVAÇÕES
1	Apresentam boas características de fixação ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2	Apresentam trincas ou pontos de fusão ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	Apresentam pontos de oxidação, corrosão ou ferrugem ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Presença de ferrugem na haste de Franklin.
4	Apresentam alguma alteração física (torção, ausência de algum componente) ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A lâmpada de sinalização está quebrada.
SISTEMA DE DESCIDA (ISOLADORES)		NÃO SE APLICA	SIM	NÃO	OBSERVAÇÕES
5	Os isoladores estão devidamente fixados ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6	Apresentam algum tipo de alteração física ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
7	Existem pontos de oxidação ou corrosão nos isoladores ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
8	As borrachas apresentam avarias ou rachaduras ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
SISTEMA DE DESCIDA (CABEAMENTO)		NÃO SE APLICA	SIM	NÃO	OBSERVAÇÕES
9	Existe contato do cabo com alguma parte da estrutura (exceto isoladores) ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	O cabo está em contato com a guarda.
10	Os cabos estão bem tensionados ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
11	Existem sujidades (massas, resinas, tintas) que possam comprometer o sistema ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Presença de tinta amarela.
12	Presença de corrosão ou oxidação nos cabos do sistema Gaiola de Faraday ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
13	Existem conexões ou emendas em cabos do sistema Gaiola de Faraday ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
14	Existem conexões ou emendas nos condutores de descida ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Foram observadas conexões no cabo de descida da haste de Franklin.
15	As conexões ou emendas apresentam pontos de oxidação ou corrosão ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
OBSERVAÇÕES GERAIS:					
Observou-se que os isoladores da Haste de Franklin não possuem o distanciamento mínimo entre eles, tendo sido também notado a ausência deles.					

Fonte: Autoria própria (2022).

4.2.4 Análise dos dados

A partir das imagens e gravações obtidas, com o auxílio de um profissional habilitado, analisou-se as mídias e o checklist preenchido.

Durante o processo de inspeção visual dos dois sistemas foi possível identificar alguns pontos onde se mostravam necessárias a realização de medidas

corretivas, estando apresentados abaixo juntamente ao tópico correspondente no *checklist*.

Tópico 3 - foi observado a presença de ferrugem no cano da estrutura de sustentação da haste de Franklin, Imagem 7, característica esta que dependendo do nível de criticidade pode vir a ocasionar em um rompimento do mesmo em caso de descarga atmosférica; Tópico 4 - Ainda na Imagem 7, identificou-se que a luz de sinalização estava quebrada e o cabo de alimentação rompido.

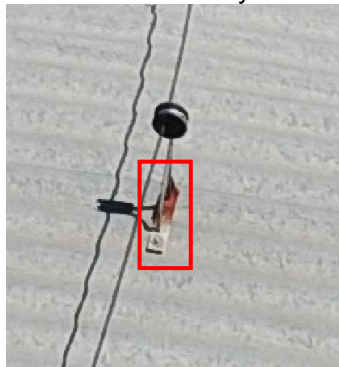
Imagem 7 – Haste de Franklin com destaque para ferrugem e ausência de lâmpada de segurança.



Fonte: Autoria própria (2022).

Tópico 7 - constatou-se a presença de ferrugem em apenas um dos isoladores da Gaiola de Faraday, Imagem 8, porém, o dano apresentado não é suficiente para que a troca seja necessária.

Imagem 8 – Isolador da Gaiola de Faraday com destaque para ferrugem.



Fonte: Autoria própria (2022).

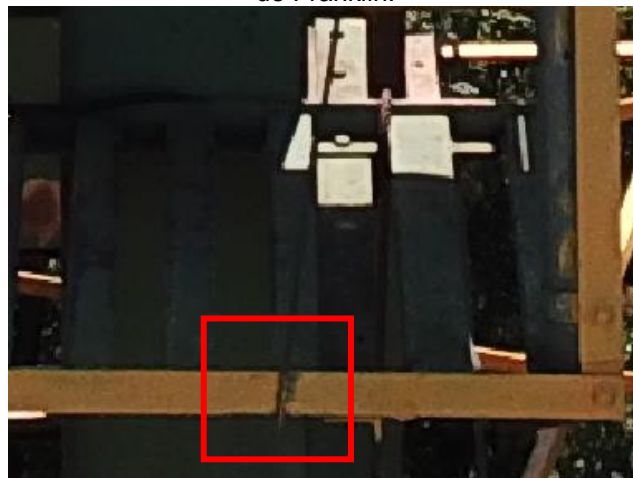
Tópico 9 - em ambos os sistemas foram identificados trechos onde o cabo de descida estava em contato com alguma parte da estrutura; na Gaiola de Faraday (Imagem 9) observou-se que ele se encontrava em contato com o rufo de alumínio do telado; já na Haste de Franklin (Imagem 10), fora identificado o contato com o guarda corpo, sendo possível notar uma descoloração no mesmo devido ao atrito existente entre as partes.

Imagem 9 – Rufo de alumínio com destaque para o contato da Gaiola de Faraday com a estrutura.



Fonte: Autoria própria (2022).

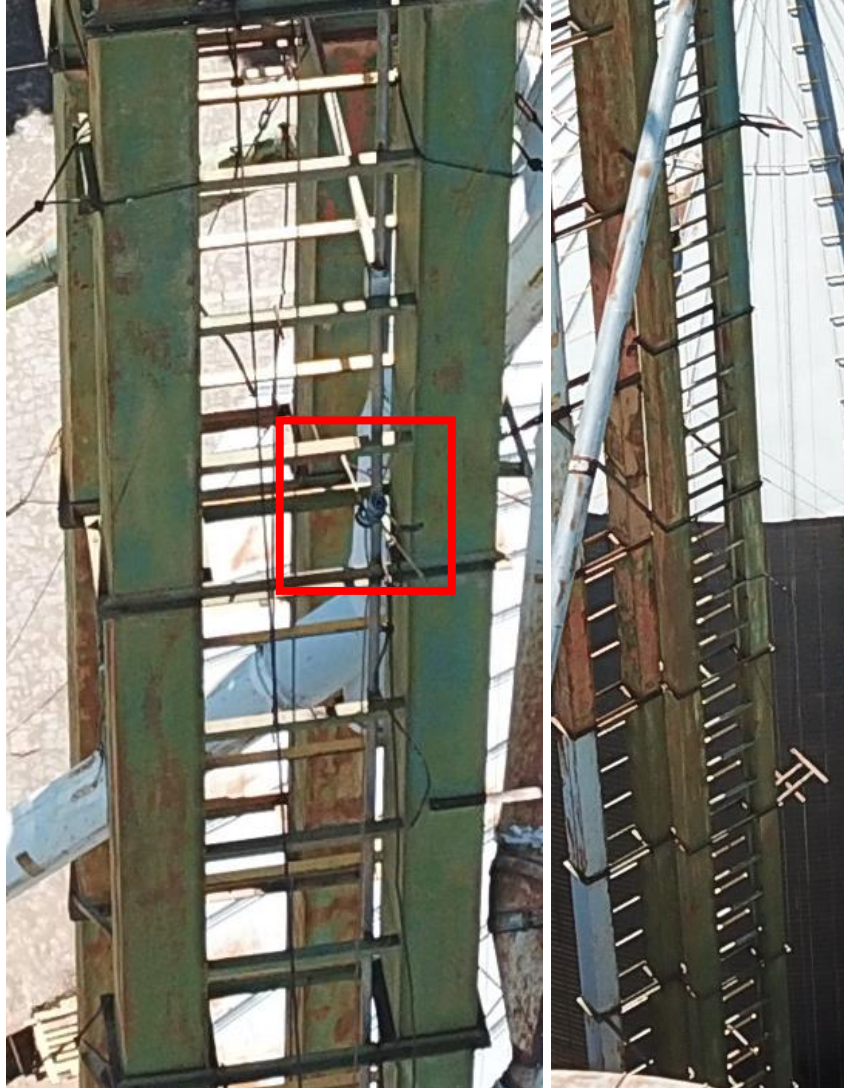
Imagem 10 – Recorte de imagem do elevador com destaque para área de contato do cabo da Haste de Franklin.



Fonte: Autoria própria (2022).

Além dos pontos acima apresentados, foi possível identificar a ausência de isoladores no corpo do elevador de grãos, favorecendo assim o contato do cabo de descida do sistema Franklin com a estrutura, vide Imagem 11.

Imagem 11 – Corpo do elevador de grãos com destaque para o único isolador presente no sistema de descida.



Fonte: Autoria própria (2022).

4.2.5 Ações corretivas

Ao iniciar o processo de planejamento das ações corretivas necessárias para a adequação, identificou-se juntamente aos responsáveis pela planta a não existência dos projetos para os dois sistemas, devido ao fato da estrutura ser antiga, sendo assim necessária, a validação e criação deles juntamente a um profissional habilitado.

Tratando da presença de ferrugem no corpo da Haste de Franklin e da idade da estrutura, será necessário realizar a substituição do mesmo de modo a prevenir

possível avaria ao receber uma descarga atmosférica. Deverá ser realizada a adequação e substituição da luz de sinalização, uma vez que a estrutura apresenta considerável altitude e pode vir a provocar acidentes no período noturno.

Deverão ser afixados novos isoladores na estrutura do elevador de grãos, atendendo as condições de distanciamento mínimas de 1,5 metros, almejando eliminar o contato do cabo condutor com a superfície metálica, o que pode vir a causar energização do equipamento em caso de descarga, ocasionando em graves acidentes para os colaboradores presentes no local.

Por fim, os cabos deverão ser tensionados de modo a evitar o contato com partes externas ao sistema do SPDA, pois como mencionado no parágrafo anterior, o contato destes oferece inúmeros riscos à vida dos envolvidos e à integridade dos equipamentos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para o desenvolvimento do trabalho fora necessária uma análise bibliográfica a respeito das normativas vigentes, abordando as áreas de trabalho em altura, uso de drones e SPDA's, auxiliando no desenvolvimento, aplicação e validação do checklist e método, por meio da aplicação em uma unidade de Armazenamento de Grãos no Oeste do Paraná.

Após embasamento nas normas, foi possível compreender e registrar o processo de legalização e regulamentação do equipamento, tornando possível a utilização do mesmo para a pesquisa realizada.

O desenvolvimento do checklist utilizado teve como principal objetivo guiar o processo de inspeção, evitando que o responsável deixasse de verificar algum ponto de grande importância para a manutenção bem sucedida e segura da estrutura.

O tema apresentado denota grande importância, pois atua na prevenção das ocorrências de acidentes em altura, uma vez que por meio da utilização dos drones é possível identificar não somente as características pontuadas no checklist, mas também outras possíveis fontes de risco, permitindo um melhor planejamento da atividade de inspeção e evitando a exposição do trabalhador a risco que envolvem as atividades desenvolvidas em altura.

Com a inspeção realizada foi possível validar o método proposto, identificando na estrutura estudada os pontos necessitados de manutenção, de modo a minimizar o período de exposição ao risco, uma vez que as imagens captadas possibilitam o planejamento da atividade corretiva, tornando-a mais previsível e segura.

Ao final deste trabalho, foi possível concluir que os objetivos inicialmente propostos foram atingidos, de modo a tornar possível a identificação de características positivas como, a agilidade no processo e o incremento na segurança da atividade; e em contra partida aspectos como a necessidade de um piloto qualificado e o elevado custo do equipamento.

Com o desenvolvimento deste trabalho de conclusão de curso, fora possível obter um grande conhecimento relacionado a amplitude da utilização de tais ferramentas, sendo assim, sugere-se como tema para pesquisas futuras a aplicação do método aqui apresentado para as mais diversas estruturas; assim como também o desenvolvimento de tecnologias para automação do processo de reconhecimento dos

pontos críticos; e redução do risco de colisão do equipamento com os cabos presentes.

REFERÊNCIAS

AHMED, M. F.; MOHANTA, J. C.; SANYAL, A. **Inspection and identification of transmission line insulator breakdown based on deep learning using aerial images**. ELECTRIC POWER SYSTEMS RESEARCH, v. 211, 2022.

ANAC. Requisitos gerais para aeronaves não tripuladas de uso civil. Regulamento brasileiro da aviação civil especial, **RBAC-E nº 94 emenda nº 02**, 30 nov. 2021. Disponível em: https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-e-94/@@display-file/arquivo_norma/RBACE94EMD00.pdf. Acesso em: 10 out. 2022.

ANATEL. Aprova o Regulamento de Avaliação da Conformidade e de Homologação de Produtos para Telecomunicações. **Resolução nº 715, de 23 de outubro de 2019**, 24 out. 2019. Disponível em: <https://informacoes.anatel.gov.br/legislacao/resolucoes/2019/1350-resolucao-715#art3>. Acesso em: 10 out. 2022.

ANATEL. Aprova o Regulamento de Uso do Espectro de Radiofrequências e altera o Regulamento de Cobrança de Preço Público pelo Direito de Uso de Radiofrequências e o Regulamento de Aplicação de Sanções Administrativas. **Resolução nº 671, de 3 de novembro de 2016**, 07 nov. 2016. Disponível em: <https://informacoes.anatel.gov.br/legislacao/resolucoes/2016/911-resolu%C3%A7%C3%A3o-671#art1>. Acesso em: 10 out. 2022.

APOLINÁRIO, Fabio. **Dicionário de metodologia científica: um guia para a produção do conhecimento científico**, 2ª edição. Grupo GEN, 2011. E-book. ISBN 9788522466153. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788522466153/>. Acesso em: 09 out. 2022.

ABNT. **NBR 5410 – Instalações elétricas de baixa tensão**. Rio de Janeiro, 30 set. 2004.

ABNT. **NBR:5419 – Proteção contra descargas atmosféricas**. Rio de Janeiro, 22 mai. 2015.

BALLESTEROS, R. D.; JUNIOR, A. C. L. **Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT) para inspeção de manifestações patológicas em fachadas com revestimento cerâmico**. Ambiente Construído, v. 21, p. 119–137, 2021.

BELLOCHIO, S. D. C.; CORADI, P. C. **Systematic review of occupational hazards at postharvest grain operations**. Injury Prevention, v. 28, n. 2, p. 165–174, 2022. Disponível em: <https://injuryprevention.bmj.com/content/28/2/165>. Acesso em: 18 set. 2022.

BRASIL. **NR 10 - Segurança em instalações e serviços em eletricidade**. Ministério do Trabalho e Previdência, 31 jul. 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos->

especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-10.pdf>. Acesso em: 14 out. 2022.

BRASIL. **NR 35 - Trabalho em Altura**. 30 jul. 2019. Disponível em: <<https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-35.pdf>>. Acesso em: 18 set. 2022.

BUTCHER, P. A. et al. **The drone revolution of shark science: a review**. Drones, v. 5, n. 1, p. 1 – 28, 2021. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85101564166&doi=10.3390%2fdrones5010008&partnerID=40&md5=c94f1bfab41e7abb31ef1e2746a4024f>>. Acesso em: 18 set. 2022.

CHUNG, H.-M. et al. **Placement and Routing Optimization for Automated Inspection with Unmanned Aerial Vehicles: A Study in Offshore Wind Farm**. IEEE Transactions on Industrial Informatics, v. 17, p. 3032–3043, 2021. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85101763539&doi=10.1109%2fTII.2020.3004816&partnerID=40&md5=26f3af7514db96a0d4dcaa15b9b30564>>.

DECEA. Aprova a reedição da ICA 100-40, Instrução sobre “Aeronaves não tripuladas e o Acesso ao Espaço Aéreo Brasileiro”. **Portaria DECEA nº112/DGCEA, 22 mai. 2020**. Disponível em: https://static.decea.mil.br/publicacoes/files/2020/75a09bfd-5e5d-4f9a-b4485ccd3fd4627a.pdf?X-Amz-Content-Sha256=UNSIGNED-PAYLOAD&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=pNf2JQbOhtSrsEzMW9aNRYAHfqzX2fnd%2F20221012%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20221012T145809Z&X-Amz-SignedHeaders=host&X-Amz-Expires=900&X-Amz-Signature=357595a060afbc320c5fd985b48226920c3edb0583e076d4a74856563c6ce67a. Acesso em: 13 out. 2022.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GIL, Antonio C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**, 7ª edição. Grupo GEN, 2019. E-book. ISBN 9788597020991. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788597020991/>. Acesso em: 09 out. 2022.

BRASIL. **Painel mapa de empresas – Empresas ativas por atividade econômica**. 06 de julho de 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/empresas-e-negocios/pt-br/mapa-de-empresas/painel-mapa-de-empresas>. Acesso em: 16 de Set. 2022.

HE, T.; ZENG, Y.; HU, Z. **Research of multi-rotor uavs detailed autonomous inspection technology of transmission lines based on route planning**. IEEE Access, v. 7, p. 114955–114965, 2019. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85079896483&doi=10.1109%2fACCESS.2019.2935551&partnerID=40&md5=5b019cac2be605c421354d785fb057b7>>.

HOU, X. et al. **Cross domain adaptation of crowd counting with model-agnostic meta-learning**. Applied Sciences (Switzerland), v. 11, 2021. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85121334895&doi=10.3390%2fapp112412037&partnerID=40&md5=24f55bf0be84d8bb64a4349103236b68>>.

JEONG, G. Y. et al. **Applying unmanned aerial vehicle photogrammetry for measuring dimension of structural elements in traditional timber building**. MEASUREMENT, v. 153, 2020.

KITONSA, H.; KRUGLIKOV, S. V. **Significance of drone technology for achievement of the United Nations sustainable development goals**. R-Economy, v. 4, n. 3, p. 115 – 120, 2018. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85078248422&partnerID=40&md5=62a25ab62badaccf3b67487b2bd55c66>>. Acesso em: 18 set. 2022.

LOPES, A. B. A. et al. **Segurança no trabalho: o papel das novas tecnologias nos trabalhos em altura**. LABORJURIS. Revista de direito do trabalho, processo do trabalho e direito da seguridade social., jun. 2020. Disponível em: <<https://revista.laborjuris.com.br/laborjuris/article/view/34/31>>. Acesso em: 15 set. 2022.

MA, Y. et al. **Real-time detection and spatial localization of insulators for uav inspection based on binocular stereo vision**. Remote Sensing, v. 13, p. 1–23, 2021. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85099177620&doi=10.3390%2frs13020230&partnerID=40&md5=a9fbd42fe73b6496bbbbee41ab3b5e3f>>.

MARCONI, Marina de A.; LAKATOS, Eva M. **Metodologia Científica**. Grupo GEN, 2022. E-book. ISBN 9786559770670. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786559770670/>. Acesso em: 09 out. 2022.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E PREVIDÊNCIA. **Painel de informações da RAIS**. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiYTJlODQ5MWYtYzgyMi00NDA3LWJjNjAtYjI2NTI1MzViYTdliiwidCI6IjNlYzkyOTY5LTVhNTEtNGYxOC04YWM5LWVmOThmYmFmYTk3OCJ9>. Acesso em: 16 de set. 2022.

MIURA, N. et al. **Paper: Classification of Grass and Forb Species on Riverdike Using UAV LiDAR-Based Structural Indices**. INTERNATIONAL JOURNAL OF AUTOMATION TECHNOLOGY, v. 15, p. 268–273, 2021.

MTE. **Indicadores de acidentes do trabalho, segundo a Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE)**, Brasil – 2020. Disponível em: https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/assuntos/previdencia-social/saude-e-seguranca-do-trabalhador/dados-de-acidentes-do-trabalho/arquivos/AEAT_2020/copy_of_subsecao-a-acidentes-do-trabalho/capitulo

59-brasil/59-2-indicadores-de-acidentes-do-trabalho-segundo-a-classificacao-nacional-de-atividades-economicas-cnae-brasil-2019. Acesso em: 16 de Set. 2022.

NAPPO, N. et al. **Use of UAV-based photogrammetry products for semi-automatic detection and classification of asphalt road damage in landslide-affected areas**. Engineering Geology, v. 294, p. 106363, 2021. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013795221003744>>.

PAGANI, R.N.; KOVALESKI, J.L.; RESENDE, L.M. **Methodi Ordinatio**: a proposed methodology to select and rank relevant scientific papers encompassing the impact factor, number of citation, and year of publication. Scientometrics, December 2015, Volume 105, Issue 3, pp 2109–2135

PAGANI, Regina Negri; PEDROSO, B.; PICININ, C. T. **Ferramenta para operacionalização quantitativa, ranqueamento e organização de dados**, RankIn. 2021.

PARANÁ. **NPT 027/02 - Unidades de armazenamento e/ou beneficiamento de produtos agrícolas e insumos**. Corpo de Bombeiros, ago. 2020. Disponível em: <https://www.bombeiros.pr.gov.br/sites/bombeiros/arquivos_restritos/files/documento/2021-06/NPT_027_Parte_02_Gr%C3%A3os__0.pdf>. Acesso em: 14 out. 2022.

PEREZ, H.; TAH, J. H. M.; MOSAVI, A. **Deep learning for detecting building defects using convolutional neural networks**. Sensors (Switzerland), v. 19, 2019. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85071457857&doi=10.3390%2fs19163556&partnerID=40&md5=0c5bce6af99227b0b165074ea18be7a9>>.

RAMÍREZ, I. S.; MARUGÁN, A. P.; MÁRQUEZ, F. P. G. **A novel approach to optimize the positioning and measurement parameters in photovoltaic aerial inspections**. Renewable Energy, v. 187, p. 371–389, 2022. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85123883147&doi=10.1016%2fj.renene.2022.01.071&partnerID=40&md5=cbe53268cc708f1bf2bca97591dc77c3>>.

ROMERO-CHAMBI, E. et al. **Analysis of optimal flight parameters of unmanned aerial vehicles (UAVs) for detecting potholes in pavements**. Applied Sciences (Switzerland), v. 10, p. 1–33, 2020. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85087620580&doi=10.3390%2fAPP10124157&partnerID=40&md5=8f5e502dcc30838ce175b802ef028075>>.

SHAHMORADI, J. et al. **A Comprehensive Review of Applications of Drone Technology in the Mining Industry**. Drones, v. 4, n. 3, 2020. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2504-446X/4/3/34>>. Acesso em: 18 set. 2022.

SIDDIQI, Z.; LEE, J. W. **Experimental and numerical study of novel Coanda-based unmanned aerial vehicle**. Journal of Engineering and Applied Science, v. 69, n. 1, 2022. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85137144772&doi=10.1186%2fs44147-022-00120->

5&partnerID=40&md5=cc4e72e0e1be0c81bab9072d0efd94ec>. Acesso em: 18 set. 2022.

SmartLab. **Despesa Previdenciária - Pensão por morte por acidente do trabalho (B93)**. Disponível em: <https://smartlabbr.org/sst/localidade/0?dimensao=despesa>. Acesso em: 16 de set. 2022.

SOUZA et al. **SPDA - sistemas de proteção contra descargas atmosféricas: teoria, prática e legislação**. Editora Saraiva, 2020. E-book. ISBN 9788536532950. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536532950/>. Acesso em: 10 nov. 2022.

TAN, S. et al. **Machine Learning Approaches for Rice Seedling Growth Stages Detection**. *Frontiers in Plant Science*, v. 13, 2022. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85133438697&doi=10.3389%2ffpls.2022.914771&partnerID=40&md5=2ca8cf75e449b48d4d0c940cef54d850>>.

TAN, Y. et al. **Automatic inspection data collection of building surface based on BIM and UAV**. *Automation in Construction*, v. 131, 2021. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85112771816&doi=10.1016%2fj.autcon.2021.103881&partnerID=40&md5=6276eff52e49c675452a698319b2e469>>.

WU, Z. Y. et al. **Applying deep convolutional neural network with 3D reality mesh model for water tank crack detection and evaluation**. *Urban Water Journal*, v. 17, p. 682–695, 2020. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85084478566&doi=10.1080%2f1573062X.2020.1758166&partnerID=40&md5=de0dc7458742f33962889049ba5234fd>>.

YIN, L. et al. **Parameters Optimization of UAV for Insulator Inspection on Power Transmission Line**. *IEEE Access*, p. 1, 2022. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85135244061&doi=10.1109%2fACCESS.2022.3192643&partnerID=40&md5=bee1f056c3e96c0ec21714733e008b43>>.

ZULUAGA, C. M.; ALBERT, A.; WINKEL, M. A. **Improving Safety, Efficiency, and Productivity: Evaluation of Fall Protection Systems for Bridge Work Using Wearable Technology and Utility Analysis**. *Journal of Construction Engineering and Management*, v. 146, n. 2, 2020. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85076455838&doi=10.1061%2f%28ASCE%29CO.1943-7862.0001764&partnerID=40&md5=c4e3c9ae87b6021e0838bfc554b325f8>>. Acesso em: 18 set. 2022.

ANEXO A – AVALIAÇÃO DE RISCO OPERACIONAL

Em cumprimento ao parágrafo [E94.103(f)(2) ou E94.103(g)(2)] do RBAC-E nº 94 da ANAC

Operador:
 CPF ou CNPJ:
 Aeronave(s):
 Cenário operacional:

Aspectos gerais:

Legislação aplicável:

- o Código Brasileiro de Aeronáutica (Lei nº 7.565/1986);
- o RBAC-E nº 94, da ANAC;
- a IS nº E94-001 - Revisão A, da ANAC;
- a IS nº E94-002 - Revisão A, da ANAC;
- a IS nº E94-003 - Revisão A, da ANAC (esta IS);
- a IS nº E94.503-001 - Revisão A, da ANAC;
- a Resolução nº 25/2008, da ANAC;
- a ICA 100-40, reeditada em 10 de março de 2017, do DECEA;
- a ICA 100-12, reeditada em 10 de novembro de 2016, do DECEA;
- a ICA 100-37, reeditada em 10 de novembro de 2016, do DECEA;
- a Resolução Anatel nº 242, de 30 de novembro de 2000;
- a Resolução Anatel nº 506, de 1º de julho de 2008; e
- a Resolução Anatel nº 635, de 9 de maio de 2014.

O operador é obrigado a se manter em áreas distantes de terceiros?

Os pilotos e observadores devem passar por algum treinamento inicial ou periódico específico provido pela empresa? Se sim, especificar:

Em caso de acidente com lesões a pessoas, quem acionar? Como proceder?

Avaliação do risco:

Situação 1	Perda do link
Probabilidade de ocorrência	[NÍVEL DE 1 À 5]
Severidade da ocorrência	[NÍVEL DE A à E]
Risco	[1A ..., 2A ..., 3B..., 5C ... conforme os campos acima]
Tolerabilidade	[tipo de risco classificado de acordo com a matriz. Ex: risco muito baixo... Baixo risco... Risco moderado...)
Nível hierárquico de autorização da operação	Chefia imediata
Medidas de mitigação do risco	Utilização de <i>check list</i> de pré- operação, com item específico de verificação da programação do <i>crash site</i> .
Situação 2	Existência de tráfego Aéreo local
Probabilidade de ocorrência	
Severidade da ocorrência	
Risco	
Tolerabilidade	
Nível hierárquico de autorização da operação	Operacional
Medidas de mitigação do risco	
Situação 3	Presença de pessoas não anuentes
Probabilidade de ocorrência	
Severidade da ocorrência	
Risco	
Tolerabilidade	
Nível hierárquico de autorização da operação	Operacional
Medidas de mitigação do risco	

Situação 4	Presença de pessoas não anuentes
Probabilidade de ocorrência	
Severidade da ocorrência	
Risco	
Tolerabilidade	
Nível hierárquico de autorização da operação	Operacional
Medidas de mitigação do risco	
Situação 5	Presença de pessoas não anuentes
Probabilidade de ocorrência	
Severidade da ocorrência	
Risco	
Tolerabilidade	
Nível hierárquico de autorização da operação	Operacional
Medidas de mitigação do risco	

Matriz de risco:**Probabilidade da ocorrência:**

- Nível 5 (frequente): é provável que ocorra muitas vezes, ou historicamente tem ocorrido frequentemente;
- Nível 4 (ocasional): é provável que ocorra algumas vezes, ou historicamente tem ocorrido com pouca frequência;
- Nível 3 (remoto): é improvável, mas é possível que venha a ocorrer, ou ocorre raramente;
- Nível 2 (improvável): é bastante improvável que ocorra e não se tem notícia de que tenha alguma vez ocorrido; e
- Nível 1 (muito improvável): é quase impossível que o evento ocorra.

Severidade da ocorrência:

- Nível A (catastrófico): morte de múltiplas pessoas;
- Nível B (crítico): morte de pessoa, lesões gravíssimas, capazes de deixar sequelas significativas e/ou incapacitantes, tais como cegueira, paralisia, amputações, etc.;
- Nível C (significativo): lesões sérias a pessoas, mas não incapacitantes nem com sequelas significativas;
- Nível D (pequeno): incidentes menores, danos a objetos, animais ou vegetação no solo, lesões leves;
- Nível E (insignificante): somente danos ao equipamento.

Tolerabilidade:

			Severidade				
			Catastrófico	Crítico	Significativo	Pequeno	Insignificante
			A	B	C	D	E
Probabilidade	Frequente	5	5A	5B	5C	5D	5E
	Ocasional	4	4A	4B	4C	4D	4E
	Remoto	3	3A	3B	3C	3D	3E
	Improvável	2	2A	2B	2C	2D	2E
	Muito improvável	1	1A	1B	1C	1D	1E

- **Risco extremo** (classificações 4A, 5A e 5B): a operação não deve ocorrer e, caso esteja ocorrendo, deve cessar imediatamente, enquanto persistir a condição ou até que medidas mitigadoras suficientes reduzam o risco para um nível aceitável pelo operador. Caso ainda se decida prosseguir com a operação, controles preventivos para mitigação do risco devem ser estabelecidos, devem estar em vigor e a aprovação da hierarquia mais alta da empresa (presidente) deve ser requerida.

- **Alto risco** (classificações 3A, 4B e 5C): a operação não deveria ocorrer e, caso esteja ocorrendo, deveria cessar imediatamente, enquanto persistir a condição ou até que medidas mitigadoras suficientes reduzam o risco para um nível aceitável pelo operador. Caso ainda se decida prosseguir com a operação, controles preventivos para mitigação do risco devem ser estabelecidos, devem estar em vigor e a aprovação da hierarquia de gestão da empresa (gerente ou diretor) deve ser requerida.

- **Risco moderado** (classificações 1A, 2A, 2B, 3B, 3C, 4C, 4D, 5D, 5E): a operação pode ocorrer com controles preventivos para mitigação do risco estabelecidos e que devem estar em vigor, conforme necessários. Operações neste nível de risco deveriam ser aprovadas por nível hierárquico imediatamente superior (chefia imediata).

- **Baixo risco** (classificações 1B, 1C, 2C, 2D, 3D, 3E, 4E): a operação pode ocorrer e controles preventivos para mitigação de risco e aprovação por nível hierárquico imediatamente superior (chefia imediata) são opcionais.

- **Risco muito baixo** (classificações 1D, 1E e 2E): a operação é aceitável como concebida, e nenhum controle preventivo para mitigação de risco e aprovação é requerida para que ela ocorra.

Disposições finais:

Declaro para os devidos fins que todos os pilotos remotos conhecem e cumprem a legislação e regulamentação aplicáveis, em especial as acima listadas, assim como conhecem as consequências do descumprimento.

Responsável pelas informações:

Data e assinatura:

Esta avaliação de risco operacional é válida até:

APÊNDICE A - CHECKLIST PARA INSPEÇÃO DE SPDA

CHECKLIST PARA INSPEÇÃO VISUAL DE SISTEMAS DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS (SPDAS)					
TIPO: <input type="checkbox"/> Haste de Franklin <input type="checkbox"/> Gaiola de Faraday <input type="checkbox"/> Esferas rolantes			MOTIVO: <input type="checkbox"/> Suspeita de descarga <input type="checkbox"/> Semestral <input type="checkbox"/> Alteração estrutural <input type="checkbox"/> Outros: _____		
Data: ____/____/____ Nº: _____ Empresa: _____ CNPJ: _____					
BASEADO NA ABNT NBR:5419					
HASTES CAPTORAS		NÃO SE APLICA	SIM	NÃO	OBSERVAÇÕES
1	Apresentam boas características de fixação ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2	Apresentam trincas ou pontos de fusão ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3	Apresentam pontos de oxidação, corrosão ou ferrugem ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4	Apresentam alguma alteração física (torção, ausência de algum componente) ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
SISTEMA DE DESCIDA (ISOLADORES)		NÃO SE APLICA	SIM	NÃO	OBSERVAÇÕES
5	Os isoladores estão devidamente fixados ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6	Apresentam algum tipo de alteração física ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
7	Existem pontos de oxidação ou corrosão nos isoladores ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
8	As borrachas apresentam avarias ou rachaduras ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
SISTEMA DE DESCIDA (CABEAMENTO)		NÃO SE APLICA	SIM	NÃO	OBSERVAÇÕES
9	Existe contato do cabo com alguma parte da estrutura (exceto isoladores) ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
10	Os cabos estão bem tensionados ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
11	Existem sujidades (massas, resinas, tintas) que possam comprometer o sistema ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
12	Presença de corrosão ou oxidação nos cabos do sistema Gaiola de Faraday ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
13	Existem conexões ou emendas em cabos do sistema Gaiola de Faraday ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
14	Existem conexões ou emendas nos condutores de descida ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
15	As conexões ou emendas apresentam pontos de oxidação ou corrosão ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
OBSERVAÇÕES GERAIS:					