



### **GRUPO III**

#### **ESTUDO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO - GLT**

ANÁLISE DOS MÉTODOS DE INSPEÇÕES TRADICIONAIS COM IMAGENS MULTIESPECTRAIS EM RELAÇÃO AO USO DE RPAS (DRONE) EM LINHAS DE DISTRIBUIÇÃO.

Antônio Otávio Fernandes - Invent Vision

Daniel Barroso Resende\* - Invent Vision

Luiz Fernando Etrusco Moreira - Invent Vision

## RESUMO

O sistema elétrico tem milhares de quilômetros de linhas de distribuição espalhados por todo o território brasileiro. Inspeccionar suas linhas tem um trâmite altamente dispendioso, e para isso, diversas tecnologias de inspeção são utilizadas.

Essa análise tem objetivo de fornecer ao setor elétrico uma comparação dos resultados obtidos com uso de RPAs em relação aos métodos tradicionais de inspeções adotados. Esperamos com isso, demonstrar aos gestores do sistema elétrico brasileiro, as anomalias que são possíveis de serem identificadas nas inspeções com o uso dessa nova tecnologia, e as anomalias que ainda não são possíveis de serem identificadas.

Palavras-chave:

RPA; Linhas de Distribuição, Redes de Distribuição; Imagens Multiespectrais e Inspeção

## 1 - INTRODUÇÃO

As inspeções nas linhas de distribuição (LDs) e redes de distribuição (RDs) apresentam desafios, o primeiro é referente a extensão da área a ser inspecionada. No caso brasileiro, de acordo com o Operador Nacional do Sistema Elétrico, a extensão da rede básica de transmissão em 2019 era de 141.756 km, uma extensão de quase vinte vezes a costa brasileira (7491 km), outro é em relação a dificuldade de acesso às áreas remotas que essas linhas e redes tem, para melhorar os resultados existe uma busca constante nas evoluções da metodologia de inspeções que buscam soluções para amenizar as dificuldades ressaltadas. Essas evoluções podem ser categorizadas em diferentes diretrizes de atuação.

### 1.1 - Evoluções nas inspeções aéreas

A primeira é referente a forma de transporte utilizada para as rotas de inspeção, como alternativa ao deslocamento terrestre, são utilizadas as rotas de inspeção aérea como, por exemplo, utilizando helicópteros que possibilitaram uma visão mais abrangente da área inspecionada, reduzindo significativamente o tempo médio de uma inspeção, em um dia (seis horas de inspeção) em média são inspecionados 240 km de linhas de distribuição, essa produtividade é menor em redes de distribuição e maior na linhas de transmissão, esse fator se deve principalmente a altura das estruturas e a distância entre as mesmas (vãos), o equivalente em uma inspeção terrestre apresenta uma distância inspecionada estimada de 6 km, ou seja, uma produtividade 40 vezes menor. Outros ganhos das inspeções aéreas são: i) visão da parte superior dos componentes e acessórios da estrutura; ii) visualização de toda a faixa de servidão ao longo da LD e, iii) possibilidade de inspeção detalhada em locais restritos e/ou de difícil acesso.

A segunda é referente aos instrumentos utilizados durante a coleta de dados. As primeiras inspeções em linhas de distribuição eram realizadas através da percepção visual dos inspetores com auxílio de binóculos e câmeras fotográficas, utilizados na identificação de anomalias visuais localizadas em estruturas e vão ao longo das linhas e redes de distribuição. A partir de 1996, foram incorporadas tecnologias de imagens multiespectrais (imagens termais e visíveis), capazes de localizar pontos com anomalias térmicas nos processos de inspeções preditivas.

Com a evolução da tecnologia, a partir de 2003 concessionárias começaram a utilizar novas ferramentas nas inspeções aéreas. Equipamentos como Gimbal (esfera de giro estabilizado), constituído de câmeras térmica, visual e UV, utilizando como plataforma um helicóptero, esse novo recurso permitiu que as inspeções visuais e termográficas fossem realizadas simultaneamente, ou seja, em um mesmo voo.

Apesar dos avanços descritos, as inspeções em linhas de distribuição ainda apresentam desafios, pois os ganhos de produtividade das rotas de inspeção aérea são descompensados pelos altos custos das horas de voo e necessidade de pessoal dedicado para operar o helicóptero e equipamentos. Com isso, as inspeções não apresentam nem a frequência nem a abrangência necessária, priorizando apenas as linhas de distribuição com desempenho insatisfatório, não cumprindo de fato seu papel preditivo.

### 1.2 - Novas procedimentos de inspeções

Mais recentemente o setor elétrico, passando por diversas mudanças estruturais, estratégicas e mesmo culturais, neste cenário de mudanças, o contingente de mão de obra disponível está cada vez mais restrito devido ao seu custo fixo elevado, concomitantemente à exigência de índices cada vez melhores de DEC (Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora) e do FEC (Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora) que são demandados às concessionárias de energia. Diante desta situação, nos últimos anos novas tecnologias têm sido desenvolvidas e aplicadas no setor elétrico, buscando aumento na produtividade das campanhas de inspeção de linhas e redes de distribuição, um dos avanços tecnológicos que podem ser observados é o uso de imagens multiespectrais (imagens termais, visíveis e UV) nos processos de inspeção com a finalidade de melhorar a manutenção preditiva em linhas e redes de distribuição das concessionárias de energia.

Pensando em eliminar os custos com helicóptero, equipamentos dedicados e principalmente os gastos com pessoal, novas metodologias como as inspeções com RPAs (Aeronave Remotamente Pilotada), chamado popularmente de drone, já vem sendo utilizada nas inspeções de ativos do setor elétrico, que através da produção de imagens

multiespectrais (principalmente RGB e térmica), vem contribuindo para melhoria dos indicadores de desempenho das empresas.

Esse novo método de inspeção de LDs, está crescendo muito em todo setor elétrico brasileiro, gerando muito material de mídia digital das anomalias encontradas durante as inspeções, pensando nessa crescente utilização, realizamos uma análise comparativa entre as diversas formas de inspeções realizadas por concessionárias de energia elétrica, como: inspeção aérea; inspeção aérea com a utilização do gimbal; inspeções terrestres com e sem subida nas estruturas e comparamos com os resultados já obtidos com a utilização dos RPA(s), nas realizações de inspeções do sistema elétrico.

## 2 - DESENVOLVIMENTO

Devido ao uso crescente desta nova tecnologia e por já estarem sendo utilizada nas inspeções de ativos do sistema elétrico, com bons resultados apresentados até o momento, realizamos esse estudo em parceria com profissionais especializados em inspeção, como: pilotos de helicóptero de linhas e redes de distribuição, operador de RPA e especialistas que utilizam equipamentos com recursos tecnológicos avançados, essas conversas realizadas com os diversos profissionais bem como as respostas de alguns questionários, são fatores decisivos para realizar essa análise, que tem o objetivo de demonstrar as vantagens e desvantagens do uso do RPA em relação aos métodos de inspeções mais utilizados pelo setor elétrico. Nesse estudo foi avaliado os seguintes itens: custos, resultados obtidos, produtividade e um possível cenário com as inspeções sendo realizada por sistematização do processo de coleta de imagens.

### 2.1 - Consultas a profissionais e especialistas

Para sua realização, foram elaboradas algumas perguntas, enviadas via google drive a diversos profissionais envolvidos nas atividades de inspeção e operação dos ativos de linhas e redes de distribuição (01). Estaremos comparando esses resultados com alguns artigos já publicados sobre o tema para realizamos nossa análise.

Algumas das vantagens na utilização do RPA (drones) nas inspeções de redes e linhas de distribuição, informadas via questionários:

- Maior produtividade e redução de custo;
- Melhor segurança e qualidade das informações das estruturas e vãos;
- Maior agilidade e documentação georreferenciada com imagens das inspeções;
- Facilidade de inspecionar locais de difícil acesso.

Levantamento das vantagens do uso de RPAs no setor elétrico, apresentado pela Pix Force (02):

- Os drones podem mover-se sobre terrenos acidentado, onde é difícil para os trabalhadores de solo se deslocarem. Também podem enviar fotos que mostram a condição das linhas de energia;
- Os drones realizam o trabalho de forma muito mais rápida, em razão de sua praticidade e operacionalidade;
- Reduzir os custos de serviços, tanto para inspeções de rotina quanto para levantamento de danos nas redes de energia após desastres naturais;
- Melhorar a segurança dos trabalhadores envolvidos diretamente na inspeção.

Algumas das respostas do levantamento realizado pela Elektro e apresentado no XXV SNPTEE sobre vantagens da utilização de RPA no setor elétrico (03):

- Possibilidade de realizar voos com duas câmeras simultâneas – visual e térmica;
- Câmera visual com 30 vezes de zoom ótico, permitindo assim voar mais distante das estruturas e maior alcance nas inspeções;
- Ganhos na segurança, foi em eliminar os riscos de ergonomia e queda de colaboradores durante as escaladas para a realização das inspeções;
- Ganhos na Qualidade, foi possível captar e avaliar com um olhar bem mais crítico os possíveis pontos de anomalias existentes na estrutura, pois com o Drone é possível “enxergar” os acessórios das estruturas em diversos ângulos;

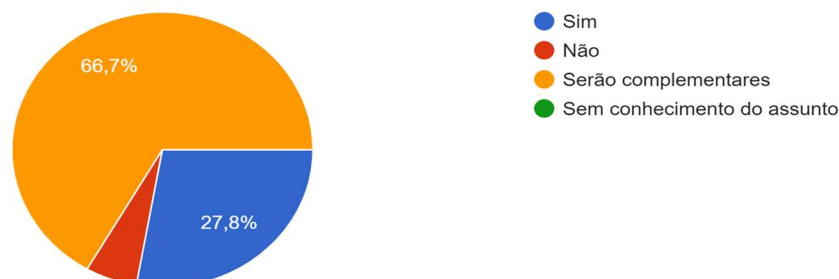
### 2.2 - Análise dos resultados recebidos dos especialistas

Para realizar a análise, elaboramos algumas perguntas que foram enviadas via google drive a diversos profissionais envolvidos nas atividades de inspeção e operação dos ativos de linhas e redes de distribuição, esse resultado será apresentado de forma gráfica com as suas principais justificativas.

### 2.2.1 – Comparação entre RPA e as inspeções terrestres.

Pela sua experiência, você acha que os RPA (drones) vão substituir as inspeções terrestres em redes e linhas de distribuição?

18 respostas



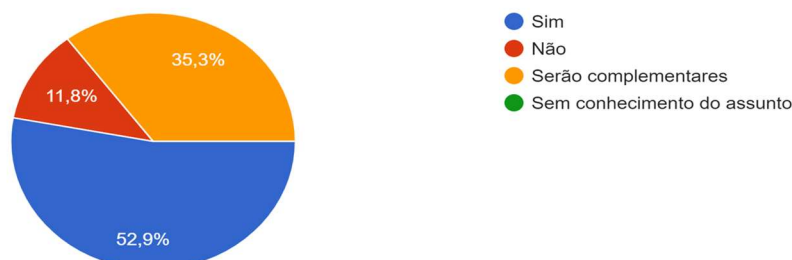
Resumo das justificativas fornecidas pelos especialistas nas respostas enviadas:

- Algumas ainda não serão possíveis, principalmente as de sanidade de poste de madeira;
- Em redes de distribuição em algumas concessionárias isso já é uma realidade;
- Em linhas de distribuição algumas inspeções de estruturas metálicas já estão sendo substituídas;
- RPA vem se tornando uma ferramenta impar para melhorar a qualidade e produtividade das inspeções.
- Entendo o RPA (drone) como uma excelente ferramenta a ser utilizada conjuntamente com as inspeções terrestres. Pode vir a substituir quase que totalmente as atividades que necessitem de escalada das estruturas.

### 2.2.2 - Comparação entre RPA e a inspeção aérea visual.

Pela sua experiência, você acha que os RPA (drones) vão substituir as inspeção aérea visual em redes e linhas de distribuição?

17 respostas



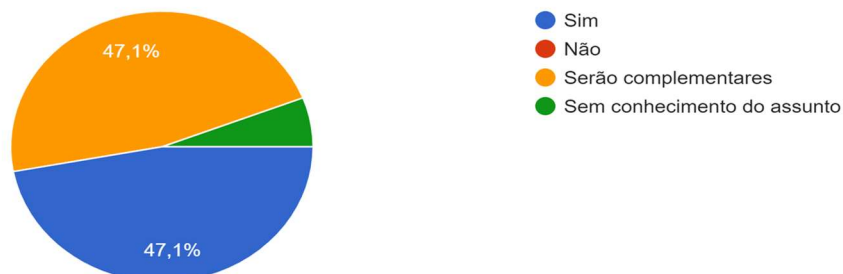
Resumo das justificativas fornecidas pelos especialistas nas respostas enviadas:

- Em um futuro próximo esses processos serão automatizados.
- Em Redes de 13,8 kV isso já é realidade.
- Tem melhor qualidade é possível que substitua sim, mas vale lembrar que apesar do custo ser menor o tempo gasto para essa inspeção é bem maior do que quando realizada com helicóptero.
- A produtividade do helicóptero é superior pela quantidade de estruturas que se pode inspecionar por hora;
- Serão complementares uma vez que a Regulamentação vigente não permite o uso do RPA com distâncias além do alcance visual do operador (voo VLOS);
- As duas opções se complementam.
- Entendo que ainda não. Enquanto não for possível a realização de voos autônomos em grandes distâncias e com uma inteligência artificial bem aprimorada para identificação de defeitos, não vejo como substituir as inspeções aéreas realizadas por inspetores e helicópteros pelos drones.

### 2.2.3 - Comparação entre RPA e a inspeção aérea com a utilização do gimbal.

Pela sua experiência, você acha que os RPA (drones) vão substituir as inspeção aérea com a utilização do Gimbal (esfera estabilizada equipada ... e outra visual) em redes e linhas de distribuição?

17 respostas



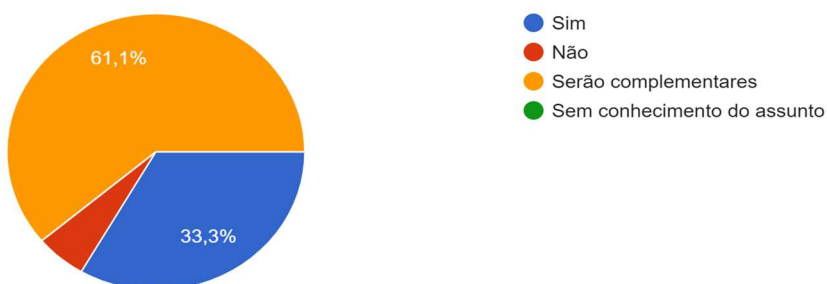
Resumo das justificativas fornecidas pelos especialistas nas respostas enviadas:

- Em alguns casos não será possível ainda;
- Um drone com boa capacidade operacional equipado com um Gimbal com sensores como: DJI Zenmuse XT2, Zenmuse Z30 ou a ZENMUSE H20, poderá sim executar o mesmo serviço de um helicóptero com Gimbal;
- Serão complementares uma vez que a Regulamentação vigente não permite o uso do RPA com distâncias além do alcance visual do operador (voo VLOS);
- As duas opções se complementam;
- Entendo que ainda não. Enquanto não for possível a realização de voos autônomos em grandes distâncias e com uma inteligência artificial bem aprimorada para identificação de defeitos.

### 2.2.4 - Comparação entre RPA e as inspeções especiais e de emergência.

Pela sua experiência, você acha que os RPA (drones) vão substituir as Inspeções especiais e de emergência em redes e linhas de distribuição?

18 respostas



Resumo das justificativas fornecidas pelos especialistas nas respostas enviadas:

- Já estamos inclusive com uma proposta de trabalho piloto de Sobreaviso de equipes de inspeção de Drones;
- No caso de redes sim, vai substituir;
- Em linhas de distribuição tende a ser complementar porque o helicóptero é mais rápido em longas distâncias;
- Serão de grande auxílio nas inspeções especiais em locais específicos principalmente se estiverem embarcados os sensores DJI Zenmuse XT2, Zenmuse Z30 e a ZENMUSE H20;
- As duas opções possuem vantagens e desvantagens, que as tornam mais interessantes em certos casos e menos viáveis em outros. Por isso se complementam.

### 2.3 - Resultados de alguns levantamentos de campo realizados com a utilização de RPAs nas inspeções.

Em comissionamento de novas linhas de distribuição, foi possível verificar problemas com amarrações arrebitadas e ainda possibilitou realizar uma inspeção visual em várias estruturas, sendo inspecionado aproximadamente 200 km de linhas de distribuição, com ganhos em produtividade e informações sobre o estado real das linhas a serem comissionadas.

Nas inspeções de emergências e especiais, foi possível avaliar a parte superior da estrutura evitando assim a necessidade de subir nas estruturas. Outro ganho foi na riqueza de detalhes da inspeção tais como: excelente qualidade de imagens e a capacidade de avaliação das estruturas de diversos ângulos. Dessa forma é possível realizar análises posteriores das imagens, facilitando a identificação de defeitos e programação da manutenção. Além disso os dados das inspeções ficam registrados para um melhor acompanhamento do sistema.

Em relação as inspeções terrestres com subida, o uso de RPA permite uma visão nítida de todos os componentes das estruturas, reduzindo a necessidade de escalada nas estruturas. A inspeção é realizada com mais segurança e ainda possibilita inspeções no meio do voo. As inspeções com o RPA têm um menor custo, maior rapidez, além de possibilitar o registro fotográfico da falha permitindo orientar as manutenções.

Em agosto de 2021, realizamos voos em Brasília em linhas de distribuição da CEB (Neoenergia), essas missões tinha como objetivo avaliar o sistema de captura automática de imagens desenvolvido pelo P&D-1806/2018 "Plataforma Inteligente para Inspeção e Diagnóstico por Imagens Aéreas Multiespectrais Aplicada em Manutenção de Linhas de Distribuição" e em relação a velocidade de voo, iniciamos os voos com velocidade média de 1,2 m/s, o que nos fornecia um volume de fotos maior do que 300 unidades por voo da aeronave e, por fim, estávamos voando sempre acima de 2,2 m/s, reduzindo o número de fotos obtidas por par de torre (ver Figura 1), mas aumentando o número de pares de torre verificados com cada set de bateria.

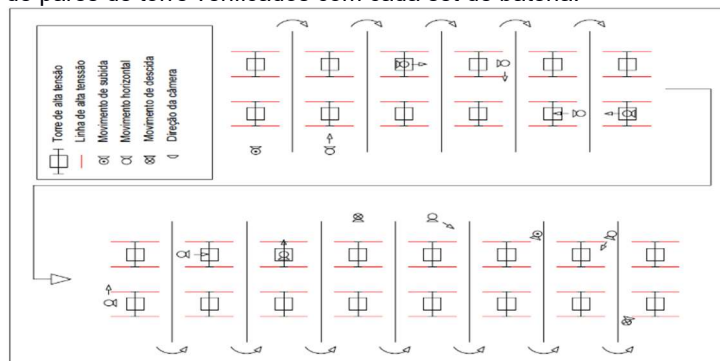


Figura 1 - Movimentos da aeronave quando as torres de alta tensão se encontravam alinhadas

### 2.4 - Custo estimado da inspeção com o RPA por km:

Para a realização de uma inspeção com escalada, em média temos uma produtividade de 3,2 km ou 8 estruturas metálicas por dia, já com a utilização do RPA foi possível inspecionar em média de 10 Km, ou 25 estruturas metálicas por dia, incluindo o deslocamento e utilizando apenas 2 eletricitistas, com isto o custo da inspeção com RPA é 66% menor se comparada a inspeção terrestre detalhada com subida.

Para ajudar na visualização, elaboramos uma tabela comparativa entre os tipos de inspeções e comparáramos com alguns itens como: custo, produtividade, segurança e armazenamento das informações.

Informações das Inspeções	Inspeção Terrestre	Inspeção Aérea	Inspeção RPA (drone)
Custo por Km	Alto	Alto	Baixo
Produtividade por Km	Baixa	Alta	Media
Segurança nas Inspeções	Media	Media	Alta
Armazenamento das Informações	Baixa	Media	Alta

Para finalizar, podemos afirmar, que em um futuro próximo a sistematização e coleta periódica de imagens de um mesmo ativo, permitirão o monitoramento da vida útil através do acompanhamento de vários parâmetros. Espera-se que com a automatização das análises de falhas por imagens obtenha-se uma redução de custos operacionais para a realização dos diversos tipos de inspeções e ainda com um aumento na cobertura de falhas, possibilitando uma maior disponibilidade dos equipamentos.

## 2.5 - Sistematização da coleta de imagens e vídeos.

De acordo com o tipo de levantamento podendo ser estático ou dinâmico (imagens ou vídeo): definição da realização de missão com imagens estáticas, vídeos ou missões de caráter misto, nas quais serão utilizadas as duas formas de captura privilegiando a identificação automática de ativos ou a inspeção detalhada de um ativo (ver Figura 2).

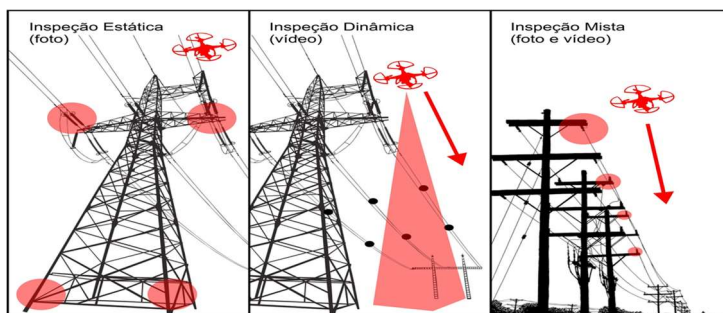


Figura 2 – Tipos de inspeções

Definição do espectro, se visível, térmico, uv, ou pares deles: seleção das câmeras (ver Figura 3) que irão compor o payload de acordo com o tipo de defeito que se deseja detectar. Imagens de infravermelho distante para todos os tipos de anomalias térmicas; imagens no visível para as anomalias físicas, estruturais e dimensionais; imagens de UV para efeito corona.



Figura 3 – Imagens nos espectros térmico, uv e visível

O registro de todos os sensores disponíveis no RPA juntamente com a imagem ou vídeo capturados, incluindo a posição geográfica: para que se possa recompor a cena fotografada, é necessário armazenar os dados dos diversos sensores que compõe o RPA e seus acessórios de forma a garantir a repetibilidade das coletas de imagem e consequentemente a acurácia dos algoritmos de análise automática de defeitos. Os sensores que deverão ter os dados armazenados em companhia de imagem (ver Figura 4) são: gps (coordenadas geográficas da foto); ahrs (posição do RPA em relação ao solo: row, pitch, yaw) e norte magnético; altímetro (altura do RPA em relação ao solo), encoders do gimbal (posição da câmera em relação ao RPA).

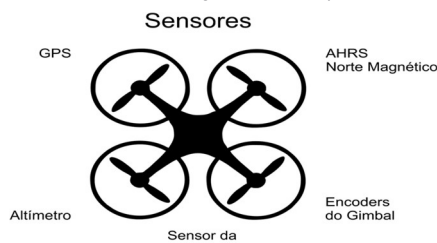


Figura 4 – informações a serem armazenados junto a imagem

O armazenamento das séries históricas de imagens e vídeos em bancos de dados: as imagens e vídeos capturados durante as missões, juntamente com os dados de outros sensores da aeronave são então armazenados em séries históricas utilizando uma estrutura de banco de dados.

O treinamento assistido pelos especialistas para cada mecanismo de falha: de posse dos bancos de imagens e vídeos coletados, os mesmos são avaliados e previamente classificados pelos especialistas de forma a gerar o treinamento para os algoritmos (ver Figura 5) que irão detectar e classificar os diferentes mecanismos de falha.



Figura 5 – Processo de treinamento dos algoritmos



A partir da implementação dos algoritmos de visão computacional clássicos e também dos algoritmos de aprendizado de máquina (ver Figura 6), os mesmos serão iterativamente parametrizados para que se obtenha análises consistentes para os mecanismos de falha selecionados.

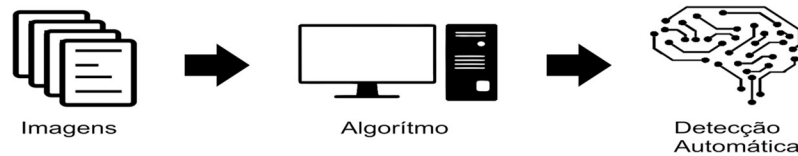


Figura 6 – Automação da detecção de anomalias.

### 3 - CONCLUSÃO:

É possível avaliar com base nas informações recebidas e pelo conhecimento do assunto que a utilização de RPAs é uma ferramenta que será muito utilizada no setor elétrico, principalmente para ambientes de linhas e redes de distribuição, que por apresentarem alta periculosidade e grandes extensões, impõem uma grande dificuldade de acesso às suas estruturas e vãos na realização de suas inspeções.

Analisando alguns dos resultados da pesquisa como nas respostas sobre as vantagens na utilização RPA (drones) nas inspeções de redes e linhas de distribuição, é possível afirmar, que existe um ganho enorme na sua utilização tanto no aspecto econômico como na produtividade das inspeções, segurança e nas melhorias dos resultados, impactando diretamente na melhoria do DEC e FEC.

Sobre a possibilidade dos RPA (drones) substituírem as inspeções tradicionais como as Inspeções Terrestres com subida, foi possível verificar que a grande maioria das respostas ao questionário (67%) acham que elas serão complementares. Entendemos que em sua grande maioria elas serão substituídas pelas inspeções com o RPA, ficando apenas inspeções especiais como: corrosão e de sanidade das estruturas de madeira. Já na inspeção aérea de linhas e redes de distribuição o percentual foi 53% que acham que a inspeção com o RPA poderá substituir a inspeção aérea com helicóptero e 35% que elas serão complementares. Hoje existem três problemas que dificultam a substituição definitiva da inspeção aérea: a autonomia do RPA, sistematização da inspeção e legalização dos voos autônomos em grandes distâncias (04). Resolvido esses problemas a substituição seria possível. Para as inspeções aéreas com equipamentos como o Gimbal o percentual ficou em 47% para ambas a situações, ou seja, metade acha que serão complementares e metade acha que serão substituídas pelos RPAs. Em termos de recursos embarcados no Gimbal e no RPA, não vejo diferenças que não possam viabilizar a sua realização. O problema como no item anterior, e que essa substituição só será totalmente possível com os avanços da sistematização do processo. Quanto as inspeções de emergência com o RPA, a grande maioria 61% acham que elas serão complementares, esse resultado é também a mesma opinião que temos sobre esse tipo de inspeção, pois nesses casos existem diversos fatores que não são previsíveis dificultando o uso exclusivamente desse recurso. Já nas inspeções especiais acho que é uma ferramenta muito interessante para ajudar na identificação e esclarecimento de ocorrências que tenham como causa as falhas indeterminadas e ou permanentes.

Essa análise teve o objetivo de fornecer ao setor elétrico, uma comparação dos resultados obtidos com uso de RPAs por algumas empresas do setor elétrico em relação aos métodos tradicionais de inspeções adotados nas linhas e redes de distribuição. Esperamos com isso disponibilizar aos gestores informações importantes para uma tomada de decisão, definindo qual método de inspeção utilizar, comparando as informações possíveis de serem levantadas junto às concessionárias como: gastos com cada tipo de inspeção, identificação das anomalias passíveis de serem identificadas nas inspeções, tempo gasto para realizar cada tipo de inspeção e ainda a avaliação de um possível cenário com a sistematização do processo de coleta de imagens.

Esse estudo foi financiado pelo Programa de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), através do P&D-1806/2018 "Plataforma Inteligente para Inspeção e Diagnóstico por Imagens Aéreas Multiespectrais Aplicada em Manutenção de Linhas de Distribuição", patrocinado pela CEB e executado pela Invent Vision.

### 4 - BIBLIOGRAFIA

- (01) Pesquisa Google Drive - [https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLScF\\_SQGaFSYA\\_igCo\\_Tw27rxygt3N-RpeERI9dtF\\_vPI0DPbbA/viewform?usp=sf\\_link](https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLScF_SQGaFSYA_igCo_Tw27rxygt3N-RpeERI9dtF_vPI0DPbbA/viewform?usp=sf_link)
- (02) Ramos, Roberto em agosto 18, 2019 – <http://www.globaldrones.net.br/2019/08/18/inspecao-de-linhas-de-transmissao-e-distribuicao-de-energia-com-drones>.
- (03) JUNIOR, LAUDEMIR ANTONIO CARITA (1); TORRES, BRAUST OLIVEIRA (2); PEREIRA, PAULO AUGUSTO (3); ELEKTRO (1); ELEKTRO (2); ELEKTRO (3) - XXV SNPTEE - Grupo de Estudo de Sistemas de Distribuição-GDI - Utilização de Aeronaves não Tripuladas (Drone) nas inspeções de Linhas de Subtransmissão - Mais Qualidade, mais Eficiência e mais Segurança.
- (04) FREITAS, JEFERSON DOMINGUES – Diretor Geral do DECEA - ICA 100-40, "Aeronaves não tripuladas e o Acesso ao Espaço Aéreo Brasileiro" - Portaria DECEA no 224/decea, de 20 de novembro de 2018. - Ministério da Defesa Comando da Aeronáutica Departamento de Controle do Espaço Aéreo.



## 5 - DADOS BIOGRÁFICOS



- Daniel Barroso de Resende;
- Graduado em Engenharia Elétrica pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (dezembro 1999);
- Trabalhou 32,5 anos na Cemig - Companhia Energética de Minas Gerais de 1985 a 2017;
- Gerente de projeto pela Cemig do P&D D319 - Monitoração remota de linhas de transmissão com redes de sensores sem fio (2012 a 2017) em parceria com a UFMG;
- Consultoria para a CEB e CEMIG em projetos de pesquisas de P&D para automação de inspeções de redes e linhas de distribuição utilizando RPA (drones);
- Atualmente é Diretor Técnico da JADE Engenharia Eireli.

- Antônio Otávio Fernandes;
- Graduação em Engenharia Elétrica pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (1980), mestrado em Microeletrônica pela Université de Grenoble I (Scientifique et Medicale - Joseph Fourier) (1985) e doutorado pelo Institut Nationale Polytechnique de Grenoble (1988);
- Professor associado no Departamento de Ciência da Computação da Universidade Federal de Minas Gerais de 1991 a 2016;
- Coordenador do Bacharelado em Ciência da Computação da UFMG (1994-1998);
- Chefe do Departamento de Ciência da Computação (2007-2009);
- Diretor do Instituto de Ciências Exatas da UFMG (2010-2014);
- Atualmente é Diretor de Tecnologia da Invent Vision S.A. Atua nas áreas de sistemas embutidos, microeletrônica, tolerância a falhas e testabilidade.

- Luiz Fernando Etrusco Moreira;
- Bacharelado em física pela universidade federal de minas gerais (1997), mestrado em engenharia elétrica pela universidade federal de minas gerais (1999) e doutorado em engenharia elétrica pela universidade federal de minas gerais (2003);
- Tem experiência nas áreas de Engenharia de Computação, com ênfase em Arquitetura de Sistemas de Computação e Sistemas Embarcados, Óptica e Eletro-Óptica, Sensores e Transdutores, Sistemas de Imagem Multiespectrais e Instrumentação Científica;
- Atualmente é Diretor de Tecnologia - iVision Sistemas de Imagem e Visão S.A. e Pesquisador Associado no Laboratório de Nano-Espectroscopia do Departamento de Física, UFMG – LABns.