



Tipo de Documento:	Relatório Técnico
Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
Título do Documento: Análise de Viabilidade de Uso de Drones em Inspeção de Linhas e Subestações	

RELATÓRIO TÉCNICO

**Análise de Viabilidade Técnica, Econômica,
Regulatória e Segurança de Inspeção de Linhas de
Distribuição e Subestações de Sistemas de Sub
Transmissão das Empresas do Grupo CPFL por
Veículo Aéreo Não Tripulado – VANT –**

RT RED 00019/2020

**Diretoria de Engenharia - RE
Departamento de Engenharia de Distribuição – RED
Gerência de Manutenção Padrões e Manutenção – REDN
(Célula de Linhas Subestações e Equipamentos)**

Novembro de 2020

Nº Documento: Categoría: Versão: Aprovado por: Data Publicação: Página:

18583 Instrução 1.1 JOSE CARLOS FINOTO BUENO 27/07/2022 1 de 121



Tipo de Documento:	Relatório Técnico
Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
Título do Documento: Análise de Viabilidade de Uso de Drones em Inspeção de Linhas e Subestações	

1-OBJETIVO

Avaliar a viabilidade técnica, econômica, segurança e regulatória de utilização de drones em atividades de inspeção de Linhas de Distribuição e Subestações do sistema de Sub Transmissão da CPFL, atendendo as leis vigentes no país. Em complemento, desenvolver especificação técnica mínima a ser observada para aquisição desses equipamentos pelas áreas usuárias, bem como estabelecer os procedimentos de utilização do equipamento em forma de orientação técnica.

Não é intenção deste estudo esgotar este complexo e abrangente tema com sua variedade de alternativas e alta velocidade de evoluções tecnológicas com o tempo, que encontra se presente em vasta literatura envolvendo projetos de pesquisas e desenvolvimento, estudos técnicos, seminários e congressos, catálogos, etc.

2-HISTÓRICO

O sistema de sub transmissão das empresas do Grupo CPFL é de fundamental importância para a operação de distribuição de energia aos seus consumidores (fornecimento de energia elétrica). Em um ambiente regulado cada vez mais exigente com a qualidade do serviço, não são mais toleradas interrupções de grandes proporções. Nesse sentido, a CPFL emprega também um grande esforço em atividades de manutenção preditiva em suas correspondentes linhas de distribuição e subestações do sistema de sub transmissão. Atenta com as tendências de utilização de novas ferramentas que auxiliem nesse processo, identificou-se a necessidade de estudo e avaliação de utilização de Veículos Aéreos Não Tripulados VANT (nominado informalmente como Drones) nas inspeções realizadas pelas equipes da Operação de Serviços de Sub transmissão.

De uma maneira geral, para melhorar a eficiência dos resultados, bem como otimizar os custos operacionais e riscos à segurança dos profissionais, uma das ações estratégicas é a prospecção e ampliação da utilização de técnicas de manutenção preditiva em seus ativos (redes, linhas, subestações e equipamentos).

Particularmente em subestações (SE) e linhas de distribuição (LT) dos sistemas de sub transmissão, constata-se que em várias empresas de energia no Brasil e no mundo, tem sido adotado os Drones para melhoria de várias tarefas (total ou parcial) no campo.

Nº Documento: Categoría: Versão: Aprovado por: Data Publicação: Página:

Na CPFL, este assunto não é novo, tendo sido abordado nas empresas do grupo em vários momentos, dentre eles em 2016, uma época em que ainda haviam várias lacunas na legislação brasileira e também técnicas como a disponibilidade do equipamento, confiabilidade, garantias, assistência técnica, robustez e durabilidade, ensaios de suportabilidade as interferências eletromagnéticas, taxa de falhas típicas, aquecimento elevado (aparelho e baterias), processos de resfriamento e carga em baterias, procedimento padronizado, treinamento e reciclagens dos profissionais. Ao longo dos últimos cinco anos estes temas passaram por evolução, embora existam ainda desafios a serem superados, dentre eles, a necessidade de uma definição clara de atividades envolvidas, para possibilitar avaliação da viabilidade técnica, econômica, regulatória e de segurança em relação aos procedimentos atuais, consagrados no setor elétrico [1].

Atualmente no Brasil, segundo dados obtidos da ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil), como consta da Figura1, levando-se em conta os últimos anos até o final de 2019, foram registrados cerca de 80mil licenças para utilização de Drones. Os Drones profissionais foram responsáveis por 30mil (37%) licenças e os Drones recreativos por 50mil (63%) licenças. No período 2017 a 2019, os registros de licenças tiveram decréscimo, tanto para Drones recreativos (redução média de 22% ao ano) como para Drones profissionais (redução média de 9% ao ano). Anexo I ao presente documento mostra um conceito sobre evolução de novas tecnologias.



Figura 1: Registros de Drones ANAC
(Período: 2017 a 2019)

Atualmente existem 3.400 empresas que trabalham com Drones cadastradas na ANAC, frente 820 companhias que se encontravam listadas pela agência (2017): um salto de mais de 400%. O faturamento no país cresceu 30% em 2018, acompanhando a tendência mundial de crescimento de 33% até 2020. O mercado de Drones global está estimado em US\$ 14 bilhões (2020).

Dada a relevância deste desafio, foi considerado como Meta de 2020 da REDN e várias outras áreas de Engenharia e demais áreas das empresas do grupo CPFL, a necessidade de análise da viabilidade técnica, econômica, segurança e regulatória (legislação) de implementação desta nova tecnologia em atividades de linhas de distribuição (LT) do sistema de sub transmissão e subestações (SE).

3-INTRODUÇÃO

Um sistema elétrico aéreo em operação está sujeito invariavelmente a ocorrências de falhas e defeitos, devidos basicamente a solicitações internas (projeto, construção, operação e manutenção; qualidade de materiais; sobretensões de manobra, transitórios, tensão de operação normal; envelhecimento natural ou acelerado; etc.) e externas (sobretensões advindas de descargas atmosféricas e temporárias; sobrecorrentes de sobrecargas e curtos circuitos; poluição; intempéries; ventos, pássaros e animais; invasões e furtos, etc.), que contribuem para a degradação e desgaste dos materiais ao longo de sua vida útil. As falhas e defeitos em redes, linhas, subestações e equipamentos associados não são incomuns nestes sistemas e geram transtornos aos clientes e, consequentemente, impactos financeiros às concessionárias de energia. Assim, a manutenção preditiva e preventiva dos ativos é de suma importância para manter um fornecimento de energia de qualidade em uma sociedade cada vez mais dependente da energia elétrica e níveis de exigência mais elevados atualmente.

Em suma, por estarem em contato permanente com o ambiente externo (intempéries), os ativos de um sistema elétrico, estão expostos e sujeitos a condições adversas, principalmente por agentes climáticos e químicos, contribuindo para a degradação e desgaste dos materiais ao longo de sua vida útil. Falhas e defeitos em linhas, subestações e equipamentos associados não são incomuns nestes sistemas, trata se de uma questão probabilística (solicitação interna e externa versus suportabilidade das instalações) e geram transtornos aos clientes e, consequentemente, impactos financeiros às concessionárias de energia.

Relativamente aos agentes estressores advindos de sobretensões e sobrecorrentes indicados anteriormente, estes possuem uma tendência de elevação, como disseminado de forma permanente no setor elétrico pela ANEEL (ONS), devido ao crescimento natural dos sistemas elétricos de potência de geração e sistemas de transmissão em extra alta tensão (usinas geradoras, longas linhas de transmissão, etc.) nos últimos vinte anos, associados à instalação de elementos reativos

Nº Documento: Categoría: Versão: Aprovado por: Data Publicação: Página:

(reatores e banco de capacitores) e variação climática, trazendo consigo o aumento de solicitações e transitórios (sobrecorrentes, sobretensões, etc.), também para os demais sistemas elétricos interligados de sub transmissão (linhas, subestações de distribuição convencionais e equipamentos associados), e, comportamentos inesperados. De maneira contínua são as discussões sobre a necessidade de análises mais aprofundadas das consequências deste crescimento.

Para superar estes desafios as empresas de energia possuem suas estratégias, como por exemplo na sub transmissão: equipamentos móveis, reserva técnica de equipamentos e materiais, nível de padronização elevado, busca permanente de técnicas de manutenção preditiva, sistema de acompanhamento climático online planos de modernização, planos de inspeção e manutenção de instalações e equipamentos associados, dentre outras.

Especificamente sobre os procedimentos atuais de inspeção de subestações e linhas, têm sido sistematicamente mencionados, por serem supostamente considerados custosos, de eficiência limitada e, muitos deles, apresentam riscos aos profissionais envolvidos. Os principais métodos de inspeção em subestações e linhas são basicamente inspeção aérea e inspeção terrestre.

Os métodos de inspeção aérea convencionais em LT são realizados por operadores humanos com o uso de aeronaves tripuladas (helicópteros), que sobrevoam as linhas a distâncias muito próximas das mesmas, um procedimento considerado de alto risco à segurança dos profissionais envolvidos. Além dos riscos e um determinado custo (supostamente elevado), por empresa contratada acrescida de equipe de profissionais própria, este procedimento promove visão limitada das linhas, o que pode induzir erros à inspeção do operador.

Da mesma forma, os métodos de inspeção terrestres convencionais para SE e LT, apresentam riscos à segurança e tem produtividade limitada, uma vez que o operador deve executar os procedimentos e equipamentos de segurança, para subida e descida das estruturas que julgar necessárias, além do tempo dispendido com o procedimento de inspeção visual. Em complemento, para locais de difícil acesso as inspeções podem ficar prejudicadas, morosas e muitas vezes impossibilitadas (mangues, travessias de rodovias, ferrovias e rios, etc.). É nesse contexto que a inspeção de LT e SE por Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT – Drones) está inserida. Anexo IV e V ao presente documento mostra alternativas e características típicas destes equipamentos.

Nº Documento: Categoría: Versão: Aprovado por: Data Publicação: Página:

As novas tecnologias estão cada vez mais presentes nas atividades de monitoramento e inspeção, e, os VANT poderão mudar esta situação nos próximos anos com equipe própria ou serviços contratados mundialmente. Apesar do uso destes aparelhos no setor de energia ser relativamente novo no Brasil, começa a ganhar espaço por permitir uma avaliação mais assertiva dos ativos, tendo potencial para refletir em ganhos operacionais, em análise no presente trabalho.

O Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) é a terminologia oficial prevista pelos órgãos reguladores do transporte aéreo para definir este escopo de atividade no Brasil. Caracteriza-se como VANT toda aeronave projetada para operar sem piloto a bordo em caráter não recreativo e possuir carga útil embarcada (câmera, sensores, etc.). Também se utiliza o termo “*Drone*” para sua denominação, um termo genérico originado nos EUA, porém sem amparo técnico ou definição na legislação. No item 7 do presente documento serão aprofundados os conceitos e terminologias praticados pela legislação brasileira, para as diferentes categorias de VANTs.

Dado este cenário, torna-se essencial uma nova análise da possibilidade de utilização de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) e seus dispositivos acoplados, através de uma avaliação da viabilidade técnica, econômica, regulatória e de segurança do processo de inspeção, que visa a segurança das pessoas, instalações e meio ambiente, redução de custos, aumento da produtividade e confiabilidade da inspeção, sempre dentro das prescrições da legislação e regulamentação correspondente. O presente estudo aborda também os resultados comparativos entre os métodos de inspeção de subestações (SE) e linhas (LT) convencionais e demonstrações piloto de fornecedores e de empresas de energia, utilizando VANTs (Drones).

Em complemento, a seu tempo a utilização dos VANTs poderá ser ampliada a outras áreas como, por exemplo, para gestão de ativos pela obtenção de imagens de alta resolução com criação de mosaicos, proporcionando visualização de toda a extensão da faixa de linhas e subestações em várias perspectivas, permitindo ações preventivas e corretivas de poda, detecção de invasões ou quaisquer ocupações irregulares que possam prejudicar o pleno funcionamento das linhas (LT) e subestações (SE).

4-PLANEJAMENTO

O planejamento dos trabalhos tem como base inicialmente a definição das atividades de inspeção em subestações e linhas, para posteriormente proceder ao levantamento e tratamento de dados visando desenvolver uma análise de viabilidade técnica, econômica, segurança e regulatória, atendendo a legislação e regulamentação brasileiras, para inspeção aérea de linhas de distribuição do sistema de sub transmissão e subestações do sistema de sub transmissão das empresas do Grupo CPFL por Veículos Aéreo Não Tripulado VANT (Drones) em comparação com o procedimento convencional atualmente adotado. Na sequência a criação de especificação para compra e orientação técnica para utilização.

Uma vez definidas as atividades previstas para utilização deste equipamento, os pontos relevantes do processo são sinteticamente os seguintes: i) analisar o estado da arte da solução proposta e discussões (conceituação, aplicação, segurança, evolução, legislação, segurança, literatura, catálogos, etc.); ii) programar e realizar reuniões técnicas sobre o equipamento e atividades de campo (fabricantes, concessionárias usuárias e equipe do projeto); iii) planejar e executar um projeto piloto demonstrativo em campo (medição: atividades, tempos e recursos); iv) caracterizar o equipamento que atenda às necessidades mínimas da empresa (robustez, suportabilidade, qualidade, confiabilidade, taxa de falhas, custo, acessórios, etc.); v) levantamento e tratamento de dados (técnicos, econômicos, regulatórios, recursos e tempos, segurança), vi) elaboração de uma análise de viabilidade técnica, econômica, regulatória e de segurança, e, caso solução seja considerado viável, finalizar com vii) criação de especificação técnica mínima do aparelho (requisitos técnicos, garantias, assistência técnica, treinamentos e reciclagens, sobressalentes, segurança, quesitos regulatórios, custos, etc.) e viii) criação de orientação técnica contendo procedimentos de utilização do aparelho (passo a passo de operação, necessidades de licenças e autorizações, etc.).

Para tanto são descritos abaixo algumas das principais fases do processo para melhor visualização do projeto como um todo, tais como: escopo, cronograma, organograma e riscos do projeto.

4.1 – Escopo do Projeto

O escopo do projeto é dividido em sete partes envolvendo benchmark, requisitos, regulação, segurança, processo, viabilidade, finalizando com documentos técnicos (especificação técnica para compra e orientação técnica para utilização).

Nº Documento: Categoría: Versão: Aprovado por: Data Publicação: Página:

- Definição de atividades de inspeção de subestações e linhas de distribuição do sistema de sub transmissão. Anexo II ao presente documento.
- Atualização sobre o conceito e evolução tecnológica (automatismo, sensoriamento, aplicativos e softwares, possibilidade de integração com o SAP), no âmbito técnico, econômico, regulatório (ANEEL, ANAC, ANATEL, DCEA) e de segurança (Normas Regulamentadoras);
- Reuniões técnicas sobre o equipamento e atividades adotadas (fabricantes, concessionárias e equipe de trabalho) com benchmark nacional e internacional;
- Planejamento e execução de demonstrações piloto em campo nas atividades pré-definidas com planejamento e medições de recursos, tempos e custos, inclusive com a possibilidade de contratação de serviços de terceiros;
- Definição das premissas básicas e necessidades da empresa;
- Análise de dados medidos e levantados ao longo do trabalho, com as visões técnicas, econômicas, regulatórias e de segurança;
- Relatório contendo análise de viabilidade técnica, econômica, regulatória e de segurança em relação a inspeção de subestações e linhas (*);
- Elaboração de especificação técnica mínima desses equipamentos para aquisição e elaboração de orientação técnica com procedimentos de utilização.

Nota:

(*) Além das avaliação técnica, de segurança e regulatória (licenças, autorizações, etc.), a análise de viabilidade econômica passa pela comparação entre a situação atual (inspeção convencional sem Drones) e a situação proposta formulada (complemento de inspeção convencional com uso de Drones), onde no levantamento de dados do projeto piloto demonstrativo deve se abordar o ciclo de trabalho completo (tempos, recursos, custos) medidos: tempos (preparo do material, preenchimento APR, solicitação de bloqueio, escalada subida e descida, inspeção, guarda de material, deslocamento, trabalho efetivo, tempo carga baterias; custos: Drone completo e seus acessórios, número de colaboradores,

deslocamento, trabalho; definição: total de estruturas por dia, custo por dia, extensão inspecionada km por dia). Em complemento, necessita de inclusão de custo da licença do equipamento (período de validade), custo da licença do piloto (período de validade), custo da autorização do plano de voo (período de validade), custo de eventuais aferições de câmeras (convencional e/ou termográfica) e ajustes (hélices, motores), durabilidade típica do equipamento, taxa de falhas média anual do equipamento, tempo para análise e anotação de anomalias de cada torre no campo (ou tempo fora do campo para avaliação e quantidade de profissionais envolvidos).

Vale ressaltar que não estão incluídos no escopo do projeto as providencias e ações a serem adotadas pelas demais áreas da empresa (Gestão de Ativos, Operações de Serviços de Sub transmissão, Segurança e Qualidade):

- Auditorias, ensaios normativos, homologação e qualificação de fornecedores e equipamentos, assistência técnica, sobressalentes, peças de reserva permanentes (baterias, carregadores, hélices, etc.), aspectos de análise de acidentes, reposição de equipamentos devidos a falha;
- Dimensionamento, aquisição, análise e aprovação de propostas técnicas e comerciais, análise e aprovação de documentos técnicos (desenhos, catálogos, manual de instruções, etc.), recebimento do equipamento, pagamentos, licenças de operação e pilotagem, autorizações de planos de voo individuais ou coletivos, treinamento, operação, manutenção, conservação dos equipamentos;

4.2 – Cronograma do Projeto

O cronograma sucinto e descritivo do projeto adotado teve os seguintes pontos relevantes em destaque encontram se no Anexo III ao presente documento.

- Criar o Projeto formal da engenharia para o presente estudo técnico através das novas diretrizes de Meg Proj 15/07/2020 - Concluído
- Avaliar e definir atividades de inspeção de subestações e linhas de distribuição pertencentes ao sistema de sub transmissão até 31/08/2020 - Concluído
- Planejar e implementar um projeto piloto com demonstração desses equipamentos nas atividades elencadas até 30/09/2020 - Concluído

Nº Documento:	Categoria:	Versão:	Aprovado por:	Data Publicação:	Página:
---------------	------------	---------	---------------	------------------	---------

- Elaborar relatório de avaliação de aspectos técnicos, econômicos, regulatórios e de segurança, atendendo as leis e normas vigentes, com parecer até 30/11/2020 - Concluído
- Desenvolver uma especificação técnica mínima para processos de aquisição e uma orientação técnica com procedimentos de utilização do equipamento até 31/12/2020 – Em andamento.

4.3 – Condições de Contorno do Projeto

Para que tenha sido possível evoluir e finalizar o projeto entre junho e dezembro de 2020 em suas etapas previstas, as condições de contorno vislumbradas foram basicamente:

- As prescrições de legislação, regulação e segurança que poderiam impactar no desenvolvimento do projeto não devem ser alteradas;
- Todos os recursos e especialistas das áreas necessários deverão participar ativamente do projeto;

Este projeto deve atender todas as prescrições da normalização e regulamentação brasileira específica que envolve todos os aspectos do equipamento, relativamente a Legislação, Regulatória e de Segurança, tais como ANAC (Agencia Nacional de Aviação Civil), ANATEL (Agencia Nacional de Telecomunicações), DECEA (Departamento de Controle de Espaço Aéreo), dentre outras afeitas a este tema.

4.4 – Organograma do Projeto

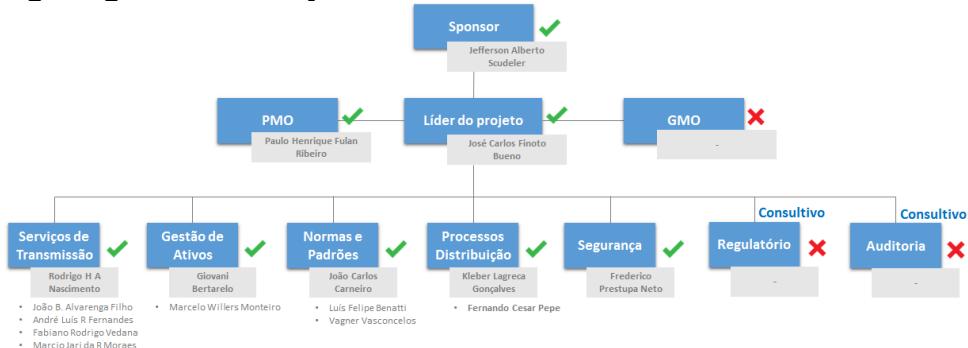


Ilustração 1 – Organograma do Projeto

Nº Documento:	Categoria:	Versão:	Aprovado por:	Data Publicação:	Página:
---------------	------------	---------	---------------	------------------	---------

Na Ilustração 1 é apresentado o organograma do projeto, contendo as áreas e os profissionais indicados para a equipe de trabalho.

4.5 - Estrutura Analítica do Projeto

Na Ilustração 2 é apresentada a estrutura analítica do projeto com os principais processos.

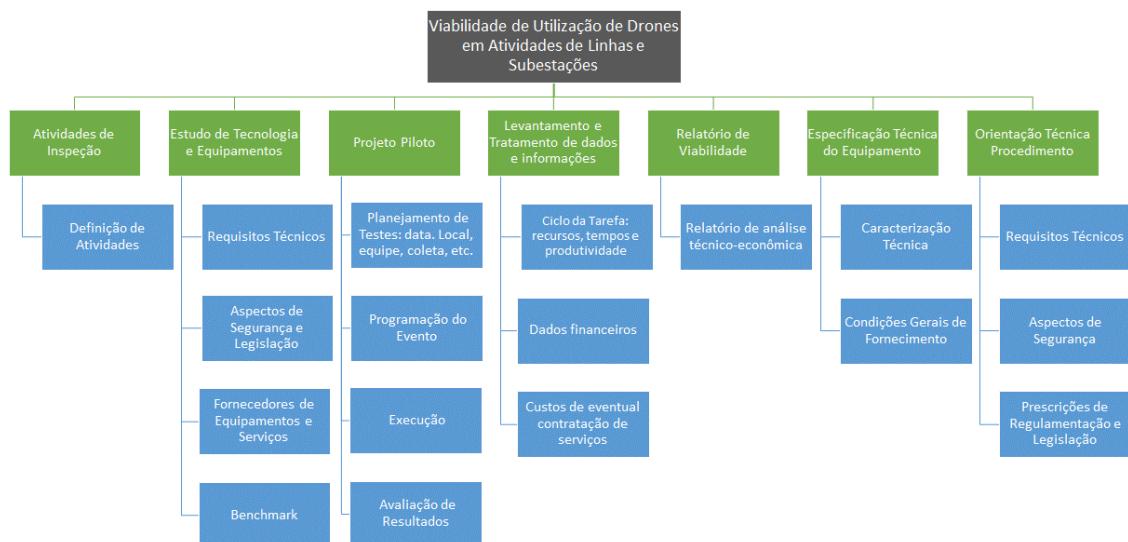


Ilustração 2 – Estrutura Analítica do Projeto

4.6 – Riscos e Desafios do Projeto

Na Ilustração 3 são apresentados os principais riscos, que são relacionados a redução da velocidade nos avanços devido a pandemia de corona vírus que assolou o mundo desde o final de 2019.



Tipo de Documento:	Relatório Técnico
Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
Título do Documento: Análise de Viabilidade de Uso de Drones em Inspeção de Linhas e Subestações	

Nome do Responsável pela Identificação	Área do Responsável pela Identificação	Descrição do Risco	Consequência do Risco	Categoria do Risco	Plano de Ação	Nome do Responsável	Probabilidade do Risco acontecer
João Carlos Carneiro	REDN	Impactos do corona vírus no dia a dia de trabalho dos colaboradores CPFL e fornecedores	Perda de qualidade devido a impossibilidade de realizar testes de campo, com simulações e medições, tempo, etc.	Externo	Programar os projeto piloto de concessionárias/fabricantes para pós pandemia de corona vírus	Equipe	Média
João Carlos Carneiro	REDN	Reduzida participação dos profissionais das áreas na composição de informações de tempos e atividades	Perda de qualidade devido a dificuldades de realizar levantamento e aprofundamento no tratamento de dados no tempo estabelecido	Técnico	Contar com a colaboração dos profissionais especialmente de campo para dados e informações necessários	Equipe	Média
João Carlos Carneiro	REDN	Climatologia (ventos, chuvas, etc.) devido a necessidade de trabalhos de campo (projeto piloto)	Perda ou redução parcial das fases de levantamento de campo	Externo	Procurar janelas de tempo para as atividades de campo em fases favoráveis de climatologia	Equipe	Baixa
João Carlos Carneiro	REDN	Ocorrência de acidentes durante a pilotagem do aparelho	Riscos Materiais, pessoais	Técnico	Atender a todas as premissas de segurança estabelecidas em normatização	Equipe	Média
Thiago Emanuel Bernardo	DITS	Apreensão/retenção do equipamento por falta de homologações nos órgãos regulamentadores ANAC, ANATEL e DECEA	Apreensão ou retenção do equipamento por órgão de segurança pública devido a falta de Homologação da aeronave.	Técnico	Priorizar a compra de equipamento já com Homologação na ANATEL ou após a aquisição, fazer a homologação dos mesmos atendendo a RBAC-E-94 da ANAC	Equipe	Média
Thiago Emanuel Bernardo	DITS	Apreensão/retenção do equipamento por falta de plano de voo aprovado pelos DECEA	Apreensão ou retenção do equipamento por órgão de segurança pública devido a falta de plano de voo aprovado pelo Departamento e Controle do Espaço Áerea	Técnico	Cadastrar todos os operadores habilitados na operação das RPAS no sistema SARPAS do DECEA.	Equipe	Média
Thiago Emanuel Bernardo	DITS	Falha no planejamento do voo.	Perda ou queda da aeronave.	Técnico	Manter sempre um Check list pré e pós voo, não voar em áreas restritas de voo, manter sempre os níveis mínimos de satélites recomendados, verificar sempre a aurora de Go Home para evitar colisões com obstáculos.	Equipe	Alta

Ilustração 3 – Carta de Riscos Expandida do Projeto

Nº Documento: Categoría: Versão: Aprovado por: Data Publicação: Página:



Tipo de Documento:	Relatório Técnico
Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
Título do Documento: Análise de Viabilidade de Uso de Drones em Inspeção de Linhas e Subestações	

Name	Papel / Atividade	Cargo	Conhecimento Técnico	Áreas
Júlio Carlos Carmelro	Líder	Engenheiro Especialista Soluções de Normas e Padrões	Subestações e Equipamentos Associados	REDN
Luis Felipe Benatti	Conhecimento em Projetos, Construção e Manutenção de Linhas de Transmissão	Engenheiro Júnior de Normas e Padrões	Linhas de Sub transmissão	REDN
Fernando Cesar Pepe	Conhecimento em Procedimentos Operacionais e Tarefas de Manutenção de Linhas e Subestações e Equipamentos associados	Engenheiro Especialista em Processos Operacionais da Distribuição	Processos Operacionais da Distribuição: Linhas e Subestações	REDP
Giovani Barcelos	Conhecimento em Gestão de Ativos Elétricos de Linhas e Subestações	Engenheiro Júnior de Gestão de Ativos	Linhas de Sub transmissão e Subestações	RER GA Sul
Marcelo Willers Monteiro	Conhecimento em Gestão de Ativos de Linhas e Subestações e Equipamentos associados	Técnico II de Gestão de Ativos	Linhas de Sub transmissão e Subestações	RER GA Sul
Paulo Henrique Pulan Ribeiro	PMO	Analista de RPM & PMO Local Jr	Projetos	REP
André Luiz Rodrigues Fernandes	Conhecimento em Operações de Sub transmissão de Linhas e Subestações e equipamentos	Coordenador de Operações de Sub transmissão II	Linhas de Sub transmissão, Subestações e Equipamentos Associados	DPTU
Júlio Batista de Alveranga Filho	Conhecimento de Telecom e Automação	Coordenador de Operações de Sub transmissão II	Telecomunicações	DIT
Fábioano Rodrigo Vieira	Conhecimento e experiência em Linhas Viva de Transmissão	Eletrotécnica de Linha Viva III de Transmissão	Linhas de Sub transmissão	DITR
Marcio Jarl de Rosa Moreira	Conhecimento em Operações de Sub transmissão de Linhas, Subestações e Equipamentos associados	Coordenador de Operações de Sub transmissão I	Linhas de Sub transmissão, Subestações e Equipamentos Associados	DRTM
Vagner Vasconcelos	Conhecimento em Gestão de Ativos, Planejamento e Engenharia de Manutenção de Linhas, Subestações e Equipamentos associados	Engenheiro Senior de Soluções de Normas e Padrões	Planejamento, Gestão de Ativos, Serviços de Transmissão, Subestações e Equipamentos Associados	REDN
Frederico Prestupi Neto	Conhecimento em temas relacionados a Segurança do Trabalho voltados a Linhas e subestações	Técnico Senior de Segurança do Trabalho	Segurança do Trabalho	PGS

Ilustração 4 – Equipe do Projeto

4.7 – Equipe de Projeto

Na Ilustração 4 são apresentados os representantes das várias áreas que fazem parte da equipe de projeto.

5-DEFINIÇÕES BÁSICAS

Na sequência são apresentadas definições básicas e importantes para auxílio no completo entendimento do presente estudo.

5.1 - Manutenção Preventiva

A manutenção preventiva, também conhecida como manutenção baseada no tempo, é destinada à prevenção ou à postergação da falha de um material ou equipamento, ou ainda da degradação de um serviço executado. É uma intervenção programada que se antecipa ao aparecimento de potenciais falhas, isto é, o

Nº Documento: Categoría: Versão: Aprovado por: Data Publicação: Página:

conjunto de serviços de inspeções sistemáticas, ajustes, ações de conservação e eliminação de defeitos. É realizada em conformidade com um cronograma ou com índices de desempenho dos materiais e equipamentos.

5.2 - Manutenção Preditiva

A manutenção preditiva, também conhecida como manutenção baseada na condição, é destinada à detecção de possíveis falhas, com a utilização de técnicas de inspeção que possibilitem monitorar a evolução do estado do material ou equipamento e atuar no momento mais adequado. Sua aplicação é possível quando o componente apresenta sintomas que podem desencadear um processo de falha, onde os principais indicadores de falhas dos componentes são: temperatura elevada, alteração de espessura, corrosão, trincas, desgastes, etc. Normalmente esta atividade é feita sem a necessidade de retirada de operação do equipamento.

As principais tecnologias utilizadas para avaliação do estado de componentes equipamentos são: emissão acústica, ultrassom, análise do óleo, inspeção termográfica, monitoramento da corrosão, inspeção visual e de ruído, etc.

5.3 - Manutenção Corretiva

A manutenção corretiva é destinada à reposição de um componente ou equipamento em estado que possa executar sua função requerida, após a ocorrência de uma falha. Normalmente, os reparos são executados sem planejamento e em caráter emergencial, elevando custos (descontinuidade de fornecimento, homem-hora, deslocamentos, etc.), contribuindo em desgaste físico e mental, com condições desfavoráveis de trabalho (chuvas, temporais, descargas atmosféricas) e execução sob pressão de tempo devido à necessidade de restabelecimento do sistema.

6-MÉTODOS CONVENCIONAIS DE INSPEÇÃO EM LINHAS E SUBESTAÇÕES

A inspeção consiste em atividade programada, realizada por processos diretos e indiretos nas linhas de sub transmissão e linhas de distribuição, com a finalidade de verificar o estado geral de seus componentes, registrando e reportando os defeitos existentes e aqueles em processo de maturação, que possam acarretar danos imediatos ou futuros para o desempenho da linha.

Nº Documento:	Categoria:	Versão:	Aprovado por:	Data Publicação:	Página:
---------------	------------	---------	---------------	------------------	---------

6.1 Inspeção Aérea em Linhas de Subtransmissão

Para as distribuidoras CPFL Paulista e CPFL Piratininga, são realizadas inspeções aéreas em linhas de transmissão de 69kV, 88kV e 138kV, executadas por equipe composta de um piloto, um inspetor e um operador, ambos técnicos em eletrotécnica treinados para a tarefa, que percorrem as linhas de transmissão através de helicóptero como meio de transporte para observação.

A equipe é composta pelo piloto, um inspetor e um operador de equipamentos de detecção de problemas específicos (inspeção termográfica, detector de corona etc.), com a responsabilidade de verificar e registrar as irregularidades encontradas na linha (cabos, estruturas, cruzetas, isoladores, etc.) no ato da inspeção.

Durante a inspeção, o helicóptero deve estar posicionado a uma altura próxima aos cabos condutores da linha de transmissão, a uma distância aproximada de 8 metros, o que caracteriza o alto risco deste tipo de inspeção. A velocidade de voo é de aproximadamente 60 km/h e, em algumas situações, o voo pode ser pairado para melhor avaliação de uma irregularidade. O tempo de voo dedicado à inspeção deve ser em média, 4h30min ao dia, para que não haja prejuízo à qualidade da inspeção e segurança do voo.

Cabe ao piloto o compromisso ao cumprimento das normas de voo, pela manutenção da distância e velocidade adequada ao voo, pela avaliação da segurança das operações de voo, pelas rotas e até mesmo a suspensão do voo em caso de condições meteorológicas desfavoráveis.

Cabe ao inspetor comunicar ao responsável pela manutenção a existência de defeitos que requeiram providências urgentes para sua eliminação, o cadastramento das irregularidades encontradas no banco de notas PM do SAP, bem como classificar e priorizar a intervenção.

A CPFL tem permissão em caráter precário, liberada pelo Ministério da Aeronáutica, para realizar pousos e decolagens ao longo das linhas de transmissão e pátios de subestações. O julgamento da conveniência e segurança dessas operações de pouso e decolagem é de responsabilidade do piloto.

Os itens de verificação durante a inspeção são listados a seguir.

Nº Documento:	Categoria:	Versão:	Aprovado por:	Data Publicação:	Página:
---------------	------------	---------	---------------	------------------	---------

Tipo de Documento:	Relatório Técnico
Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
Título do Documento: Análise de Viabilidade de Uso de Drones em Inspeção de Linhas e Subestações	

Estruturas Metálicas.

- Falta de peças e/ou peças danificadas/soltas
- Estrutura fora de prumo
- Estrutura oxida
- Estrutura alagada na área da base
- Falta/estado das placas de sinalização e identificação
- Falta/estado da proteção contra abalroamento
- Falta/estado da pintura de sinalização
- Existência de materiais estranhos à estrutura
- Outras anomalias pertinentes ao item

Estruturas de concreto

- Estado das cruzetas e contra ventamento
- Postes ou cruzetas com fissuras
- Postes ou cruzetas com ferragens expostas
- Postes fora de prumo
- Cruzetas desniveladas
- Falta/estado das placas de sinalização e identificação
- Falta de ferragens e parafusos soltos
- Estais rompidos ou frouxos
- Falta/estado da proteção contra abalroamento
- Falta/estado da pintura de sinalização
- Fio de aterramento rompido
- Estrutura alagada na área da base
- Existência de materiais estranhos à estrutura
- Outras anomalias pertinentes ao item

Estruturas de madeira

- Estado dos postes, cruzetas e contra ventamento
- Postes, cruzetas e contra ventamento rachados ou atingidos por descargas
- Bandagem solta na emenda base/topo
- Cupim
- Postes fora de prumo
- Cruzetas desniveladas
- Falta/estado das placas de sinalização e identificação

Nº Documento: | Categoria: | Versão: | Aprovado por: | Data Publicação: | Página:

Tipo de Documento:	Relatório Técnico
Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
Título do Documento: Análise de Viabilidade de Uso de Drones em Inspeção de Linhas e Subestações	

- Falta de ferragens e parafusos soltos
- Estais rompidos ou não frouxos
- Falta/estado da proteção contra abaloamento
- Falta/estado da pintura de sinalização
- Fio de aterramento rompido
- Estrutura alagada na área da base
- Existência de materiais estranhos à estrutura
- Outras anomalias pertinentes ao item

Isoladores

- Isolador quebrado
- Isolador danificado, oxidado ou poluído
- Cadeia de isoladores fora de prumo
- Falta/aperto da porca do isolador de pino
- Isolador de pino com amarração solta
- Isolador atingido por descarga atmosférica
- Outras anomalias pertinentes ao item

Cabos condutores e para-raios

- Existência de tentos partidos
- Estado/posicionamento de amortecedores
- Estado/posicionamento de armaduras
- Estado/posicionamento/falta de esferas de sinalização
- Estado de jumpers e conexões
- Estado/posicionamento das emendas
- Estado/aperto dos grampos de suspensão/ancoragem
- Existência de objetos estranhos presos aos cabos
- Estado/nivelamento dos cabos
- Distâncias de segurança fase/terra e fase/fase
- Outras anomalias pertinentes ao item

Faixa de servidão

- Existência de formigueiros próximos a estruturas
- Existência de benfeitorias não permitidas na faixa
- Existência de erosões/buracos/movimentos de terra próximos da estrutura

Nº Documento: | Categoria: | Versão: | Aprovado por: | Data Publicação: | Página:

- Estado de conservação da faixa
- Culturas/vegetação que possam colocar em risco o desempenho da linha
- Existência de árvores que, na queda, possam atingir a linha
- Estado/falta de seccionamentos e aterramentos de cercas
- Existência de travessias em fase de implantação
- Outras anomalias pertinentes ao item

6.2 Inspeção Terrestre em Linhas de Subtransmissão

A inspeção terrestre é realizada em todas as empresas distribuidoras do Grupo CPFL por eletricistas treinados e consiste em percorrer toda a extensão da LT, inspecionando seus componentes, podendo se utilizar de equipamentos como binóculo, luneta, termovisão ou outros equipamentos que auxiliem a inspeção.

Há dois tipos de inspeção terrestre, a inspeção terrestre detalhada e a inspeção terrestre visual simplificada. A detalhada é realizada de maneira preventiva, planejada com periodicidade e critérios determinados pela engenharia de normas e padrões (GED 24), podendo o eletricista, caso necessário, escalar os suportes da LT; a inspeção simplificada também é realizada periodicamente de maneira preventiva, ou pode ser realizada quando os Serviços de Transmissão (ST) necessite de um diagnóstico de anomalia da LT, fora do plano de inspeção terrestre detalhada, sendo que não há necessidade de escalada dos suportes e torres. A inspeção terrestre visual simplificada pode ser gerada por denúncia de ocupação irregular de faixa de servidão ou domínio, interrupção momentânea ou permanente de energia da LT sem causa determinada, programas de planos de ação ou outras situações que façam necessária a inspeção.

Na inspeção terrestre visual simplificada, em que não é necessário escalar a estrutura, a equipe deve ser formada por no mínimo dois eletricistas com um veículo de apoio e um sistema de comunicação via rádio, telefonia celular ou sistema similar.

Na inspeção terrestre detalhada, em que é necessário escalar a estrutura, a inspeção poderá ser feita por duas duplas em estruturas distintas, onde somente um eletricista da dupla escala a estrutura a ser inspecionada. Para esta condição as estruturas inspecionadas devem ser adjacentes, ou seja, as duplas só poderão se distanciar no máximo um vão de linha de até 250 metros. Deverão ter um veículo de apoio, contato visível entre si, comunicação permanente e o trajeto entre as

Tipo de Documento:	Relatório Técnico
Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
Título do Documento: Análise de Viabilidade de Uso de Drones em Inspeção de Linhas e Subestações	

estruturas deve ser de fácil deslocamento. Desta forma uma dupla auxiliará a outra no caso de necessidade de resgate (GED 13316 – Resgate em Linhas de Transmissão).

As demais situações de atividades de inspeção terrestre que necessite escalar a estrutura deverão ser realizadas com no mínimo uma equipe de três integrantes para as condições favoráveis de escalada e, em condições desfavoráveis de escalada uma equipe com no mínimo quatro integrantes, devido à técnica prevista no documento GED 13316.

Os itens de verificação durante a inspeção são listados a seguir.

Estruturas Metálicas

- Falta de peças e/ou peças danificadas/soltas
- Estrutura fora de prumo
- Estrutura oxidada/corroída
- Estrutura alagada na área da base
- Falta/estado das placas de sinalização e identificação
- Falta/estado da proteção contra abalroamento
- Falta/estado da pintura de sinalização
- Existência de materiais estranhos à estrutura
- Outras anomalias pertinentes ao item

Estruturas de Concreto

- Estado das cruzetas e contra ventamento
- Postes ou cruzetas com fissuras
- Postes ou cruzetas com ferragens expostas
- Postes fora de prumo
- Cruzetas desniveladas
- Alta/estado das placas de sinalização e identificação
- Falta de ferragens e parafusos soltos
- Estais rompidos ou frouxos
- Falta/estado da proteção contra abalroamento
- Falta/estado da pintura de sinalização
- Fio de aterramento rompido
- Estrutura alagada na área da base

Nº Documento: | Categoria: | Versão: | Aprovado por: | Data Publicação: | Página:

Tipo de Documento:	Relatório Técnico
Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
Título do Documento: Análise de Viabilidade de Uso de Drones em Inspeção de Linhas e Subestações	

- Existência de materiais estranhos à estrutura
- Outras anomalias pertinentes ao item

Estruturas de Madeira

- Estado dos postes, cruzetas e contra ventamento
- Postes, cruzetas e contra ventamento rachados ou atingidos por descarga
- Bandagem solta na emenda base/topo
- Cupim
- Postes fora de prumo
- Cruzetas desniveladas
- Falta/estado das placas de sinalização e identificação
- Falta de ferragens e parafusos soltos
- Estais rompidos ou não frouxos
- Falta/estado da proteção contra abalroamento
- Falta/estado da pintura de sinalização
- Fio de aterramento rompido
- Estrutura alagada na área da base
- Existência de materiais estranhos à estrutura
- Outras anomalias pertinentes ao item

Isoladores

- Isolador quebrado
- Isolador danificado, oxidado ou poluído
- Cadeia de isoladores fora de prumo
- Falta/aperto da porca do isolador de pino
- Isolador de pino com amarração solta
- Isolador atingido por descarga atmosférica
- Outras anomalias pertinentes ao item

Cabos condutores e para-raios

- Existência de tentos partidos
- Estado/posicionamento de amortecedores
- Estado/posicionamento de armaduras
- Estado/posicionamento/falta de esferas de sinalização
- Estado de jumpers e conexões

Nº Documento: | Categoria: | Versão: | Aprovado por: | Data Publicação: | Página:

- Estado/posicionamento das emendas
- Estado/aperto dos grampos de suspensão/ancoragem
- Existência de objetos estranhos presos aos cabos
- Estado/nivelamento dos cabos
- Distâncias de segurança fase/terra e fase/fase
- Outras anomalias pertinentes ao item

Faixa de servidão

- Existência de formigueiros próximos a estruturas
- Existência de benfeitorias não permitidas na faixa
- Existência de erosões/buracos/movimentos de terra próximos da estrutura
- Estado de conservação da faixa
- Culturas/vegetação que possam colocar em risco o desempenho da linha
- Existência de árvores que, na queda, possam atingir a linha
- Estado/falta de seccionamentos e aterramentos de cercas
- Existência de travessias em fase de implantação
- Outras anomalias pertinentes ao item

6.3 Inspeção em Subestações

Em subestações as instalações e equipamentos (transformador de potência, regulador de tensão, transformadores de corrente, transformadores de potencial, seccionadores, cubículos, para raios, religadores, baterias, retificadores, barramentos, pórticos de entrada, sistema de aterramento, blindagem, alambrado, muros, concertina, sinalizações, terreno, ninho de passarinho, pipas, dentre outros equipamentos e instalações) passam por verificações em forma de inspeção visual (vazamentos, ruídos anormais, oxidação, ferrugem, falta de limpeza, etc.), com uma determinada periodicidade, realizando o apontamento de dados (temperaturas, contadores de operação, etc.) e pequenos reparos, inspeção termográfica dos equipamentos e conexões externas (pontos quentes, etc.), amostragens de óleo isolante (transformadores de potência e disjuntores de grande volume de óleo) para análise cromatográfica de gases dissolvidos no óleo isolante (semestral) para verificar a criticidade destes equipamentos e ensaios físico químicos no óleo isolante (anual) visando definir a sua qualidade do óleo. Todas estas atividades são realizadas a nível do solo e sem desenergizar os equipamentos. Em casos especiais com os profissionais de linha viva podem entrar em ação para posteriores atividades de manutenção preventiva necessárias.

Outras verificações gerais e superficiais, por exemplo em isoladores (quebrado, danificado, oxidado ou poluído, fora do prumo, falta de aperto, amarração solta, atingido por descarga, etc.) e cabos condutores e cabos para raios (tentos partidos, posicionamento de amortecedores, sinalização, conexões, aperto dos grampos, objetos estranhos, nivelamento, distâncias de segurança), devido a dificuldades naturais de inspeção ao nível do solo.

6.4 Inspeção Termográfica em Linhas de Transmissão e Subestações

A inspeção termográfica é executada por técnico ou eletricista habilitado com o uso do aparelho infravermelho (Termovisor), que permite observar e capturar as condições térmicas de trabalho de condutores, conexões e equipamentos. A utilização desta técnica de inspeção tem sido fundamental para a manutenção preditiva, devido a possibilidade de medição de temperatura de objetos fixos ou em movimento sem contato e a distância segura.

Em linhas de transmissão, a inspeção termográfica pode ser feita ao nível do solo (terrestre) ou com helicóptero (aérea), sendo executada no mínimo a cada 12 meses. Em subestações próprias a inspeção termográfica deve ser realizada em nível de solo a no mínimo a cada 6 meses.

7-VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS (VANT)

As novas tecnologias estão cada vez mais presentes nas atividades de monitoramento e inspeção, e, os VANT poderão mudar esta situação nos próximos anos com equipe própria ou serviços contratados. Apesar do uso destes aparelhos no setor de energia ser relativamente novo no Brasil, começa a ganhar espaço por permitir uma avaliação em tese mais assertiva dos ativos, tendo potencial para refletir em ganhos operacionais.

Esta ferramenta segue uma tendência global, utilizada desde a aplicação convencional até o nível de digitalização, substituindo processos manuais por novas técnicas que estão cada vez mais presentes na rotina de trabalho das equipes de inspeção e monitoramento. Isso possibilitaria a identificação mais rápida de problemas e sua solução, além da maior segurança para os profissionais envolvidos no processo, uma vez que podem chegar a lugares de difícil acesso, como a parte inferior de pontes, viadutos ou ainda grandes alturas, como torres de energia ou geradores eólicos.

Nº Documento:	Categoria:	Versão:	Aprovado por:	Data Publicação:	Página:
18583	Instrução	1.1	JOSE CARLOS FINOTO BUENO	27/07/2022	22 de 121

O equipamento pode carregar diversos sensores, efetuando de uma única vez atividades que antes eram realizadas separadamente, teoricamente proporcionando ganho de tempo e de investimento. Em princípio, seria indicado para as atividades que não exigem contato físico, desde inspeções visuais, passando por análise de infravermelho, ultravioleta, campo magnético até por exemplo a detecção de problemas em placas de geração de energia solar.

Nos casos mais sofisticados, o uso combinado com softwares possibilitaria ainda a análise automática de dados aumentando a assertividade e a eficácia das inspeções. Um dos primeiros desafios seria transformar dados em informações, gerenciando a análise, o manuseio e a governança destas informações coletadas. O volume de dados gerado por uma inspeção pode chegar a até 1Tb (Terabyte), por dia de trabalho existindo a necessidade de soluções que permitam uma melhor gestão desses dados. Um caminho para superar este desafio poderia ser a utilização de inteligência artificial para processamento, catalogação e organização de todos esses dados, transformando os em informações úteis para que a equipe técnica possa interpretá-las e propor soluções para os clientes.

Ainda neste caso, para alavancar o uso desta tecnologia avançada e os correspondentes benefícios das vantagens que seu uso traz também é preciso vencer a barreira do alto custo dos equipamentos. Os modelos utilizados profissionalmente são totalmente importados e necessitam de homologações no Brasil. Os custos de importação, taxação e documentação parecem ainda representar parte importante do investimento necessário.

De forma permanente novas aplicações e aprimoramento de tecnologia vem sendo avaliadas nos vários setores. Um dos principais desafios é a maior autonomia e duração das baterias dos equipamentos, o que estimula os fabricantes a criarem soluções tecnológicas mais leves e eficazes. Existem estudos envolvendo o uso de energia solar para alimentar o sistema, o que possibilitará o desenvolvimento de VANT que voam e se comunicam de forma contínua e autonomia por anos, contribuindo com informações importantes para o monitoramento de florestas, fazendas solares e eólicas, produção agrária, ativos de grande desenvolvimento horizontal como estradas ou oleodutos, fronteiras e segurança pública.

Os VANT podem possuir câmeras de inspeção termográfica e equipamentos para avaliação do efeito corona, como é conhecida a descarga elétrica gerada pela

ionização do campo de transmissores com as partículas de ar, umidade ou poeira e que resulta na perda de energia. As novas ferramentas procuram substituir os equipamentos que são utilizados em nível do solo, permitindo maior alcance e visibilidade.

O processo necessariamente ocorre em três etapas distintas: i) inicialmente é feita a captação das imagens por profissionais habilitados para uso da tecnologia; ii) após esta fase de captação, as imagens são processadas e avaliadas seguindo os critérios e padrões estabelecidos; iii) finalmente, a elaboração e entrega do relatório de integridade do ativo. Devido ao elevado conteúdo, todas as etapas e evidências poderiam ser acompanhadas através de uma aplicação em nuvem, por exemplo, tornando o processo transparente e eficiente, inspirados em modelos internacionais.

7.1 Definições e terminologias

De acordo com a Agência Nacional de Aviação Civil - ANAC, Veículo Aéreo Não Tripulado - VANT consiste em aeronave projetada para operar sem piloto a bordo e que não seja utilizada para fins meramente recreativos. Nesta definição, incluem-se todos os aviões, helicópteros e dirigíveis nos três eixos, excluindo-se, portanto, os balões e os aeromodelos.

A categoria dos VANT é dividida em duas subcategorias, a primeira é composta pela chamada Aeronave Remotamente Pilotada (*Remotely Piloted Aircraft – RPA*) em que o piloto não está a bordo, mas controla a aeronave remotamente de uma interface qualquer (computador, controle remoto, etc.). A segunda subcategoria é composta pela denominada Aeronave Autônoma que, uma vez programada, não permite nenhum tipo de intervenção externa ou interrupção durante a realização de um voo. No Brasil, esta última categoria, tem seu uso proibido conforme determinação da ANAC. RPA é a terminologia correta quando se refere a aeronaves remotamente pilotadas de caráter não recreativo e, portanto, a que utilizaremos no presente estudo.

O Sistema de Aeronave Remotamente Pilotada (*Remotely Piloted Aircraft System – RPAS*) é um conjunto de elementos abrangendo uma aeronave remotamente pilotada, a estação de pilotagem remota correspondente, os enlaces de comando e controle requeridos e quaisquer outros elementos que podem ser necessários a qualquer momento durante a operação.

Nº Documento: Categoría: Versão: Aprovado por: Data Publicação: Página:

Tipo de Documento:	Relatório Técnico
Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
Título do Documento: Análise de Viabilidade de Uso de Drones em Inspeção de Linhas e Subestações	

7.2 Regulamentação da Utilização de RPA e RPAS

O Departamento de Controle do Espaço Aéreo – DECEA publicou em 23 de setembro de 2010 a Circular de Informações Aeronáuticas AIC Nº 21/10 com a finalidade de apresentar as informações necessárias para o uso de veículos aéreos não tripulados no espaço aéreo brasileiro.

As autorizações e orientações emitidas pelo DECEA aplicam-se somente ao uso do espaço aéreo. Autorizações relativas à aero naveabilidade, licença pessoal e uso de frequências para controle da RPA deverão atender às legislações dos órgãos competentes, respectivamente ANAC e ANATEL.

As solicitações para os voos de RPA, no espaço aéreo brasileiro, deverão ser encaminhadas aos órgãos regionais do DECEA (CINDACTA I, CINDACTA II, CINDACTA III, CINDACTA IV e SRPV-SP), responsáveis pelo espaço aéreo onde ocorrerão os voos, com uma antecedência mínima de 15 dias. Tais solicitações deverão conter o maior número de informações de interesse do controle do espaço aéreo. A autorização, de acordo com a solicitação do usuário e a análise do órgão regional, poderá abranger um período de até seis meses.

Em 04 de outubro de 2012 foi publicada no Diário Oficial da União, a Instrução Suplementar IS Nº 21-002 pela ANAC, com base no Regulamento Brasileiro da Aviação Civil RBAC Nº 21, que regulamenta a emissão de Certificado de Autorização de Voo Experimental para Veículos Aéreos Não Tripulados. Considera-se este o marco inicial de regulamentação, no Brasil, deste tipo de atividade no âmbito civil.

O Certificado de Autorização de Voo Experimental – CAVE é o certificado de aero naveabilidade que pode ser emitido para RPA experimental com os propósitos de pesquisa e desenvolvimento, treinamento de tripulações e/ou pesquisa de mercado. O CAVE é emitido para a RPA, mas o modelo da estação de pilotagem remota e outros componentes do RPAS também constarão nele.

No entanto, sabe-se que a emissão do CAVE no Brasil não se dá de maneira simples ou ágil e, na grande maioria dos casos, é recusado. Independente da posse de um CAVE, a operação de RPAS estará condicionada à autorização do Departamento de Controle do Espaço Aéreo – DECEA, da Agência Nacional de Telecomunicações – ANATEL e, em alguns casos, do Ministério da Defesa do

Nº Documento:	Categoria:	Versão:	Aprovado por:	Data Publicação:	Página:
---------------	------------	---------	---------------	------------------	---------

Comando da Aeronáutica (vide § 4º e § 5º do Art. 8º da Lei 11.182, de 27 de setembro de 2005).

No ano de 2013 foram iniciados estudos preliminares para a certificação e regulamentação do uso de VANT no Brasil. No primeiro trimestre de 2015 foi concluída a elaboração da proposta para audiência pública que aconteceu durante o mês de setembro de 2015. De acordo com a agenda regulatória ANAC, o prazo para deliberação final seria em dezembro de 2015, no entanto, foi finalmente publicada em 2017.

A minuta do Regulamento Brasileiro da Aviação Civil Especial RBAC-E nº 94, encaminhada para consulta pública em setembro de 2015, que traz em seu título “Requisitos Gerais para Veículos Aéreos Não Tripulados e Aeromodelos”, é o documento que aborda os requisitos gerais de competência da ANAC para VANT e Aeromodelos. Por natureza, um RBAC-E possui finalidade de regular matéria exclusivamente técnica que possa afetar a segurança da aviação civil. Este regulamento especial estabelece as condições para o registro e critérios de operação de aeronaves remotamente pilotadas no Brasil, considerando o atual estágio de desenvolvimento desta tecnologia.

Atualmente, o Regulamento Brasileiro de Aviação Civil Especial nº 94/2017 (RBAC-E nº 94/2017) da ANAC é complementar às normas de operação de VANT estabelecidas pelo Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) e pela Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL).

A seguir, alguns dos requisitos mais importantes constantes na regulamentação:

- A classificação do RPA é feita de acordo com seu Peso Máximo de Decolagem (PMD), da seguinte maneira:
 - Classe 1: RPA com PMD maior que 150 kg;
 - Classe 2: RPA com PMD maior que 25 kg e menor ou igual a 150 kg;
 - Classe 3: RPA com PMD menor ou igual a 25 kg.
- Todos os pilotos remotos e observadores de RPA devem ser maiores de 18 anos;
- Todos os pilotos remotos que atuarem em operações acima de 400 pés (aproximadamente 120 metros) acima do nível do solo (*Above Ground Level –*

AGL), mesmo sendo RPA Classe 3, devem possuir licença e habilitação emitida pela ANAC. A ANAC determinará, para cada tipo de operação, a licença e habilitação apropriadas.

Algumas das regras gerais para a operação de VANT são as seguintes:

- a) Somente é permitido operar um RPAS civil no Brasil se o projeto for aprovado pela ANAC levando em consideração a Classe do RPAS e a natureza da operação (Operação em Linha de Visada Visual - VLOS e Operação Além da Linha de Visada - BVLOS);
- b) Os RPAS Classe 3 que se destinam a operações VBLOS devem também demonstrar cumprimento com requisitos específicos da regulamentação:
 - i. Apresentar informações e alertas relevantes sobre a condição da aeronave para o piloto remoto;
 - ii. Possuir um sistema de navegação com desempenho e confiabilidade suficientes para garantir a segurança da operação;
 - iii. Possuir capacidade de recuperação de emergências;
 - iv. Possuir um sistema adequado de iluminação da aeronave.
- c) É proibida a operação autônoma de VANT;
- d) Todas as operações com VANT devem possuir seguro com cobertura de danos a terceiros;
- e) A operação de VANT até 25kg PMD, sobre áreas urbanas ou aglomerados rurais não podem ultrapassar os 200 pés (aproximadamente 60 metros) AGL;
- f) Todas as RPA devem ser registradas atendendo ao disposto na Resolução nº 293, que dispõe sobre o Registro Aeronáutico Brasileiro;
- g) As RPA classe 3 que operarão somente em Linha de Visada Visual (*Visual Line of Sight – VLOS*) até 120 metros acima do nível do solo, poderão ser

Nº Documento: | Categoria: | Versão: | Aprovado por: | Data Publicação: | Página:

Tipo de Documento: Relatório Técnico Área de Aplicação: Engenharia de Normas e Padrões Título do Documento: Análise de Viabilidade de Uso de Drones em Inspeção de Linhas e Subestações
--

cadastrados junto à ANAC em substituição ao registro referido no subitem f) descrito anteriormente, a critério do proprietário da RPA. O cadastro a que se refere este parágrafo não é constitutivo, diferentemente do registro.

Da mesma forma que para o CAVE, a autorização de operação de RPA a que se refere o RBAC-E nº 94, visa obtenção de cadastro, registro da aeronave, certificado de aero naveabilidade (RPA e RPAS), regras de operação, dentre outros. Adicionalmente, devem ser observadas as regulamentações de outros Órgãos Federais, tais como DECEA e ANATEL.

Tabela 1 – Comparativo ANAC x Classes de VANTs

	RPA Classe 1	RPA Classe 2	RPA Classe 3
Será requerido cadastro?	Não	Não	Sim
Será requerido registro?	Sim	Sim	Não
Será requerido aprovação de projeto?	Não	Sim	Simplificado
Será requerido processo de certificação?	Sim	Não	Não
Será requerida idade mínima de 18 anos?	Sim	Sim	Sim
Será requerido Certificado Médico?	Sim	Sim	Não
Serão requeridas licença e habilitação?	Sim	Sim	Apenas acima de 400 pés (120 m)
Será requerido registro dos voos?	Sim	Sim	Não

Tipo de Documento:	Relatório Técnico
Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
Título do Documento: Análise de Viabilidade de Uso de Drones em Inspeção de Linhas e Subestações	

7.3 Aspectos de Segurança

7.3.1 – Contextualização

O projeto tem como uma das finalidades a mitigação de risco de trabalho em altura, melhor ergonomia, proporcionando melhor produtividade e qualidade nas inspeções e segurança para os colaboradores.

7.3.2 – Principais Pontos Relevantes

Segundo avaliação dos aspectos de segurança para o equipamento em análise foram levadas em consideração as normas e resoluções em confronto as prescrições de segurança com as seguintes providências e ações a serem implementadas na orientação técnica pertinente.

- Existe necessidade de inspeção pré utilização do equipamento. O VANT não poderá alçar voo com um problema já verificado na inspeção de pré utilização.
- Orientações e treinamentos para os usuários devem ser ministradas. Todo e qualquer operação de equipamentos na empresa deve ser procedido de treinamento e autorização de uso, tanto para o Piloto (Operador), quanto o treinamento básico para o Observador.
- Durante a operação, o colaborador deverá estar portando os EPIs Básicos para a área operacional: capacete, óculos de segurança, vestimenta e calçado de segurança.
- O VANT não pode ser operado acima de pessoas da população e/ou colaboradores.
- Cabe ao piloto (operador) e ao inspetor, respeitar as normas legais vigentes e demais itens operacionais, tipo: distanciamento do ponto energizado, velocidade máxima, condições meteorológicas, etc.
- O equipamento deverá ter um plano de inspeções periódicas e um plano de manutenções, visando mitigar o risco de pane em voo. Deve ser estabelecido um prontuário do equipamento, dados informativos e periodicidades.

Nº Documento: | Categoria: | Versão: | Aprovado por: | Data Publicação: | Página:

- Deverá ser feito um controle nas inspeções pelo VANT justamente para evitar que estruturas metálicas sejam inspecionadas por percussão alternadamente.
- Na primeira fase do processo será dada preferência às atividades programadas. Com a evolução e assimilação do equipamento, haverá a evolução do processo.
- A atuação com VANT deve ser feita somente com Operação VLOS, na qual o piloto (operador) mantém o contato visual direto com a RPA (sem auxílio de lentes ou outros equipamentos).
- Somente os equipamentos com peso máximo de decolagem acima de 250g precisam ser cadastrados na ANAC por meio do Sistema de Aeronaves não Tripuladas (SISANT), disponível no site: www.sistemas.anac.gov.br/sisant.
- Os responsáveis pelas atividades de inspeção de linhas e subestações deverão portar, conservar e atualizar a certidão de cadastro nas operações com aeronaves de peso máximo de decolagem acima de 250g.
- Os pilotos (operadores) devem possuir Carta de Autorização (Departamento Jurídico) para tal atividade, com os correspondentes termos de responsabilidade. As responsabilizações nas esferas civil, administrativa e penal, com destaque à inviolabilidade da intimidade, da vida privada, da honra e da imagem das pessoas. O Código Penal prevê, em seu Art. 261 e O Código Penal também tipifica a exposição de pessoas a risco, em seu Art.132. Lei das Contravenções Penais, e, pelo Art. 35 do mesmo Decreto-lei, praticar acrobacias ou fazer voos baixos, fora da zona permitida em lei, bem como fazer descer a aeronave fora de lugares destinados a essa finalidade.

Nota:

Estas e outras condições de segurança, regulação e técnica deverão fazer parte integrante das Orientações Técnicas para utilização de Drones para atividades de inspeção de linhas e subestações.

7.4 Inspeção Aérea de Linhas de Transmissão com VANT

7.4.1 - Introdução

No intuito de melhorar a qualidade na inspeção de linhas de transmissão e linhas de distribuição rurais e seus componentes, será feita abordagem preliminar do uso de VANT para esta finalidade no presente documento.

Nas metodologias atuais de inspeção há limitação da visão por parte dos inspetores sobre determinadas estruturas da rede, no caso das cruzetas que, como não podem ser observadas do topo, tornam o diagnóstico impreciso. Da mesma forma para linhas de transmissão, a visão limitada muitas vezes faz-se com que seja necessária a escalada até o topo, tornando o procedimento mais demorado e de maior risco aos profissionais. Tais desvantagens tendem a ser completamente sanadas: como o VANT sobrevoa as estruturas, é possível obter imagens dos equipamentos de interesse sobre diversos ângulos, inclusive do topo, tornando a inspeção mais confiável. Para as inspeções terrestres detalhadas em LT, em que são realizadas escaladas às estruturas, a utilização dos VANT poupa os profissionais de exposição aos riscos, promove aumento da produtividade e qualidade da inspeção.

Atualmente, as inspeções em locais de difícil acesso são prejudicadas uma vez que dependem de fatores como: acesso a propriedades privadas, locais de relevo desfavorável, erosões, áreas de risco, etc. O uso de VANT nestas situações elimina os problemas de acesso. Seu controle a distância possibilita a visualização da rede por imagens de alta qualidade pelo inspetor, possibilitando o apontamento imediato das ações de correção, caso houver, prevenindo futuras ocorrências de caráter emergencial nestes locais.

7.4.2 - Utilização em concessionárias de energia

A concessionária CEMIG possui cerca de cinco P&Ds na área, sendo o primeiro contratado no ano de 2006. O principal P&D consistiu na construção de aeronave em parceria com a FITEC, fabricante e desenvolvedor especializado na área de VANT. O projeto priorizou autonomia (combustível) peso adequado da categoria e adaptação aos dispositivos de captura de imagens, piloto automático, softwares, etc. O P&D atualmente em curso visa aprofundamento e exploração dos recursos: sensores, câmeras e demais dispositivos acoplados, utilizados para aumento da qualidade, produtividade e autonomia das atividades de inspeção de LTs e SEs. Segundo relatos da coordenação P&D CEMIG, este projeto sofreu diversas

postergações entre 2013 e 2015 devido aos entraves para obtenção do Certificado de Autorização de Voo Experimental junto a ANAC, bem como demais autorizações junto ao DECEA e ANATEL.

A concessionária ELEKTRO (Neoenergia) iniciou P&D em 2011, com estudo voltado a análise inteligente de redes e linhas de distribuição rurais através de VANT. O escopo do projeto consistiu, primeiramente, na escolha adequada da aeronave, mostrada na Figura 2, a partir de estudo realizado em parceria com fabricante especializado (Octocóptero da MikroKopter), profissionais dos cursos de Engenharia Aeronáutica e Engenharia Elétrica da Escola de Engenharia de São Carlos - USP. As demais etapas do projeto, em parceria com profissionais do curso de Engenharia da Computação da Escola de Engenharia de São Carlos, consistiram na pesquisa e desenvolvimento dos sensores, inteligência artificial, visão computacional, soluções embarcadas (micro controladores e microcomputadores), em que foram avaliados os quesitos de compatibilidade e programação, velocidade e tempo de resposta. O projeto foi finalizado em 2014 e trouxe os seguintes resultados, relatados pela concessionária:

- A utilização de veículos aéreos não tripulados para a inspeção de redes de distribuição proporcionou ganho de novas informações (ângulo de visão) sobre as estruturas avaliadas durante a inspeção, possibilitando aos inspetores uma tomada de decisão mais precisa;
- A utilização de análise inteligente de imagens também mostrou potencial de aplicação. Foi possível detectar e classificar postes, cruzetas e isoladores nas imagens adquiridas com os VANT com grande assertividade. Contudo, essa área ainda pode ser explorada para contemplar a análise de outros objetos de interesse e/ou vídeos.
- Também, foram desenvolvidos um novo processo de inspeção e um sistema de gestão, com a finalidade de gerenciar as inspeções aéreas não tripuladas de acordo com o escopo do projeto de Inspeção Aérea não Tripulada. De certa forma, o sistema de gestão facilita a integração do processo de inspeção aérea não tripulada com a gestão das inspeções terrestre e assistida por helicóptero, já utilizadas pela empresa.



Figura 2: Foto ilustrativa do octocóptero adquirido no P&D Elektro.

Atualmente, em busca de alternativas para os profissionais voltados a segurança: nível elevado de queda de helicópteros (no mundo 1 por dia, no Brasil 21 por ano), dificuldades de profissionais da empresa acompanharem nas inspeções aéreas (saúde, desconforto, cheiro de querosene, etc.), dentre outros. Nas linhas de transmissão realizava Inspeção aérea semestral (contrato de R\$1milhão ao ano), inspeção simplificada anualmente e inspeção detalhada a cada dois anos.

Segundo informações disponibilizadas, primeiramente a ideia era substituir as inspeções periódicas em linhas de transmissão por drones. Várias foram as experiências ao longo dos anos, drone com uma câmera, drone com câmera profissional Gimble filmando tudo (um profissional no campo e um profissional no escritório analisando, ótimo em termos de auditorias), atualmente: drone com duas câmeras (convencional e térmica). Inicialmente um piloto (operador), depois um piloto (operador) e um analisador e atualmente dois profissionais (um piloto / operador controla o aparelho – responsável pelo voo; outro inspetor controla as câmeras – inspeção técnica).

Foram testados vários drones das famílias Phantom e DJI (Matrice) Série 200, tendo sido criado então o Kit dotado de Drone DJI tipo Matrice 210 RTK da Figura 3 (segurança contra indução, limites padronizados de altura, conta com assistência técnica na China, um ano de garantia, treinamento 40horas, etc.) + 2 câmeras (convencional AZ 30 e térmica Flir 5X1) + 1 Tablet + 24 baterias (suficiente para o dia de trabalho e recarga a noite) + 6 carregadores + 1 Transponder, importado da China (Valor da ordem de R\$ 400mil – base 2019 –). Um KIT para cada equipe ou região, com um total de 6 a 7 kits.

Nº Documento:	Categoria:	Versão:	Aprovado por:	Data Publicação:	Página:
---------------	------------	---------	---------------	------------------	---------

A perda ou queda de drones não é incomum e pode estar ligado a irregularidades provocadas pela interferência eletromagnética (indução, etc.) ou telecomunicação. Em subestações as distâncias de trabalho com drone devem ser maiores devido a efeitos eletromagnéticos (indução, etc.), estando sujeito a avarias e quedas. Algumas limitações: com 20% de carga de bateria, reprime o controle e o drone pousa onde estiver; a altura deve ser no máximo 150 metros. Com o treinamento e experiência seria possível realizar inspeção de linhas com drones em média de até 20km por dia.

Historicamente, as baterias podem aquecer, então foram usados o ar-condicionado do veículo e o carregador do veículo (20' para esfriamento + 2 horas para carregamento + combustível do veículo para manter o veículo com ar-condicionado ligado o tempo todo da operação). Atualmente foram criados os kits por drone contendo também 24 baterias e 6 carregadores (cada carregador comporta quatro baterias para recarregar no período da noite). O retorno está programado para bateria com 60% de carga, como medida de segurança, abrangendo uma extensão da ordem de 2km.

Inspeções para verificação de desligamentos de emergências em linhas (mesmo a noite) poderiam ser feitas por drones respeitando altura e eixo da linha, com dois profissionais capacitados, no lugar de equipes de inspeção detalhada para verificar causas da saída ou desligamento de uma linha de transmissão. Principais causas encontradas em linhas: tentos partidos, sobreaquecimento, etc. A ideia é inserir os apontamentos no SAP.

O investimento inicial parece elevado, mas os custos evitados são considerados promissores. O investimento nestes aparelhos é CAPEX (BRR) havendo necessidade de aquisição de pacotes (kits) conforme mencionado acima. Vários exemplos foram dados de custos e avarias evitadas em linhas de transmissão. Exemplo: melhor avaliação de anomalias em torres da baixada santista (alta salinidade e ambiente agressivo).

Cada drone necessita de uma licença ANAC (registro). Os pilotos devem ser cadastrados no DCEA. A cada voo existe necessidade montagem de um plano de voo (via site) para aprovação antes da utilização, sendo este outro desafio pois devido à elevação dos pedidos tem ocorrido demora na obtenção desta aprovação.

Outro desafio é a velocidade de evolução das versões (atualizações) com novas funcionalidades dos drones (por exemplo com a redução de temperatura devido a aquecimento em operação do equipamento e suas baterias), sendo que para o caso a versão anterior perde uma parte da validade (sobressalentes, etc.). De tempos em tempos existe necessidade de criação de uma especificação detalhada do kit (aparelho, baterias, tablet, etc.) e código SAP correspondente para aquisição. Além disto, criação de orientação técnica em português abordando no mínimo os voos (passo a passo, 100s de páginas), técnica de inspeção (critérios e pontos físicos de verificação), registros e controles (planilhas de controle), curso de inspeção (treinamento mínimo: 40 horas), com base no manual de instruções do fabricante que normalmente está na língua chinesa ou inglesa.

Apesar de não ter sido apresentado evidências, foi informado que os benefícios têm relação, além dos aspectos de segurança mencionados anteriormente, também aos custos evitados (avaliação mais detalhada de falhas incipientes), bem como o melhor planejamento de atividades e profissionais de inspeção (janeiro, fevereiro, março, abril, etc.) e solução de anomalias de maneira escalonada (três em três meses). Segundo informações disponibilizadas, a inspeção de 4mil km de linhas foi planejada e executada em 15 dias, reduzindo custos de viagens. Atualmente dois profissionais foram realocados para outras áreas.

A concessionária EDP Bandeirante também possui P&D na área de VANT para inspeção de redes de distribuição, em estágio inicial e, portanto, não foi possível obter volume de informações sobre o escopo e possíveis resultados do projeto.

As concessionárias AMPLA e Eletropaulo, segundo informações, não contrataram P&D na área. No entanto, iniciaram estudos de projetos para tal finalidade no ano de 2015, através de pesquisa de mercado, tecnologias e avaliação de custos e impactos para implantação de piloto na distribuidora. A concessionária ENEL (Eletropaulo) utiliza VANT para inspeção de linhas de transmissão fora da cidade de São Paulo pois na região urbana é proibido o seu uso.



Figura 3: Foto ilustrativa do quadricóptero adquirido para trabalhos na Elektro.

A concessionária transmissora CTEEP realiza a inspeção aérea por helicóptero composto de câmera termográfica de alta resolução anualmente. Também utiliza drones (Matrice 100 DJI) dotado de Gimbal com câmera termográfica acoplada, ambas as inspeções são realizadas com equipe própria da ISA CTEEP.

7.4.3 – Outras empresas

Ao longo do processo foram consultadas as empresas consultoras, prestadora de serviços e fornecedores (representantes, assistência técnica, treinamento, sobressalentes, serviços de inspeção) de equipamentos e acessórios e sobressalentes, onde foram obtidas informações, orientações relevantes a respeito das características e aplicação de Drones.

BUREAU VERITAS
DRONEPOWER
99GEO

7.4.4 – Aeronaves sensores e softwares

O Brasil conta com 15 das 44 indústrias (2019) de VANT na América Latina e reúne ao menos outras 5 empresas desenvolvendo sistemas, segundo a Associação Internacional de Veículos Não Tripulados (AUVSI) e a Associação Brasileira das Indústrias de Materiais de Defesa e Segurança (ABIMDE).

Nº Documento: Categoría: Versão: Aprovado por: Data Publicação: Página:

Centros de pesquisa e desenvolvimento de projetos, montados em universidades com financiamentos do governo e da iniciativa privada, trabalham na construção de aeronaves dos mais variados tamanhos, formas e serventias. Outros modelos ou soluções completas podem ser importados de países que já usam VANT há mais tempo.

No tocante às fontes de energia, os VANT existentes no mercado são movidos a bateria ou combustível, o que impacta diretamente em seu peso e autonomia de voo. Os ventos são um grande desafio para a autonomia. Os VANT movidos a bateria apresentam autonomia de voo entre 20 e 30 minutos, podendo percorrer até 30km de linha a 60 km por hora. Já os modelos movidos a combustíveis, dependendo de seu tamanho e peso podem ter autonomia de até duas horas, podendo percorrer até 120km de linha a velocidade de 60km/h.

Quanto à forma de locomoção, podem ser tipo asa fixa ou asa móvel/giratória (ou multi rotores). Cada qual com suas vantagens do ponto de vista de autonomia, economia de energia, espaço ocupado, altitude máxima, capacidade de pairar e, no caso dos multi rotores, há possibilidade de funcionamento de metade das asas, poupando as demais para uso como retaguarda em caso de falhas. Na figura 4 a seguir, são ilustrados exemplos de VANT de asa fixa e asa móvel.

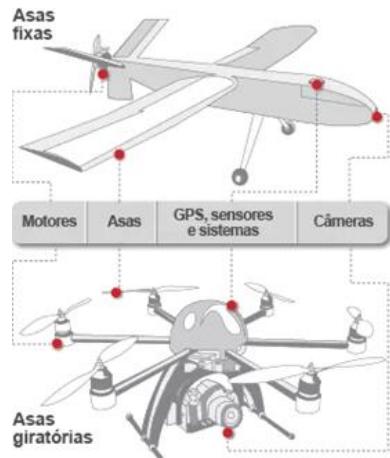


Figura 4 – Tipos de VANT quanto a locomoção

Além da aeronave, é necessária a especificação e dimensionamento do sistema de sensoriamento para realização determinadas atividades, que possibilita a captação dos sinais necessários ao processamento dos dados no software da estação remota. Muitos destes sistemas estão em desenvolvimento em universidades ao redor do mundo e outros, mais simples e já em utilização, encontram-se como adicional a aeronave em algumas empresas fornecedoras da solução.

Uma vez dimensionado o sistema de sensoriamento e suas funcionalidades, de acordo com a necessidade do uso e recursos disponíveis, o desenvolvimento do software para tratamento e inteligência do processamento de dados é a tarefa mais importante, criteriosa e de maior custo da solução. O software garante que as informações e imagens obtidas pelo VANT não se torne um grande de volume de dados tal que inviabilize seu tratamento, interpretação e tomada de ação em curto prazo.

Há empresas que apenas comercializam VANT, empresas que apenas desenvolvem softwares e empresas que comercializam a solução completa, podendo inclusive fornecer o serviço de inspeção. Entende-se como ideal que a escolha da aeronave seja feita em consonância com os recursos que se deseja implementar (câmeras, sensores ópticos e/ou térmicos, meios de comunicação, etc.), para que o equipamento comporte nos quesitos espaço e peso.

Para a finalidade de inspeção de linhas (LT) e subestações (SE) algumas características da aeronave são consideradas importantes e devem ser avaliadas para implementação:

- ✓ Aeronave tipo asa móvel (quadricóptero ou octocóptero) a bateria, devido ao menor tamanho – que promove maior segurança na proximidade com os ativos, menor peso (PMD menor ou igual 25kg) – se enquadrando na Classe 3 da Regulamentação ANAC, em que as autorizações são simplificadas;
- ✓ Aeronave deve comportar câmeras convencionais e eventualmente termográficas de alta resolução disponíveis no mercado, para estas aplicações.
- ✓ Aeronave deve prever incorporação de sensores para as funcionalidades apontadas em projeto (detecção de obstáculos, retorno seguro, interface com plataformas específicas, voo programado, isolamento eletromagnético, etc.)

- ✓ A fim de manter o nível de registro simplificado proposto pela ANAC, para a Classe 3 de RPA, esta deve operar sempre na linha de visada visual (VLOS) e seus voos devem ser realizados a altura máxima de 120 metros acima do nível do solo. Caso contrário, informações adicionais da aeronave devem ser submetidas à análise e aprovação da ANAC.

Algumas funcionalidades são consideradas importantes e devem ser avaliadas para implementação:

- ✓ Voo programado (piloto automático), com a definição prévia de rotas via GPS, sem necessidade de intervenção do piloto;
- ✓ Delimitação de área de voo e detecção de objetos próximos, evitando colisões ou deslocamentos indesejados pela ação do vento;
- ✓ Voo à altura fixa segura;
- ✓ Câmeras convencionais e termográficas de alta resolução com softwares associados para obtenção e tratamento de imagens, apontamento de ordens de manutenção através de interfaces, etc.;
- ✓ Sistema de detecção de baixa energia (bateria ou combustível), enviando comandos para que o VANT volte à posição inicial ou pouse com segurança, antes que fique completamente sem energia;
- ✓ Sistema de segurança para que em caso de perda de comunicação, o VANT seja capaz de realizar o pouso com segurança;
- ✓ Outras soluções aplicáveis, em desenvolvimento por centros tecnológicos.

A experiência em diversas demonstrações e do projeto piloto mostrou uma das alternativas para a função inspeção: o equipamento realiza seus voos programados, sem necessidade de intervenção externa, sendo possível intervir quando necessário e deste modo, o técnico pode dedicar todo o tempo da inspeção na análise e detecção de problemas na rede. Já no voo não programado, com recursos sensoriais de segurança adequados, seria tomado a atenção e tempo do operador para executar o controle da aeronave ao percorrer o ativo (distâncias seguras, ação do vento, obstáculos, etc.).

Tipo de Documento: Relatório Técnico Área de Aplicação: Engenharia de Normas e Padrões Título do Documento: Análise de Viabilidade de Uso de Drones em Inspeção de Linhas e Subestações

8-ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA

8.1 Estudos Comparativos

Foram realizadas simulações de voos com VANT em áreas rurais com VANT adquirido pela área de Serviços de Transmissão – Regional Sudeste e Noroeste para inspeção de linhas de transmissão e subestação. O objetivo principal das simulações foi para a obtenção de estudo comparativo entre metodologias de inspeção atualmente praticadas e o modelo de inspeção realizada com VANT. Figura 5 e 6.

As características do equipamento completo histórico 2016 utilizado são as seguintes:

Aeronave: Quadricóptero DJI - Modelo Phantom 2 Vision+

Câmera: GoPro Hero 4, resolução 4K

Kit de transmissão: Vídeo com tela de 7"

Valor investimento: R\$ 11.554,90 (30/03/2015)

Loja aquisição: Dronestore

Vida útil do equipamento: 2 a 5 anos (operação pelo menos 6horas por dia – estimado -)

Vida útil da bateria 1 ano (operação pelo menos 1 carga completa por dia – estimado -)

Vida útil de hélices 1 ano (operação pelo menos 6horas por dia – estimado -)

Autonomia de voo: 30 minutos sem vento e mínimo 20 minutos com vento

Custo unitário de baterias R\$ 1 mil a 1,5 mil (substituição a cada ano)

Custo unitário de carregadores R\$ 1 mil (substituição a cada ano)

Custo unitário de hélices R\$ 150 (o par de hélices)

Quantidade de baterias recarregáveis 2

Quantidade de carregadores 1 com base para 4 baterias cada um

Quantidade de hélices 4 pares para operação de um ano

Tempo de resfriamento 20 minutos e tempo de carga de baterias 2horas



Figura 5: Foto ilustrativa do quadricóptero adquirido pelo ST Sudeste

Nº Documento:	Categoria:	Versão:	Aprovado por:	Data Publicação:	Página:
---------------	------------	---------	---------------	------------------	---------

Tipo de Documento: Relatório Técnico Área de Aplicação: Engenharia de Normas e Padrões Título do Documento: Análise de Viabilidade de Uso de Drones em Inspeção de Linhas e Subestações

As características do equipamento completo utilizado atualmente em 2020 (01/09/2020 e 02/09/2020) no projeto piloto são as seguintes:

Aeronave: Quadricóptero DJI - Modelo Mavic Air 2

Câmera: GoPro Hero 4, resolução 4K

Kit de transmissão: Vídeo com tela de 7"

Valor investimento: R\$ 18.980,00 (30/09/2020)

Loja aquisição: Dronestore

Vida útil do equipamento: 2 a 5 anos (operação pelo menos 6horas por dia – estimado -)

Vida útil da bateria 1 ano (operação pelo menos 1 carga completa por dia – estimado -)

Vida útil de hélices 1 ano (operação pelo menos 6horas por dia – estimado -)

Autonomia de voo: máximo 30 minutos sem vento e mínimo 20 minutos com vento

Custo unitário de baterias R\$ 1mil a 1,5 mil (substituição a cada ano)

Custo unitário de carregadores R\$ 1 mil (substituição a cada ano)

Custo unitário de hélices R\$ 150 (o par de hélices)

Quantidade de baterias recarregáveis 2

Quantidade de carregadores 1 com base para 4 baterias cada um

Quantidade de hélices 4 pares para operação por um período de um ano

Tempo de resfriamento 20 a 30 minutos e tempo de carga de baterias 2horas



Figura 6: Foto ilustrativa do quadricóptero adquirido pelo ST Noroeste

Durante o projeto Piloto de 2020 inserido no Anexo VII do presente documento e Tabela 2, dentre as informações gerais obtidas, pode se verificar algumas características interessantes. Como pode ser acompanhado a duração de uma bateria é praticamente a mesma (20 minutos) para drones com pesos (300g a 4,69kg) e dimensões (143 a 643mm) completamente diferenciados. Para os drones mais sofisticados e, portanto, com maiores cargas úteis maiores (3,4 a 4,69kg), nota

Nº Documento:	Categoria:	Versão:	Aprovado por:	Data Publicação:	Página:
---------------	------------	---------	---------------	------------------	---------

se que o tempo de montagem pode chegar a cinco vezes maior (15 minutos) do que os demais drones de menor porte (3 minutos).

Tabela 2 – Resumo das Características dos Drones

Equipamento	Tempo Montagem (min)	Tempo de Bateria (min)	Peso (aprox. kg)	Dimensão (mm)
DJI MAVIC AIR 2	3min	20min	0,570	253
DJI SPARK	3min	20min	0,300	143
DJI MATRICE 210 RTK	15min	20min	4,690	643
DJI SPIRE 2	15min	20min	3,440	605

8.1.1 - Inspeções em Linhas de Transmissão (Histórica 2016 e atual 2020)

Em 2016, a linha de transmissão inspecionada para fins de simulação piloto foi a LT 138kV Piracicaba–Araraquara, composta por estruturas de madeira, no trecho compreendido entre a Usina Costa Pinto e a SE Brotas. As inspeções foram realizadas conforme descrito no item 3 do presente relatório, que contém informações sobre os procedimentos de inspeção realizados nas distribuidoras do grupo. Neste estudo, foi considerado como “trecho” inspecionado o equivalente a uma estrutura e um vão médio de 500 metros entre estruturas.



Figura 7 - Inspeção com VANT na LT 138kV Piracicaba-Araraquara

Os resultados médios das simulações são apresentados na tabela seguir. Tabela 3 e as Figuras 7 e 8.

Nº Documento: | Categoria: | Versão: | Aprovado por: | Data Publicação: | Página:

Tipo de Documento:	Relatório Técnico
Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
Título do Documento: Análise de Viabilidade de Uso de Drones em Inspeção de Linhas e Subestações	

Em 2020, a linha de transmissão inspecionada para fins de simulação piloto foi a LT 88kV Indaiatuba 1, composta por estruturas metálicas. As inspeções foram realizadas conforme descrito no item 3 do presente relatório, que contém informações sobre os procedimentos de inspeção realizados nas distribuidoras do grupo. Neste estudo, foi considerado como “trecho” inspecionado o equivalente a uma estrutura e um vão médio de 500 metros entre estruturas. Componentes conforme abaixo.

Faixas de segurança, de servidão ou de domínio

- Ocupação irregular;
- Erosão;
- Formigueiro;
- Árvores e culturas diversas;
- Travessias de outras redes;
- Acessos;

Estruturas

- Oxidação geral das ferragens;
- Peças soltas, faltando ou abalroadas;
- Erosão na base;
- Placas de sinalização;
- Vegetação subindo na estrutura;
- Estado das cruzetas e do poste de madeira;
- Exposição de ferragens em estruturas de concreto;
- Estado dos cabos de aterramento;
- Estado do estaiamento;

Isoladores

- Oxidação geral das ferragens;
- Pinos, travas, porcas faltando ou soltas;
- Trincas, partes quebradas ou marcas no componente dielétrico;
- Estado da amarração;

Cabos condutores e cabos guarda (cabos para-raios)

- Oxidação geral do cabo para-raios
- Estado dos grampos e ferragens de fixação;
- Estado das armaduras dos grampos de suspensão;
- Pinos, travas, porcas faltando;
- Estado das conexões e emendas;
- Estado de espaçadores e esferas;
- Pontos com tentos partidos;
- Objetos estranhos (pipas, balão etc.);

Tabela 3 – Inspeção em Linha de Transmissão

Relação dos Tempos (minutos)	Terrestre Detalhada	Terrestre Simples	Aérea Helicóptero	VANT
Preparo de material	20	10	10	10
Preenchimento da APR	5	5		5
Solicitação de Bloqueio da Linha	5			
Escalada - Subida -	7			
Inspeção - Trecho -	12	10		5
Escalada - Descida -	5			
Guarda do material	10	7		7
Tempo Total por Trecho [minutos]	64	32	10	27
Relação dos Custos				
Número de colaboradores []	4	2	2	2
Custo Deslocamento por hora [R\$]	6,15	6,15		6,15
Tempo Total Inspeção por dia [h]	6,00	6,00	4,00	6,00
Tempo Total de Deslocamento [h]	0,50	0,50	1,00	0,50
Custo Total por dia [R\$]	1.503,34	771,66	14.241,68	771,66
Quantidade de Estruturas por Dia	13	34	1.527	77
Extensão Inspecionada por Dia [Km]	1,33	3,38	152,67	7,67
Custo de Inspeção por km [R\$]	1.129,27	228,64	93,29	100,60

Tipo de Documento:	Relatório Técnico
Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
Título do Documento: Análise de Viabilidade de Uso de Drones em Inspeção de Linhas e Subestações	



Figura 8 - Inspeção terrestre detalhada na LT 138kV Piracicaba-Araraquara

8.1.2 - Inspeções em Subestações

Em 2020, a subestação inspecionada para fins de simulação piloto foi a SE Indaiatuba I 138kV, composta por estruturas metálicas, localizada no município de Indaiatuba. As inspeções foram realizadas conforme descrito no item 3 do presente relatório, que contém informações sobre os procedimentos de inspeção realizados nas distribuidoras do grupo. Os resultados das simulações piloto são apresentados nas Figuras 10 a 12.

Para subestações o projeto piloto mostrou rapidamente uma série de vantagens qualitativas, com a visualização de pontos cegos como a parte superior de grandes equipamentos como o transformador de potência (vazamento de óleo pelos canecos das buchas parte interior) ou mesmo a parte superior dos pórticos (oxidação em estado avançado). Em complemento, encontra-se em um ambiente mais controlado e seguro, respeitadas as distâncias do equipamento às partes energizadas devido a interferência eletromagnética (campo elétrico e campo magnético), devido as delimitações de uma subestação. Componentes conforme abaixo e área geral interna da subestação e seu entorno.

Estruturas

- Oxidação geral das ferragens no topo;
- Peças soltas;
- Ninhos;

Nº Documento: Categoría: Versão: Aprovado por: Data Publicação: Página:

Tipo de Documento:	Relatório Técnico
Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
Título do Documento: Análise de Viabilidade de Uso de Drones em Inspeção de Linhas e Subestações	

Isoladores

- Oxidação geral das ferragens;
- Pinos, travas, porcas faltando;
- Trincas, partes quebradas ou marcas no componente dielétrico;

Chaves

- Oxidação geral das ferragens;
- Presença de ninhos;
- Desajustes de fechamento do contato;
- Pinos, travas, porcas faltando;
- Derretimento de conectores ou condutor;
- Trincas ou marcas em isoladores;
- Ninhos;

Equipamentos

- Oxidação parte superior (Trafo Potência, TCs, TPs, etc.);
- Vazamentos;
- Ninhos;

8.2 Resultados Encontrados

A partir do estudo comparativo das diferentes soluções, foi possível obter quadro comparativo com aspectos qualitativos de cada solução, com a finalidade de enriquecer a qualidade das análises. Serão apresentados também, a seguir, quadros (Tabelas 4 a 5) e gráficos (Gráficos 1 a 3) comparativos com os aspectos quantitativos (referente a um dia de inspeção) obtidos a partir do estudo realizado no item 6.1.

8.2.1 - Resultados para Linhas de Transmissão

Para as linhas os resultados da inspeção um pouco mais complexos de verificação e dependente da experiência do operador e do técnico, havendo então importante ênfase para os aspectos de amadurecimento no processo e treinamentos e reciclagens correspondentes. Ao detectar anomalias estas são apontadas para

Nº Documento: | Categoria: | Versão: | Aprovado por: | Data Publicação: | Página:

posterior planejamento da manutenção preventiva nas instalações. Esta última fase do processo é um grande desafio e depende de dotação orçamentária das áreas.

Tabela 4 – Comparativo: Aspectos Quantitativos de Inspeção em Linhas

Dia de Inspeção	Terrestre Detalhada	Terrestre Simples	Aérea Helicóptero	VANT
Extensão (km)	1,33	3,38	152,67	7,67
Estruturas	13	34	1527	77
Tempo Total (h)	6	6	4	6
Colaboradores	4	2	2	2
Custo Total (Hxh)	R\$ 1.503,34	R\$ 771,66	R\$ 14.241,68	R\$ 771,66
Custo por km	R\$ 1.129,27	R\$ 228,64	R\$ 93,29	R\$ 100,60

Aspectos de Produtividade: Tempo para 10mil km de linha: 14000 dias terrestre detalhada (60 anos), 3500 dias terrestre (10 anos), 66 dias helicóptero (2,2 meses) e 1303 dias drone (5,2 anos). Drone/helicóptero = 33 vezes maior o tempo de ocupação de um profissional para fazer o mesmo 10mil km de LT. As equipes são formadas de 4, 2, 2 e 2 colaboradores, respectivamente para inspeção terrestre detalhada, inspeção terrestre simples, inspeção aérea por helicóptero e inspeção aérea através de VANT.

- Terrestre detalhada: $10.000 \text{ km} / 1,33 \text{ km / dia} = 7.518 \text{ dias} (\sim 21 \text{ anos})$, R\$10,1milhões ($2 \times 21 \text{ anos} \times \text{R\$ 240mil / ano}$)
- Terrestre simplificada: $1 \times 10.000 / 3,38 = 2.958 \text{ dias} (\sim 8,2 \text{ anos})$ R\$1,945milhões ($8,2 \text{ anos} \times \text{R\$ 240mil / ano}$)
- Helicóptero: $1 \times 10.000 / 152,67 = 66 \text{ dias} (\sim 2,2 \text{ meses ou } \sim 0,18 \text{ anos})$ R\$43,6mil ($0,18 \text{ anos} \times \text{R\$ 240mil / ano}$)
- VANT: $1 \times 10.000 / 7,67 = 1.303 \text{ dias} (\sim 3,6 \text{ anos})$. R\$864mil ($3,6 \text{ anos} \times \text{R\$ 240mil / ano}$)

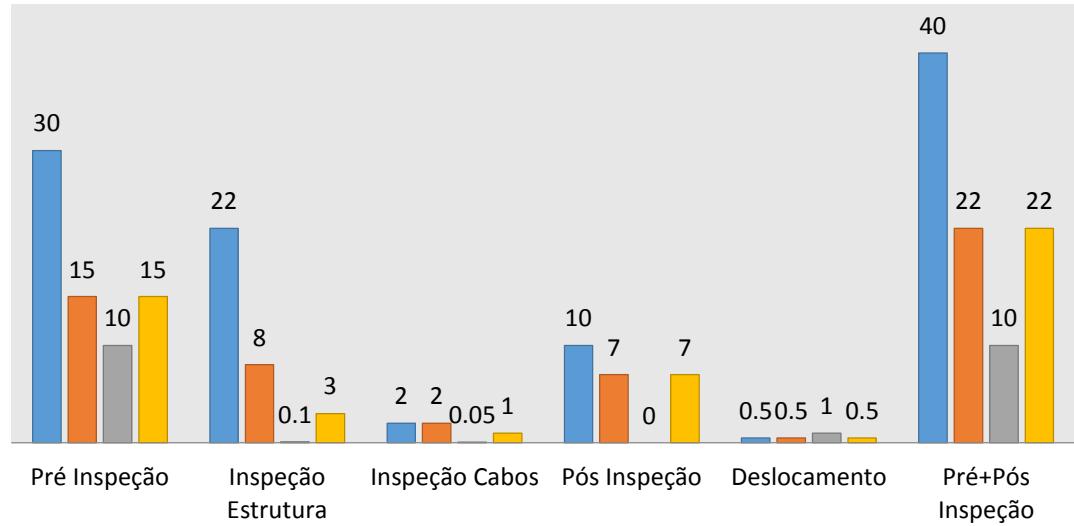


Figura 9 – Equipes Participantes dos Trabalhos

Gráfico 1 – Tempo gasto por Etapa de Inspeção em Linhas

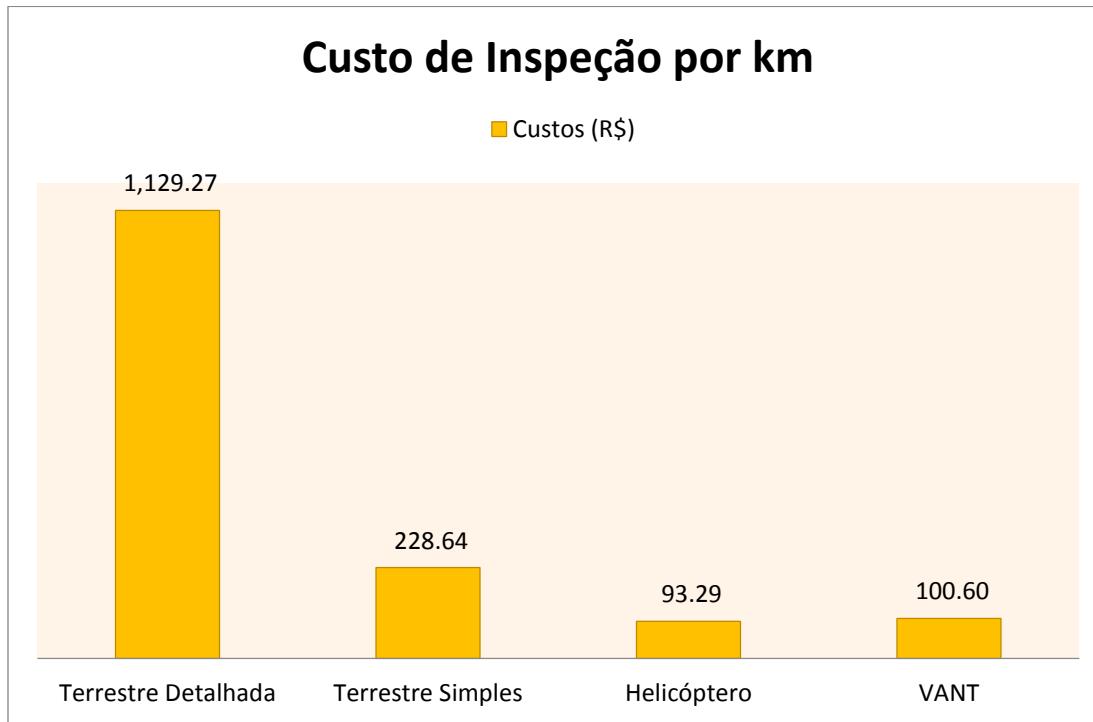
Tempo Gasto por Etapa de Inspeção (min)

█ Terrestre Detalhada █ Terrestre Simples █ Helicóptero █ VANT



No Gráfico 2, o custo de inspeção por helicóptero mostrada de R\$ 93,29 por km, refere se ao custo dos serviços e o custo da equipe da CPFL acompanhando.

Gráfico 2 – Custo de Inspeção por km de LT



No Gráfico 3, vale ressaltar que a extensão de inspeção diária de 7,67 Km utilizando o Drone considera todos os passos da mobilização e desmobilização, incluindo a substituição das baterias a cada 20 a 25 minutos.

Gráfico 3 – Extensão LT Inspeção por Dia

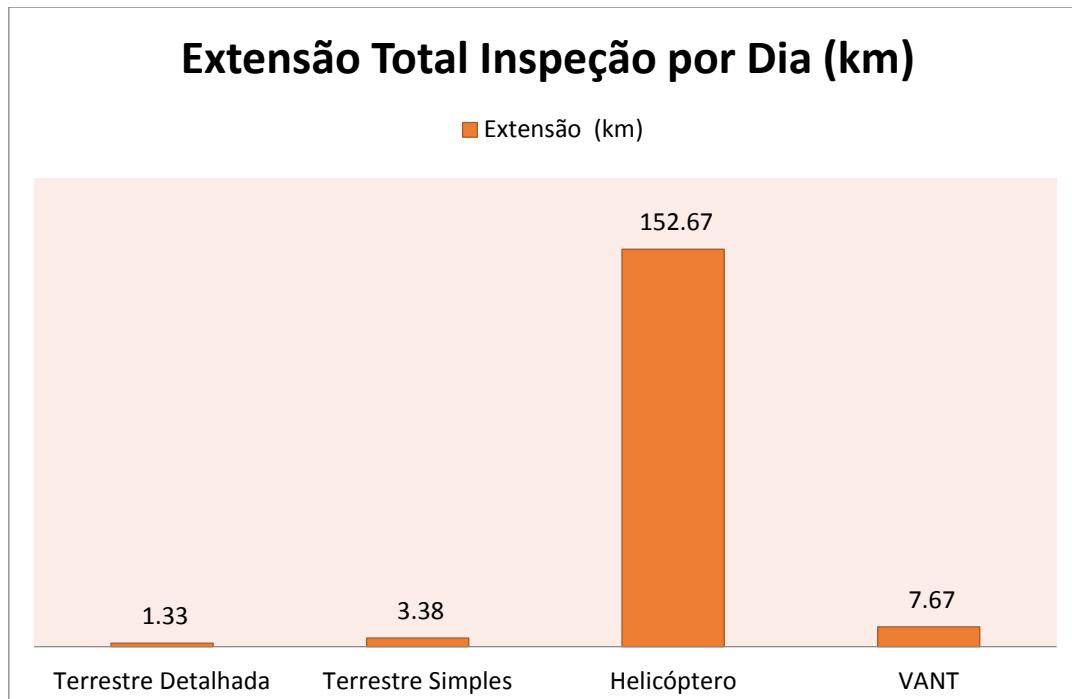


Tabela 5 – Comparativo: Aspectos Qualitativos de Inspeção de Linhas

ASPECTOS QUALITATIVOS	TERRESTRE DETALHADA	TERRESTRE SIMPLES	HELICÓPTERO	VANT
Duração Preparo Inspeção	Alta	Média	Baixa	Baixa
Duração Inspeção Trecho	Alta	Média	Muito Baixa	Baixa
Subjetividade Inspeção	Baixa	Alta	Alta	Muito Baixa
Produtividade	Muito Baixa	Baixa	Muito Alta	Alta
Confiabilidade	Média	Baixa	Média	Alta
Qualidade	Média	Baixa	Média	Alta
Segurança	Baixa	Média	Baixa	Alta
Produtividade em Locais de Difícil Acesso	Baixa	Baixa	Alta	Alta

Nº Documento: Categoría: Versão: Aprovado por: Data Publicação: Página:

8.2.2 - Resultados para Subestações

Para subestações os resultados da inspeção são imediatos e rápidos em detectar anomalias, para posterior planejamento da manutenção preventiva de equipamentos ou instalações. Esta última fase do processo é um grande desafio e depende de dotação orçamentária das áreas.

Transformador de potência:

Detectado vazamento de óleo isolante na parte superior, na base da bucha de média tensão da fase central.

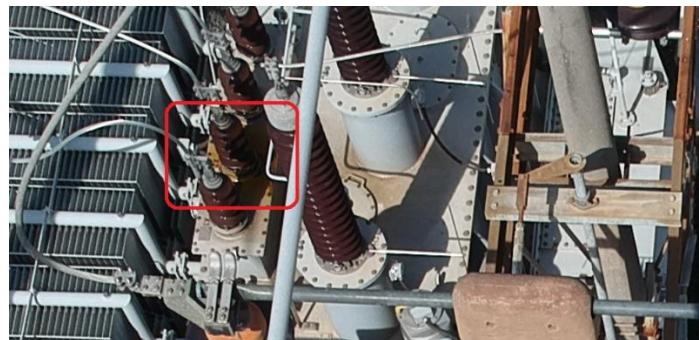


Figura 10 – Vazamento de óleo bucha de média tensão

Detectado vazamento de óleo isolante na base da bucha de alta tensão da fase lateral.

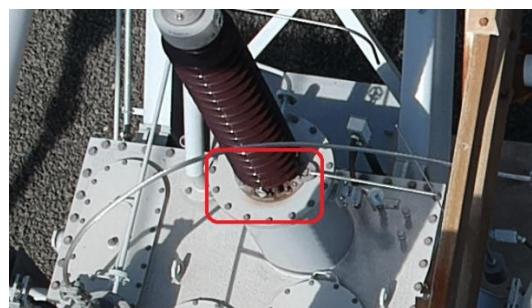


Figura 11 – Vazamento de óleo na bucha de alta tensão

Nº Documento: Categoría: Versão: Aprovado por: Data Publicação: Página:

Chave seccionadora:

Detectado em um isolador da coluna central, marcas características de porcelana trincada.



Figura 12 – Trincas na porcelana

8.2.3 – Ponderações Iniciais

Os resultados das inspeções realizadas com VANT como inspeção complementar mostram, em um primeiro momento, aumento da produtividade, maior qualidade de inspeção, redução do custo Hxh por km de inspeção e maior confiabilidade em comparação às demais metodologias de inspeção. Além disso, a atividade de inspeção com VANT apresenta menor risco à segurança dos colaboradores quando comparada a quaisquer outras modalidades.

Em contrapartida, na inspeção com VANT, a bateria com pouco tempo de autonomia, restrições de sinais devido à distância da estação remota, municípios onde existe proibição de utilização de Drones, dificuldade da inspeção realizada simultaneamente ao controle da aeronave são limitantes para maior eficácia e segurança da atividade. A evolução tecnológica de baterias e sensores, técnicas de voo, implementação de sistemas de controle, etc., poderão reduzir consideravelmente tais desvantagens, tornando a solução mais atrativa.

8.3 Aspectos de Produtividade e Custos Internos

Para que possa ser utilizado em avaliações futuras de eventual aplicação de drones em substituição a tarefas convencionais, a partir da segunda fase do projeto, e não como ferramenta complementar de inspeções que é a primeira fase do projeto, procuramos elaborar um ensaio simulatório, mesmo que superficial, do quesito produtividade deixando como exemplo de abordagem que mostra o desafio a ser superado nestas próximas fases.

Adotando uma análise linear para conhecer o tempo de ocupação do profissional (equipe: número de colaboradores), considerando a inspeção em 10mil km de LT, temos o tempo total distribuído da seguinte maneira, com uso hipotético de uma única equipe e um único equipamento, com dias corridos, sem imprevistos ou incidentes, abordando todas as atividades de inspeção como equivalentes, sem contar com custos de diárias e refeições adicionais, etc. Conforme demonstrado anteriormente no Item 8.2.1acima.

Comparando as alternativas mais próximas, temos que o custo de inspeção por km de linha está muito próximo entre a Inspeção Aérea por Helicóptero e VANT (Drone), então o tempo de ocupação dos profissionais da empresa envolvidos no processo é mais efetivo para a alternativa Helicóptero em relação as demais técnicas, sendo 20 vezes menor em relação a VANT; 45 vezes menor em relação à Inspeção Terrestre Simplificada; 117 vezes menor em relação à Inspeção Terrestre Detalhada. O custo estimado da ocupação dos profissionais da empresa envolvidos com o Helicóptero é da ordem de R\$43,6mil e com o VANT é da ordem de R\$ 864mil, com vantagem para a alternativa Helicóptero da ordem de R\$ 820mil (por um período de tempo de 3,6 anos) para um VANT (2 profissionais) e um Helicóptero (2 profissionais) para 10mil km de LT teoricamente previstos. Nestas condições, a efetividade de ocupação de mão de obra para a alternativa Helicóptero é de 95% ($1 - 0,18 / 3,6$) em relação a VANT, ou seja, a efetividade do uso de VANT em relação a Helicóptero é de 5% ($0,18 / 3,6$).

Alternativamente, ainda mantendo as condições de contorno estabelecidas anteriormente foi feita a comparação entre VANT x Helicóptero, considerando o custo unitário do Drone e seus acessórios e sobressalentes da ordem de R\$ 50mil:

- Visando manter o equilíbrio (mesma efetividade entre as alternativas) das soluções Helicóptero e VANT em termos de tempo de ocupação existiria a

necessidade de aquisição adicional de 20 ($3,6/0,18$) VANT, média de 500km cada, e utilizar adicionalmente 40 (2×20) profissionais dedicados, sendo que o custo de ocupação passaria de R\$860mil (1 VANT + 2 Profissionais dedicados) para R\$ 18,2milhões (R\$864mil x 20 + R\$50mil x 20) desta feita por um período de trabalho igual do helicóptero de 0,18 anos (2,2meses).

- Para uma efetividade de 82% ($1-0,18/1$), equivalente a Inspeção Aérea por Helicóptero, ou seja, período de trabalho de no máximo um ano com VANT para 10mil km de LT, então existiria a necessidade mínima de 4 VANT ($3,6/1$) e 8 (2^*4) profissionais dedicados, passando o valor de ocupação de R\$860mil em 3,6 anos (efetividade 3,5%) para R\$ 3,64milhões (R\$860mil x 4 + R\$50mil x 4) desta feita por um período de 1 ano.
- Supondo que toda a inspeção de 10mil km de linhas seja feita com Drones, então seria necessária uma periodicidade teórica de 4 anos, sem a necessidade de contratação de outros profissionais e aquisição adicional de equipamentos, mantendo a velocidade da ordem de 7,67km / dia ao custo de pessoal e equipamento da ordem de R\$910mil (R\$860mil x 1 + R\$50mil x 1).

Gráfico 4 – Comparativo Helicóptero c Drones x Terrestre Simples x Terrestre Detalhada

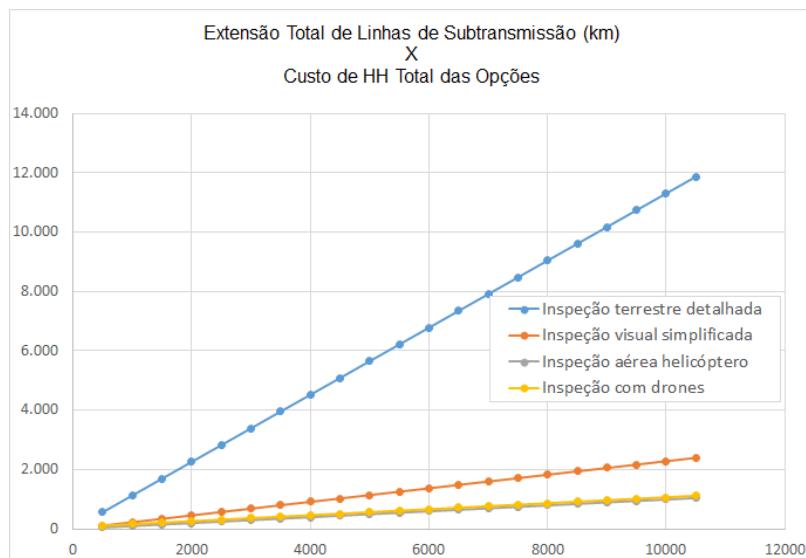
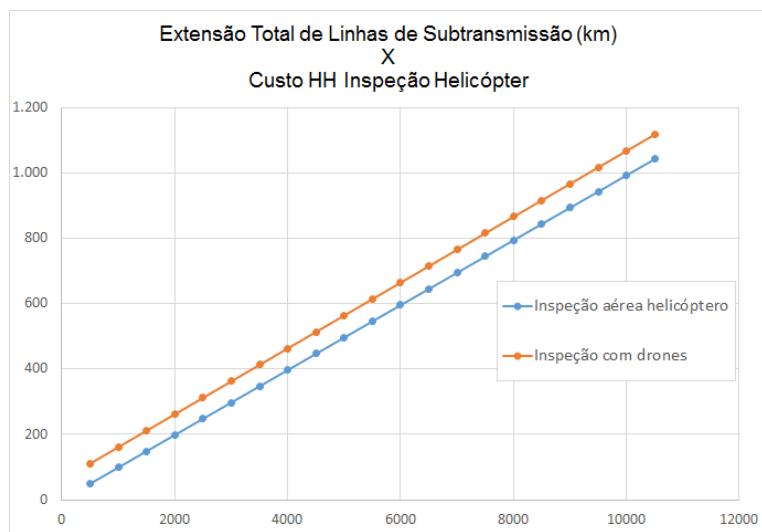


Gráfico 5 – Comparativo Helicóptero x Drones



O Gráfico 5 demonstra que apesar dos custos de inspeção por drones e por helicópteros serem próximos, os profissionais da CPFL usando drones precisariam trabalhar muito mais tempo (1.300 dias) em relação a inspeção por helicóptero (66 dias), para cumprir a mesma meta (por exemplo de fazer hipoteticamente a inspeção em 10mil km de linhas), deixando de produzir em outras atividades relacionadas com inspeção e manutenção. Entretanto, isto será abordado com maiores detalhes nas próximas Fases 2 e 3 do Projeto.

8.3.1 - Análise Comparativa de Viabilidade Econômica das Opções Principais

Considerando a equipe hipotética com um drone e seus pertences, sem problemas de chuvas, ventos, quebras, acidentes, calibração, assistência técnica, e resultados idênticos entre as opções inspeção aérea por helicóptero e inspeção aérea por Drones, neste primeiro momento, temos os seguintes resultados.

9-CONSIDERAÇÕES

É de fundamental importância que piloto (operador) do VANT tenha licença e seja capaz de realizar voo programado e autorizado, restando apenas ao técnico a responsabilidade pela inspeção, análise e apontamento de anomalias. Neste

Nº Documento: | Categoria: | Versão: | Aprovado por: | Data Publicação: | Página:

contexto, para proporcionar inspeção mais produtiva, eficiente e segura existe necessidade de estudo aprofundado para avaliação das funcionalidades desejadas e, não menos importante, a definição da aeronave, também cadastrada e autorizada, adequada para esta atividade que comporte tais funcionalidades.

Conforme citado no item 7.4.4 do presente relatório, em resumo e de uma maneira geral, devem ser observados os seguintes aspectos para utilização de VANT para inspeção de linhas de transmissão e subestações:

AERONAVE (RPA)

- ✓ A Aeronave tipo asa móvel (quadricóptero ou octocóptero) à bateria, devido ao menor tamanho – que promove maior segurança na proximidade com os ativos, menor peso (PMD menor ou igual 25kg) – se enquadrando na Classe 3 da Regulamentação ANAC, em que as autorizações são simplificadas;
- ✓ A Aeronave deve comportar câmeras convencionais e/ou termográficas de alta resolução disponíveis no mercado, para estas aplicações.
- ✓ A Aeronave deve prever incorporação de sensores para as funcionalidades apontadas em projeto (detecção de obstáculos, retorno seguro, interface com plataformas específicas, voo planejado e programado, etc.)

A fim de manter o nível de registro simplificado proposto pela ANAC, para a Classe 3 de RPA, esta deve operar sempre na linha de visada visual (VLOS) e seus voos devem ser realizados a altura máxima de 120 metros acima do nível do solo. Caso contrário, informações adicionais da aeronave devem ser submetidas à análise e aprovação da ANAC.

FUNCIONALIDADES (RPAS)

- ✓ Voo programado (piloto automático), com a definição prévia de rotas via GPS, sem necessidade de intervenção do piloto;
- ✓ Delimitação de área de voo e detecção de objetos próximos, evitando colisões ou deslocamentos indesejados pela ação do vento;
- ✓ Voo à altura fixa segura;

Nº Documento: _____ | Categoria: _____ | Versão: _____ | Aprovado por: _____ | Data Publicação: _____ | Página: _____

- ✓ Câmeras convencionais e termográficas de alta resolução com softwares associados para obtenção e tratamento de imagens, apontamento de ordens de manutenção através de interfaces, etc.;
- ✓ Sistema de detecção de baixa energia (bateria ou combustível), enviando comandos para que o VANT volte à posição inicial ou pose com segurança, antes que fique completamente sem energia;
- ✓ Sistema de segurança para que em caso de perda de comunicação, o VANT seja capaz de realizar pouso com segurança;

OUTRAS SOLUÇÕES APLICÁVEIS

O mercado fornecedor de VANT é amplo e sua expertise no setor elétrico vem crescendo significativamente. O projeto para aquisição da solução deve ser específico para seu uso em redes energizadas, visando sempre garantir a segurança das pessoas e dos ativos. Por outro lado, é preciso estar atento às exigências regulamentadoras pela ANAC e demais órgãos competentes, tanto para aquisição de equipamentos homologados, quanto para sua operação adequada dentro de níveis aceitáveis de segurança do espaço aéreo. É preciso também considerar o treinamento especializado de técnicos - inspetores para que sejam capazes de pilotar as aeronaves, segundo exigências normativas.

Com formatos e tamanhos variados, o número de aeronaves controladas remotamente tem crescido em ritmo acelerado no país e no mundo, devido à facilidade de voo, ao baixo custo e às inovações tecnológicas constantes. Com um número cada vez maior de fabricantes, institutos de pesquisas e instituições interessadas no projeto, na fabricação e na operação do RPA, é vital que evoluam os desenvolvimentos tecnológicos na área de maneira acelerada, tornando o equipamento cada vez mais competitivo economicamente, com cada vez mais recursos e variedades.

Como é de conhecimento, as atividades de inspeção são necessárias para a manutenção dos índices de continuidade e qualidade do fornecimento de energia elétrica pelas concessionárias de energia. Através dos estudos realizados neste relatório, pode-se inferir que os VANT proporcionam ganhos além daqueles observados nas atividades de inspeção de linhas de transmissão e subestações. A aplicação correta de um programa de manutenção preditiva e preventiva com VANT

Tipo de Documento:	Relatório Técnico
Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
Título do Documento: Análise de Viabilidade de Uso de Drones em Inspeção de Linhas e Subestações	

como ferramenta complementar pode trazer benefícios adicionais àqueles relacionados aos aspectos qualitativos e quantitativos da atividade de inspeção, como descrito abaixo.

- ✓ Melhor alocação de recursos de mão de obra;
- ✓ Redução do trabalho de emergência não planejado, proporcionando maior segurança operacional e melhores condições de trabalho;
- ✓ Aumento da confiabilidade e qualidade da manutenção;
- ✓ Aumento do grau de confiabilidade do sistema;
- ✓ Melhoria dos índices de continuidade de fornecimento;

Inúmeras são as vantagens adicionais vislumbradas na aplicação de drones em inspeções de linhas de transmissão e subestações. Alguns pontos já foram elencados ao longo do presente documento, sendo outros aspectos:

- Podem mover-se sobre terrenos acidentados, onde é difícil para os trabalhadores de solo se deslocarem e enviarem fotos que mostram a condição das linhas de transmissão.
- Realizam o trabalho de forma muito mais rápida, em razão de sua praticidade e operacionalidade.
- Não podem inspecionar tubulações enterradas, por razões óbvias, contudo, podem obter imagens de vegetação em volta de dutos que podem sinalizar problemas – a vegetação morta frequentemente é sinal de vazamentos
- Buscam a redução de custos de serviços, tanto para inspeções de rotina quanto para levantamento de danos nas redes de energia após desastres naturais.
- Melhoraram a segurança dos trabalhadores envolvidos diretamente na inspeção.

Lembrando que não menos importante são os cálculos e posterior confirmação da aferição ganhos mesmo que prospectivos nas várias fases do projeto.

Nº Documento: | Categoria: | Versão: | Aprovado por: | Data Publicação: | Página:

10-CONCLUSÃO E PRÓXIMOS PASSOS

Após o levantamento e tratamento de dados, foi realizada a avaliação da viabilidade técnica, econômica, segurança e regulatória de utilização de drones em atividades de inspeção de Linhas de Distribuição e Subestações do sistema de Sub Transmissão da CPFL, atendendo as leis vigentes no país, conclui-se pela viabilidade promissora de sua aplicação, conforme condições de contorno indicadas na sequência.

Isto posto deve se iniciar o desenvolvimento da especificação técnica mínima a ser observada para aquisição desses equipamentos pelas áreas usuárias, bem como estabelecer os procedimentos de utilização do equipamento em forma de orientação técnica.

Estratégia de aplicação:

Como pode ser acompanhado ao longo deste estudo, o assunto é complexo, abrangente, deste modo todas as opções deverão ser avaliadas (várias sugestões propostas foram apresentadas: equipe própria ou contratada, periódica e sem periodicidade, com e sem comunicação e interlocução com o SAP, etc.), não existindo uma definição correta ou incorreta e depende da estratégia adotada por cada uma das empresas.

Porém, pelo resultado dos estudos e análises, reuniões com fornecedores e prestadores de serviços especializados, concessionárias usuárias do equipamento a pelo menos cinco anos, os posicionamentos e discussões técnicas sobre o questionário formulado com a equipe de projeto, o resumo das informações consolidadas das várias empresas, existe uma tendência de utilização de drones como atividades complementares a inspeção terrestre de subestações e linhas de subtransmissão, neste primeiro momento nas empresas do Grupo CPFL.

A definição com maior atratividade recomenda, neste primeiro momento atuar com equipe própria de maneira gradual, contemplando pelo menos três fases abaixo, desde que justificadas economicamente, cada qual por um determinado período de tempo de solidificação, variando de 2 a 3 anos.

➤ Fase 1: Inicial

Nº Documento: Categoría: Versão: Aprovado por: Data Publicação: Página:

Equipe própria, não periódica, inspeções sob demanda, para amadurecimento no processo, complemento e auxílio das atividades atuais (inspeções terrestres e aéreas), equipamentos com menor nível de sofisticação tecnológica, treinamentos, reciclagens, licenças, cadastros, autorizações, seguros, plano de voo, etc. Aquisição de equipamentos de empresas especializadas e qualificadas. Realimentação do processo para permanentes avaliações das próximas fases.

➤ Fase 2: Parcial

Caso a fase anterior tenha êxito em seus resultados: Equipe própria ou contratada, com a inclusão de periodicidade definida, para as inspeções terrestres simplificada e/ou detalhada, equipamento de média sofisticação tecnológica, treinamentos, reciclagens, fiscalização de serviços de topografia – poda – aceiro, licenças, cadastros, autorizações, seguros, planos de voo, realimentação do aprendizado e experiência da fase anterior, etc. No caso de equipamento próprio, aquisição deve ser realizada de empresas especializadas e qualificadas. Realimentação do processo para permanente avaliação da próxima fase.

➤ Fase 3: Final e Permanente

Caso a fase anterior tenha êxito em seus resultados: Equipe própria ou contratada, com periodicidade definida, para as inspeções aéreas, com a possibilidade de substituição e inclusão de outros métodos (mapeamento de rota, quantificação estruturas adjacentes e invasoras, acompanhamento de serviços externos, barragens, plantas eólicas e solares, aerofotogrametria, captura e processamento de imagens, etc.), equipamento de alta sofisticação tecnológica, treinamentos, reciclagens, licenças, cadastros, autorizações, seguros, planos de voo, realimentação do aprendizado e experiência das fases anteriores, etc. No caso de equipamento próprio, aquisição deve ser realizada de empresas especializadas e qualificadas. Realimentação do processo para permanentes avaliações e melhorias contínuas nas várias fases.

Considerando que o projeto concluiu pela promissora viabilidade sob os aspectos técnico econômica, segurança e regulação, e, implementados (especificação técnica para aquisição, orientação técnica de utilização), seja de forma gradual, com a avaliação de desempenho permanente tanto do equipamento como das atividades (antes e após a sua implementação desta nova ferramenta; recursos;

sobressalentes com custos operacionais periódicos: hélices, baterias, assistência técnica, taxa de falhas e quebras, etc.), coleção de registros de qualidade com evidências de anomalias (fotos, relatórios de inspeção, gerenciamento de anomalias, acidentes ou incidentes ou perdas, eventuais danos e causas, seguros, garantias, assistência técnica, durabilidade, sobressalentes, treinamento e reciclagem, operador, etc.), bem como a evolução do conhecimento e complementos da análise de viabilidade técnico e econômica, antes de avançar para as próximas fases, atendendo as prescrições de segurança e regulação (cadastros, licenças, autorizações, seguro, treinamento, etc.).

Salienta-se que o processo de benchmark com empresas do setor elétrico foi muito valioso e acelerou de forma natural o processo de aprendizado e avaliação das alternativas e justificativas técnicas adotadas, que ocorre de acordo com a evolução em cada empresa.

Quanto ao tipo de equipamento, como mostrado, existe grande variedade disponível no mercado, incluindo internacional, com vários tipos e modelos níveis de sofisticação, novas tecnologias e funcionalidades incorporadas, lançada de forma permanente e rápida (Mavic Air 1, Mavic Air 2, Matrice 210 RTK, Matrice 300, etc.), com possibilidade de uso de câmeras convencionais, termográficas, sensores, estabilidade, suportabilidades a interferências eletromagnéticas, autonomias, dimensões, denominação de kits, etc., os quais também devem ser objeto de análise e discussões contínuas, uma vez que as atualizações de novas versões poderão ser incompatíveis (com dificuldades de assistência técnica ou garantias ou sobressalentes) em relação aos tipos e modelos anteriormente adquiridos, inclusive do mesmo fabricante e precisam ser tratados com antecedência.

Não menos importante é a necessidade de substituição de equipamentos periodicamente, em determinado período de tempo a ser estabelecido de acordo com a prospecção de dados e experiências a serem vivenciadas.



Tipo de Documento:	Relatório Técnico
Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
Título do Documento: Análise de Viabilidade de Uso de Drones em Inspeção de Linhas e Subestações	

11-ANEXOS

- Anexo I – Ciclos de GARTNER HYPE
- Anexo II – Consolidação das Informações Disponibilizadas pelas Áreas da Empresa
- Anexo III – Macro cronograma e Cronograma Detalhado do Projeto
- Anexo IV – Exemplificação de Opções de Drones no Mercado (2019/2020)
- Anexo V – Características Técnicas Típicas de Drones
- Anexo VI – Projeto Simplificado de um Drone na Prática
- Anexo VII – Projeto Piloto de Inspeção em Linhas e Subestações

12-REFERÊNCIAS

- RT-RED00009-2018 Aspectos de Superação em Sistemas Elétricos
- RT-RED00074-2018 Conceitos de Engenharia como Subsídios a Gestão de Equipamentos e Instalações de Subestação
- GED 15373 Mobilidade para Projetos e Obras
- GED 15407 Inspeção Terrestre em Linhas de Transmissão
- GED 13316 Resgate em Linhas de Transmissão
- GED 00276 Inspeção Aérea de Linhas de Transmissão
- GED 04037 Critérios de Inspeção Termográfica de Subestações e Linhas
- RBAC N 21 Regulamento Brasileiro da Aviação Civil
- RBAC-E N 94 Regulamento Brasileiro da Aviação Civil Especial
- IS N21-002 Instrução Suplementar ANAC
- AIC N 21/10 Circular de Informações Aeronáuticas – DECEA
- Artigo Energia Solar e Tecnologia: Drones Revolucionam o Monitoramento de Ativos do Setor de Energia, Grupo Bureau Veritas, 07/10/2018.
- RT REM 2016 008 Análise de viabilidade técnica e econômica de inspeção aérea de linhas de transmissão e linhas de distribuição rurais por veículo aéreo não tripulado – VANT – janeiro de 2016.

Este relatório foi elaborado pela célula de Engenharia e Manutenção de Linhas de Transmissão, Subestações e Equipamentos Associados do Departamento de Engenharia de Distribuição, em conjunto com os representantes da Equipe de Projeto indicados abaixo, usando como base o RT REM 2016 008 iniciado pela Enga. Luciana Macedo de Oliveira e finalizado pelo Eng. Rodrigo Marsola Garbelotti (que atuavam na REDN na época e atualmente atuam na Área de Operação de Sistemas Elétricos).

Nº Documento: Categoría: Versão: Aprovado por: Data Publicação: Página:



Tipo de Documento:	Relatório Técnico
Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
Título do Documento: Análise de Viabilidade de Uso de Drones em Inspeção de Linhas e Subestações	

João Carlos Carneiro REDN
Luís Felipe Benatti REDN
Fernando Cesar Pepe REDP
Giovani Bertarello RER
Marcelo Willers Monteiro RER
Paulo Henrique Fulan Ribeiro REP
André Luis Rodrigues Fernandes DPTU
João Batista de Alvarenga Filho DJT
Fabiano Rodrigo Vedana DJTS
Marcelo Jari da Rosa Moraes DRTM
Vagner Vasconcellos REDN
Frederico Prestupa Neto PGS
Thiago Emanuel Bernardo DJTS

Campinas, 30 de novembro de 2020.

Nº Documento: | Categoria: | Versão: | Aprovado por: | Data Publicação: | Página:

18583 Instrução 1.1 JOSE CARLOS FINOTO BUENO 27/07/2022 63 de 121

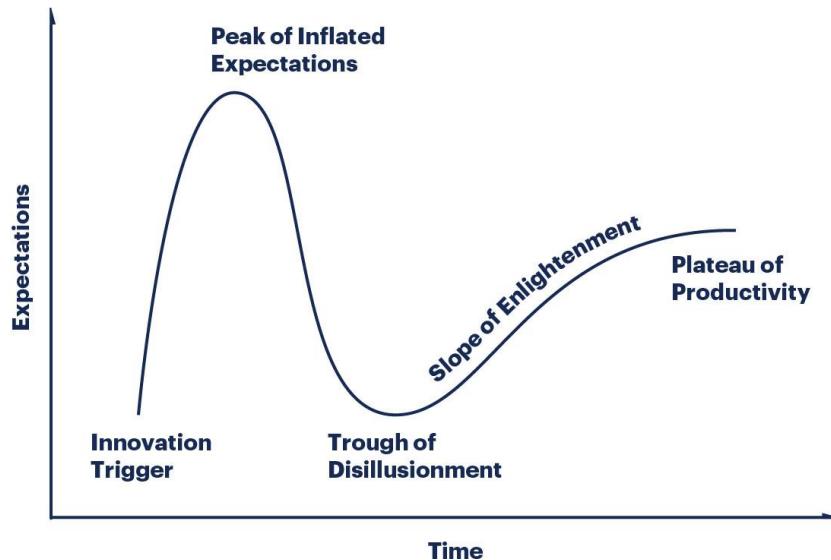
ANEXO I – CICLOS DE GARTNER HYPE

1 - Definição

O ciclo de Hype é uma apresentação gráfica da marca desenvolvida e usada pela empresa de consultoria em pesquisa de tecnologia da informação (TI) americana (USA) Gartner para representar a maturidade, adoção e aplicação social de tecnologias específicas. O ciclo de Hype fornece uma apresentação gráfica e conceitual da situação de maturidade de tecnologias emergentes em cinco fases (gatilho da inovação, pico de expectativas infladas, vale da desilusão, inclinação da iluminamento e platô de produtividade).

2 – Interpretação do Ciclo de Hype da Tecnologia

De uma forma geral, quando as novas tecnologias fazem promessas ousadas, como é possível distinguir o exagero do que é comercialmente viável, e, quando essas novas tecnologias trarão retorno.



Os Ciclos de Gartner Hype fornecem uma representação gráfica da maturidade em adotar tecnologias e aplicativos e como eles são potencialmente relevantes para resolver problemas reais de negócios e explorar novas oportunidades. A metodologia do Ciclo de Gartner Hype oferece uma visão de como uma tecnologia ou aplicativo evoluirá ao longo do tempo, fornecendo uma fonte sólida de insights para gerenciar sua implantação dentro do contexto de seus objetivos de negócios específicos.

3 - Utilização dos Ciclos

Os clientes usam os Ciclos de Hype para obter informações sobre a promessa de uma tecnologia emergente no contexto de seu setor e do apetite individual por risco.

Uma abordagem rápida é realizada, caso esteja disposto a combinar o fato de assumir de riscos com a compreensão de que esta natureza de investimentos nem sempre compensa, mas pode colher os frutos da adoção antecipada.

Uma abordagem moderada pode ser apropriada. Os executivos mais moderados entendem o argumento para um investimento inicial, mas também insistem em uma análise de custo x benefício sólida quando novas maneiras de fazer as coisas ainda não foram totalmente comprovadas.

Uma abordagem de espera pela maturação do processo ocorre caso existam muitas perguntas sem resposta sobre a viabilidade comercial de uma tecnologia emergente, pode ser melhor esperar até que outras pessoas tenham sido capazes de entregar um valor tangível.

4 - Desenvolvimento dos Ciclos de Hype

Cada Ciclo de Hype detalha as cinco fases principais do ciclo de vida de uma tecnologia.

- **Gatilho da inovação:**

Um avanço tecnológico em potencial dá o pontapé inicial. As primeiras histórias de prova de conceito e o interesse da mídia geram publicidade significativa. Frequentemente, não existem produtos utilizáveis e a viabilidade comercial não foi comprovada.

- **Pico de expectativas inflacionadas:**

A publicidade precoce produz uma série de histórias de sucesso - frequentemente acompanhadas por dezenas de fracassos. Algumas empresas agem; muitos não.

- **Vale da desilusão:**

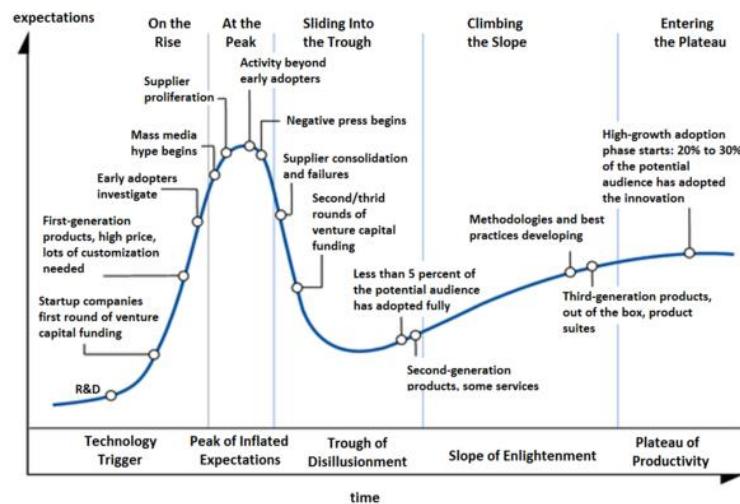
O interesse diminui à medida que os experimentos e as implementações falham. Os produtores da tecnologia abalam ou falham. Os investimentos continuam apenas se os fornecedores sobreviventes melhorarem seus produtos para a satisfação dos primeiros usuários.

- **Inclinação da Iluminação:**

Mais exemplos de como a tecnologia pode beneficiar a empresa começam a se cristalizar e se tornar mais amplamente compreendidos. Os produtos de segunda e terceira geração são fornecidos por fornecedores de tecnologia. Mais empresas financiam pilotos; empresas conservadoras permanecem cautelosas.

- **Platô de produtividade:**

A adoção do convencional começa a decolar. Os critérios para avaliar a viabilidade do provedor são mais claramente definidos. A ampla aplicabilidade e relevância da tecnologia no mercado estão claramente compensando.



Maior detalhamento pode ser verificado nesta curva de Hype expandida, onde são encontrados patamares intermediários para maior entendimento. Em ordem de aparição da esquerda para a direita

- **Gatilho da inovação:**

P&D Projetos de pesquisa e desenvolvimento,
Startup primeira imersão de fundos de capital,
Primeira geração de produtos, normalmente o preço é elevado com necessidade de customização,
Investigação para adoção precoce,

- **Pico de expectativas inflacionadas:**

Início do processo de massa crítica,
Proliferação de supridores
Atividades entre a adoção precoce
Impressão negativa inicial

- **Vale da desilusão:**

Consolidação dos fabricantes e eventos de falhas
Segundo e terceira rodada de fundos de capital investido
Menos de 5% de audiência potencial tem sido plenamente adotada
Segunda geração de produtos e alguns serviços associados

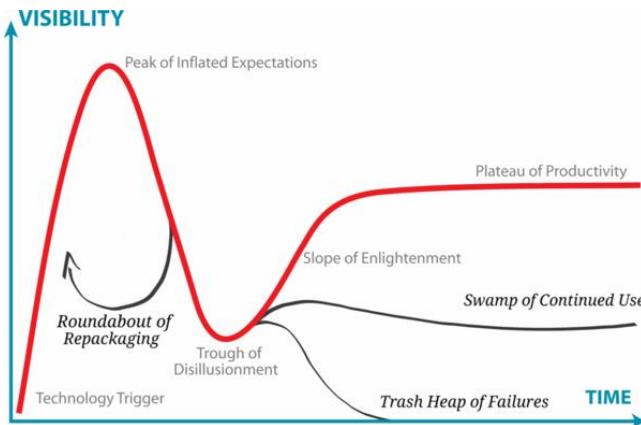
- **Inclinação da Iluminação:**

Metodologias e desenvolvimento de melhores práticas
Terceira geração de produtos, fora da caixa (product suítes)

- **Platô de produtividade:**

Alto crescimento da fase de adoção iniciada, cerca de 20% e 30% da audiência potencial tem sido adotado.

As cinco fases principais de Hype podem assumir diversos comportamentos diferentes dependendo do produto, tempo de maturidade, etc., tais como depois do pico da expectativa exagerada pode ocorrer o retorno e repaginação do projeto ou produto voltando ao ciclo inicial. Outras possibilidades podem ser relacionadas ao decaimento do uso ou abandono do produto durante a inclinação de iluminamento ou platô de produtividade.



5 - Principais Vantagens dos Ciclos de Hype

- Separar o Hype dos verdadeiros motivadores em relação a promessa comercial de uma tecnologia.
- Reduzir o risco de suas decisões de investimento em tecnologia.
- Comparar a compreensão do valor de negócios de uma tecnologia com a objetividade através de analistas de TI experientes.

Campinas, 21 de agosto de 2020

ANEXO II - CONSOLIDAÇÃO DAS INFORMAÇÕES DISPONIBILIZADAS PELAS ÁREAS DAS EMPRESAS (MESES DE JULHO E DE AGOSTO DE 2020)

Subestações:

As principais expectativas de atividades em subestações foram a inspeção detalhada, inspeção visual simplificada e inspeção aérea com inspeção termográfica, e, outras atividades (busca de causas de piscas ou emergenciais, pontos cegos, etc.) com a utilização de 2 colaboradores (técnico: operador de drone e técnico: controlador de câmeras), com periodicidade variando de acordo com a atividade informada no plano de manutenção. Outras: fotos para planos de contingência (substituição de equipamentos, uso de equipamentos móveis, etc.)

Atualmente estas atividades do solo de inspeção terrestre simplificada nível do solo (2 colaboradores) e escalada para inspeção terrestre detalhada com escalada (3 colaboradores) são executadas por equipe própria e a inspeção aérea e termográfica (2 colaboradores) por helicóptero por empresa contratada.

A ideia é realizar as atividades listadas anteriormente em subestações, como uma ferramenta de trabalho complementar aos processos existentes atualmente, sem modificação ou substituição do método de trabalho adotado.

Também a intensão é que a equipe de campo que trabalha com drones em subestações como ferramenta complementar execute de forma completa as atividades no campo emitindo o parecer sobre a condição dos itens inspecionados. Entende que a interface com o SAP é fundamental, incluindo gestão de anomalias.

Os motivadores para a utilização de drones em subestações em primeiro lugar tem relação com a questão da segurança, evitando a escalada e transporte de peso pelo colaborador, riscos de queda e choque elétrico; melhor visibilidade da parte superior das estruturas e materiais chamados pontos cegos do solo (isoladores, chaves, etc.); atividades em locais de difícil acesso (represas, travessias de rios, rodovias e ferrovias, etc.); redução do tempo de realização destas atividades diferenciadas.

Em subestações as atividades complementares realizadas com drones, tem infinitas possibilidades, com no mínimo registros fotográficos das anomalias, tais como encontrar defeitos e problemas não visíveis pela própria limitação humana ou mesmo de acesso ao local; vazamentos de óleo isolante na tampa de

Nº Documento:	Categoria:	Versão:	Aprovado por:	Data Publicação:	Página:
---------------	------------	---------	---------------	------------------	---------

transformadores de potência; defeitos na parte superior de cubículos ou conjuntos blindados; danos estruturais em telhados de edificações; cabos guarda desconectados (rompendo o desfiando) na parte superior do pórtico; conexão irregular entre pórticos e cadeia de isoladores; corrosão ou oxidação avançada em pinos de isoladores, ancoragem, ou danos na parte superior destes; conexões suspeitas; existência de ninhos de passarinhos em locais não visíveis do solo; emendas danificadas; Outros tais como definição de rotas para transporte de equipamentos de grande porte.

As vantagens elencadas para a utilização de drones em relação as atividades atualmente executadas em subestações são em primeiro lugar a disponibilização de ângulos de visão diferenciados, nova perspectiva, assertividade, enriquecimento de detalhes pelas imagens; a redução de tempo de inspeção; sem exposição dos colaboradores a trabalho em altura e riscos de queda e riscos de choque elétrico; alcance a regiões e locais de difícil acesso; possibilidade de detecção de problemas em emergência; melhoria na detecção de problemas na inspeção detalhada; aumenta a flexibilidade das equipes; não precisaria de liberação do centro de operação.

Atualmente mesmo com a utilização de drones em subestações de forma incipiente nas várias regiões das empresas, tem encontrado várias irregularidades e anomalias em inspeções, tais como: cabos guarda rompendo ou desfiando ou mesmo rompidos; danos estruturais em telhados de edificações; vazamentos de óleo na tampa de transformadores; isolador danificado em sua parte superior; apoio a emergências investigação de causas (descarga atmosférica); Outros: Rotas rodoviárias para equipamentos de grande porte e inspeção termográfica em conjuntos de medição de grandes clientes sem burocracia.

Os registros dos resultados das inspeções com drones em subestações em forma de fotos, vídeos, planos de manutenção, planos de voo, etc. seriam armazenados no SAP (ou KAFFA. MMS, etc.)

Linhos de sub transmissão:

As principais expectativas de atividades em linhas de transmissão foram a inspeção terrestre detalhada com escalada, inspeção terrestre simplificada e inspeção aérea detalhada com inspeção termográfica e ultrassom, controle de vegetação, invasão de faixa de servidão, investigação de desligamentos e piscas, levantamentos

judiciais para perícias, e, outras atividades (busca de causas de piscas ou emergenciais, pontos cegos, etc.) com a utilização de 2 colaboradores (técnico: operador de drone e técnico: controlador de câmeras), com periodicidade variando de acordo com a atividade informada no plano de manutenção. Outras: acompanhamento de serviços contratados (substituição de isolador, etc.) e acompanhamento de evolução e comissionamento de obras com fotos aéreas, pontos de corrosão sem necessidade de escalada; ganho em deslocamento.

Atualmente estas atividades do solo de inspeção terrestre simplificada nível do solo (2 colaboradores) e escalada para inspeção terrestre detalhada com escalada (3 colaboradores) são executadas por equipe própria e a inspeção aérea e termográfica (2 colaboradores) por helicóptero por empresa contratada.

A ideia é realizar as atividades listadas anteriormente em linhas de transmissão, como uma ferramenta de trabalho complementar aos processos existentes atualmente, sem modificação ou substituição do método de trabalho adotado.

Também a intensão é que a equipe de campo que trabalha com drones em linhas de transmissão como ferramenta complementar execute de forma completa as atividades no campo emitindo o parecer sobre a condição dos itens inspecionados. Entende que a interface com o SAP é fundamental, incluindo gestão de anomalias.

Os motivadores para a utilização de drones em linhas de transmissão em primeiro lugar tem relação com a questão da segurança, evitando a escalada e transporte de peso pelo colaborador (para inspeção terrestre detalhada), riscos de queda e choque elétrico; melhor visibilidade da parte superior das estruturas e materiais chamados pontos cegos do solo (isoladores, chaves, etc.); atividades em locais de difícil acesso (represas, travessias de rios, rodovias e ferrovias, etc.); acesso a grandes distâncias sem necessidade de deslocamento; redução do tempo de realização destas atividades diferenciadas.

Em linhas de transmissão as atividades complementares realizadas com drones, tem infinitas possibilidades, com no mínimo registros fotográficos das anomalias, tais como encontrar defeitos e problemas não visíveis pela própria limitação humana ou mesmo de acesso ao local; cabos guarda desconectados (rompendo o desfiando); conexão irregular de cadeia de isoladores; corrosão ou oxidação avançada em pinos de isoladores, ancoragem, ou danos na parte superior destes; conexões suspeitas; existência de ninhos de passarinhos em locais não visíveis do

solo; emendas danificadas; Agilidade e qualidade de inspeções; Outros tais como confirmação de piscas e desligamentos.

As vantagens elencadas para a utilização de drones em relação as atividades atualmente executadas em linhas de transmissão são em primeiro lugar a disponibilização de ângulos de visão diferenciados, nova perspectiva, assertividade, enriquecimento de detalhes pelas imagens; a redução de tempo de inspeção (agilidade e qualidade); sem exposição dos colaboradores a trabalho em altura e riscos de queda e riscos de choque elétrico; alcance a regiões e locais de difícil acesso; possibilidade de detecção de problemas em emergência; melhoria na detecção de problemas na inspeção detalhada; aumenta a flexibilidade das equipes; não precisaria de liberação do centro de operação.

Atualmente mesmo com a utilização de drones em linhas de transmissão ainda de forma incipiente, nas várias regiões das empresas, proporciona ganhos de produtividade, e, tem encontrado várias irregularidades e anomalias em inspeções, tais como: cabos guarda ou cabo fase rompendo ou desfiando ou mesmo rompidos; isolador danificado ou avariado ou quebrado em sua parte superior; contra pinos faltantes em estruturas; apoio a emergências investigação de causas (descarga atmosférica); balões na linha; identificação de processos de corrosão; Outros: traçados de linhas; acompanhamento de obras de terceiros na proximidade de torres; faixa de servidão invadidas; vegetação na linha; queda de cabo; áreas alagadas; processo de erosão; desbarrancamento próximo a torres; possibilidade de inspecionar cabos no meio do vão.

Os registros dos resultados das inspeções com drones em subestações em forma de fotos, vídeos, planos de manutenção, planos de voo, etc. seriam armazenados no SAP (ou KAFFA. MMS, etc.)

Equipamento Drone:

A maioria das respostas ao questionário apontam que possuem de 1 a 7 aparelhos drone desde 2016 e tem aplicado para casos específicos e pontuais com bons resultados.

A maioria das respostas ao questionário apontam que possuem de 1 a 7 aparelhos drone desde 2015 e tem aplicado para casos específicos e pontuais com bons resultados.

Nº Documento: Categoría: Versão: Aprovado por: Data Publicação: Página:

A maioria das respostas ao questionário apontam que possuem de 1 a 7 aparelhos drone desde 2015 e tem aplicado para casos específicos e pontuais com bons resultados.

Atenção especial deve ser dada ao tamanho, peso, autonomia de voo, sensibilidade a interferências eletromagnéticas e estabilidade em condições de ventos. O equipamento em princípio deve ser pequeno, leve e compacto, com autonomia de voo razoável (>25 minutos), equipado com sensor anti-colisão frontal, bem resistente à campos eletromagnéticos e estável em condições moderadas de ventos e rajadas.

A maioria dos aparelhos existentes nas áreas da empresa foram fabricados pela empresa DJI, da China, Estados Unidos e Brasil, modelos Spire I, Phantom 4 Pro+, Mavic 2 e GL 300E, desde 2016, provido de até 3 câmeras (gimbal, e termográfica, até 4k), sensores (anti colisão, controle remoto, retorno a base, etc.). vários tipos de baterias e carregadores, tablete ou Smartphone, valores variando de R\$ 14mil a R\$ 25mil (+ câmera térmica R\$ 60mil). Baterias sobressalentes: R\$ 1mil a unidade.

Em complemento, não é incomum nas empresas encontramos outros aparelhos (particulares) que também são da DJI, Mavic Pro, China 2017 Gimbal 3 eixos 4k, 4 baterias e 1 controle, sensores anti-colisão, controle remoto, smartphone, drone + baterias R\$ 10mil kit fly R\$ 8mil, cada bateria R\$ 1mil, totalizando ~ R\$ 20mil. Para ambos os casos deve ser computado sobressalentes periódicos: hélices, baterias, assistência técnica, seguros, etc.

O custo estimado do kit de drone + baterias + carregador + tablete + sensores = R\$ 15mil a R\$ 25mil.

A utilização de drones atualmente nas áreas visam atividades especiais (travessias de rios, mangues, rodovias, vales, ferrovias, etc.).

A utilização de drones atualmente nas áreas visam também a possibilidade inspeções em instalações de grandes clientes de difícil acesso.

Apesar da utilização mesmo de forma incipiente não foram apresentados dados de desempenho em km/dia de linha de transmissão ou unidades / dia de subestações inspecionadas devido à natureza da utilização.

Embora a maioria não tenha se manifestado sobre o tema, o tempo mínimo relatado para treinamento inicial de utilização de drones são de 16 horas, embora a maioria não se manifestou sobre o tema. Entende que a assistência técnica é permanente e a garantia é de no mínimo um ano.

Embora a maioria não tenha se manifestado sobre o tema, estima-se que exista necessidade de cadastramento do aparelho, licença e treinamento para o operador, autorização de plano de cada voo. Os órgãos envolvidos são ANAC ANATEL e DCEA.

Embora a maioria não tenha se manifestado por ser uma tecnologia nova, pois depende das condições de utilização (8horas por dia, 25 dias por mês, 12 meses do ano, etc.), existem vários planos de substituição de drones por unidades mais modernas no mínimo a cada dois anos.

Para superar a reduzida autonomia de baterias atualmente, normalmente a aquisição de baterias e carregadores adicionais, bem como adaptações dos veículos da empresa para conexão e carregamento de baterias (125Vcc, etc.), enquanto se aguarda que os fabricantes providenciem desenvolvimento de baterias com maior autonomia.

Para superar os desafios de eventuais acidentes ou incidentes com profissionais, instalações e equipamentos, sugere se as seguintes ações:

- Manter os equipamentos bem cuidados e armazenados,
- Níveis de baterias sempre em 100% (controle e aeronave),
- Respeitar áreas restritas de voo, avaliação do local de voo,
- Elaborar check list pré e pós voo,
- Manter hélices em boas condições,
- Manter níveis mínimos de satélites,
- Checar sempre a altura de Go Home,
- Ficar atento para os alertas de níveis de bateria,
- Evitar voos em condições climáticas desfavoráveis,
- Fazer sempre plano de voo junto ao DECEA (SARPAS),
- Respeitar as distâncias seguras de voo.
- Utilizar aparelhos de tamanho reduzido material da carcaça não metálica
- Reservas de equipamentos (hélices, baterias, carregadores, etc.)



Tipo de Documento:	Relatório Técnico
Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
Título do Documento: Análise de Viabilidade de Uso de Drones em Inspeção de Linhas e Subestações	

- Reciclagem dos operadores a cada dois anos (tempo mínimo de 8 horas)
- Treinamentos e unificação de procedimentos

As limitações típicas de utilização de drones conhecidas são a suportabilidade a interferências eletromagnéticas da proximidade de subestações e linhas, favelas, urbana, colisão, roubo, falha, acidentes: pessoas e segurança (hélices corte) e resarcimentos, seguro, ventos anormais e súbitos, baterias as vezes de Litium, etc.

Assim como os atuais celulares e demais produtos de alta tecnologia a evolução é bastante rápida e da mesma maneira se tornam obsolescência. O acompanhamento desta rápida evolução tecnológica nas variedades de modelos e fabricantes de drones ao longo dos anos deveria ser feita através de leituras de artigos em mídias, reuniões periódicas com empresas de energia que estejam utilizando há algum tempo o mesmo com fabricantes e prestadores de serviços, bem como a participação permanente em workshops, fóruns específicos do setor, etc.

Campinas, 12 de agosto de 2020

Nº Documento: Categoría: Versão: Aprovado por: Data Publicação: Página:



Tipo de Documento: Relatório Técnico
Área de Aplicação: Engenharia de Normas e Padrões
Título do Documento: Análise de Viabilidade de Uso de Drones em Inspeção de Linhas e Subestações

ANEXO III MACRO CRONOGRAMA MACRO E DETALHADO DO PROJETO

SCOPO	2020											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Levantamento das Atividades de Inspeção												
Estudo de Tecnologia e Equipamentos												
Realização de Piloto												
Estudo de Premissas Basicas e Levantamento de Tratamento de Dados												
Relatório de Viabilidade												
Especificação Técnica do Equipamento												
Orientação Técnica Procedimento												

Atividades Principais	Jul		Ago		Set		Out		Nov		Dez	
Planejamento dos trabalhos (objetivo, cronograma inicial, equipe de trabalho, complexidade, etc.)	15/7/20	30/7/20										
Objetivo de utilização de drones em inspeção de subestações e linhas de subtransmissão	15/7/20	30/7/20										
Definição de atividades de manutenção com a expectativa de utilização de drones		30/7/20		30/8/20								
Escopo do que faz parte no projeto e o que não faz parte do projeto	15/7/20	30/7/20										
Estado arte: aspectos técnicos e regulação de veículos aéreos não tripulados para inspeção de subestações e linhas		30/7/20		30/8/20								
Estado arte: aspectos de segurança de veículos aéreos não tripulados		30/7/20		30/8/20								
Reuniões técnicas com fabricantes de equipamentos e prestadores de serviços		15/8/20		15/9/20								
Reuniões técnicas com concessionárias usuárias de equipamentos		15/8/20		15/9/20								
Reuniões técnicas internas a respeito de avanços		30/8/20		30/9/20								
Piloto em campo, fabricante do equipamento (recursos, tempos, etc.)		30/8/20		30/9/20								
Piloto em campo, concessionárias usuárias do equipamento (recursos, tempos, etc.)		30/8/20		30/9/20								
Levantamento de dados processo atividades atuais (equipes, tempos, custos, etc.)			30/9/20									
Definição do equipamento que atende as necessidades da empresa				30/10/20								
Levantamento e tratamento de dados técnicos e regulatórios (drones, autonomia, limitações, etc.)				30/10/20								
Definição de características mínimas do equipamento				30/10/20								
Levantamento e tratamento de dados econômicos (opções, custos, condições, etc.)				30/11/20								
Definição das atividades abrangidas pelo equipamento				30/11/20								
Levantamento e tratamento de utilização (equipes, tempos, processos, etc.)				30/11/20								
Definição de custos envolvidos no processo completo (recurso, material, mão obra)				30/11/20								
Levantamento e tratamento de questões de segurança (licenças e autorizações, etc.)				30/11/20								
Levantamento de custos envolvidos na eventual contratação de serviços				30/11/20								
Definição de custos envolvidos na eventual contratação de serviços				30/11/20								
Relatório de análise técnico-económica e segurança da aplicação do equipamento				15/10/20								
Especificação técnica para compra (requisitos técnicos, garantias, assistência, etc.) envio para publicação				30/10/20								
Orientação técnica para utilização do equipamento (limitações, treinamentos, etc.)				30/10/20								

Nº Documento: Categoría: Versão: Aprovado por: Data Publicação: Página:

ANEXO IV EXEMPLIFICAÇÃO DE OPÇÕES DE DRONES NO MERCADO ATUAL (2019 / 2020)

Os melhores drones à venda no mercado 2020 e as principais características são apresentadas neste anexo, embora a evolução de opções seja muito rápida.



1 - INTRODUÇÃO

Existem pelo menos quatro fatores principais, na nossa opinião, que devem ser atentados para escolha de um drone. Isto não significa que devem ser ignorados outros quadricópteros, afinal de contas, os usuários ou futuros usuários tem diferentes necessidades e razões para adquirir um drone. Os modelos apresentados foram definidos com base nos seguintes fatores:

- Recursos operativos
- Qualidade

Tipo de Documento:	Relatório Técnico
Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
Título do Documento: Análise de Viabilidade de Uso de Drones em Inspeção de Linhas e Subestações	

- Facilidade de utilização
- Custo x benefício

Todos os drones listados abaixo são chamados de multirotores, mas a maioria das pessoas os chamam de “drones” uma vez que essa é simplesmente uma palavra mais fácil de falar.

O “quadricóptero” é um tipo de aeronave multirotor com quatro rotores.

2 – ALTERNATIVAS BÁSICAS

2.1 – DJI Mavic Air



O DJI Mavic Air da Empresa DJI foi considerado atualmente o melhor drone de 2019, mesmo tendo sido lançado em 2018. Seu preço está muito atrativo e sua portabilidade x equilíbrio de energia não pode ser superada.

Ele pode gravar vídeo em 4K estável a 60 quadros por segundo, e ainda cabe em uma mochila ou até mesmo no bolso de uma jaqueta.

Sua bateria tem duração de 21 minutos (típico para drones com estas dimensões). O tempo real de voo é próximo de 18 minutos, entretanto, trata-se de um tempo suficiente para a maioria das pessoas, especialmente se você comprar o pacote Fly More que vem com mais três baterias.

Nº Documento: | Categoria: | Versão: | Aprovado por: | Data Publicação: | Página:

O Mavic Air é pequeno, rápido e pode fazer muitas manobras, como rastrear objetos em movimento, circular ao redor deles em um caminho pré coordenado e gravar vídeos esféricos como se estivesse caindo no chão para capturar vídeos incríveis.

A razão pela qual o Mavic Air está no topo da lista é que ele é um drone dobrável com melhor custo x benefício atualmente.

2.2 – DJI Mavic Pro 2

O DJI Mavic Pro 2 é tecnicamente superior ao Mavic Air, pode ser uma escolha número 1 como o melhor drone, entretanto, é mais caro em compensação mais robusto. Oferece resultados em vídeos e fotos extremamente nítidos, devido à sua câmera Hasselblad estabilizada, que possui um sensor CMOS de uma polegada. As fotos são mais nítidas, detalhadas e visivelmente superiores às capturadas no modelo anterior.



A DJI também fez melhorias no software, com novos modos de captura de fotos e vídeos – incluindo o hyperlapse, que cria vídeos aéreos impressionantes.

Isso tem um preço – o Mavic 2 Pro é uma proposta mais cara que a iteração anterior. Muitos varejistas oferecem promoções especiais em drones premium, e o Mavic 2 Pro pode estar entre eles.

2.3 – DJI Spark



O Spark é o drone mais acessível da Empresa DJI. Possui controles de gestos incrivelmente legais que fazem você se sentir um Jedi, e é definitivamente um dos drones mais divertidos dessa lista. É facilmente controlado usando seu Smart Phone mas não vem com um controle remoto incorporado.

É um drone incrivelmente leve, do tamanho de uma latinha de refrigerante. Suas dimensões reduzidas são uma vantagem e ao mesmo tempo uma desvantagem, pois é muito fácil de transportar o drone na mochila, mas ele sofre bastante com o vento durante o voo.

2. 4 – DJI Mavic Pro



Substituído pelo DJI Mavic 2 Pro, refere se a um dos melhores drones para consumidores comuns (recreação), sendo mais acessível atualmente. Até o DJI

Nº Documento: Categoría: Versão: Aprovado por: Data Publicação: Página:

Spark aparecer, o Mavic Pro era o menor drone da linha da DJI. Este drone possui um desempenho igual aos drones maiores da DJI.

A câmera é montada em um gimbal, o que é incomum para drones desse tamanho. Isso proporciona resultados fantásticos com fotos e vídeos com boa iluminação, embora o tamanho pequeno do sensor signifique que fotografar com pouca luz às vezes possa ser complicado. O Mavic Pro tem uma velocidade máxima de cerca de 64 km/h, e a bateria é suficiente para cerca de 20 a 25 minutos de ação aérea.

Como é o caso de outros drones DJI, o Mavic Pro, vem com um controle remoto dedicado que usa o visor do celular para mostrar exatamente o que o drone está enxergando. O alcance é citado da ordem de seis quilômetros, oferecendo a oportunidade de capturar algumas fotos e vídeos incríveis sem a preocupação com a queda da conexão.

2.5 – DJI Phantom 4 Pro



O DJI Phantom 4 PRO pode voar muito rápido e é confiável. O streaming de vídeo HD ao vivo funciona melhor do que qualquer outro drone no mercado. Fácil de configurar e utilizar. A lista de atividades é grande.

A característica principal do Phantom 4 é a inserção de câmeras 3D e hardware novo para mapear ambientes em espaço tridimensional. Isto é o que lhe permite evitar obstáculos e manobrar em torno deles. No entanto, estes recursos como evitar obstáculos não são a única funcionalidade do Phantom 4 que tem qualidade superior a todos os outros drones conhecidos no momento.

Tipo de Documento:	Relatório Técnico
Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
Título do Documento: Análise de Viabilidade de Uso de Drones em Inspeção de Linhas e Subestações	

Do ponto de vista do design, o Phantom 4 é perfeito. Cada parte foi projetada para não ser somente elegante, mas também funcional.

Aqui estão algumas das características que fazem o Phantom 4:

- Vídeo de 4K e fotos de 20 Megapixels usando um sensor de 1 polegada
- Streaming de vídeo HD para o seu dispositivo móvel
- Aplicativo poderoso para celular
- Maior duração da bateria (22-30 minutos)
- Posicionamento de Visão 3D avançado para um vôo mais estável
- Consegue desviar de obstáculos na frente, do lado e atrás
- Tecnologia de rastreamento visual para seguir objetos
- Hélices de Liberação Rápida
- Simulador de vôo gratuito no app para aprender a voar

2.6 – DJI Phantom 3



Este drone é fácil de voar, com bom tempo de voo e excelente qualidade de vídeo, o Phantom 3. Existem alguns outros drones que têm funcionalidades similares ao Phantom 3, mas nenhum outro drone vai lhe proporcionar uma experiência completa e com todos os recursos mais populares pelo mesmo preço.

O Phantom 3 tem três modelos diferentes.

Nº Documento: | Categoria: | Versão: | Aprovado por: | Data Publicação: | Página:

- O Phantom 3 **Professional**, vem de fábrica com função follow-me, GPS waypoints, pontos de interesse, fluxo óptico e sensores ultra-sônicos (para quando o sinal de GPS estiver indisponível), vídeo 4K, 20 minutos de voo e etc.
- O Phantom 3 **Advanced** faz tudo igual ao Phantom 3 Professional, mas grava em 1080p em vez de 4K.
- O Phantom 3 **Standard** é a versão mais barata que você pode comprar. Ele tem um controle remoto mais simples (tirado diretamente do Phantom 2), não tem fluxo óptico ou sensores ultra-sônicos, mas ainda tem a função follow-me, GPS waypoints e grava vídeo em 1080p.

Uma das maiores vantagens do Phantom 3 é grande a quantidade de vídeos no YouTube, sites e pessoas em geral falando sobre esse drone. Qualquer dúvida que você possa ter, sempre haverá alguém na internet que sabe a resposta. Você também vai encontrar muito mais acessórios de pós-venda, como mochilas para transporte, que não são compatíveis com drones de outras marcas.

2.7 – DJI Inspire 1



Se você algum dia tiver a chance de ver este drone ao vivo, você vai querer um para si mesmo. Com um design que parece vir de um filme de ficção-científica, o Inspire 1 é um dos drones RTF mais profissionais que você pode comprar.

O DJI Inspire 1 é provavelmente um dos melhores drones que já vimos. Não há muito que o Inspire 1 “não pode” fazer. Ele vem de fábrica com todas os recursos do Phantom 3 Professional, mas com um design muito mais sofisticado e de melhor qualidade. É quase duas vezes maior e duas vezes mais rápido que o Phantom 3 . Além disso, o Inspire 1 vem com uma câmera 4K em um gimbal de 360 graus, o que significa que você pode controlar o movimento da câmera de forma totalmente independente do Inspire 1. Isto o torna ótimo não só para ser operado com uma segunda pessoa ao mesmo tempo, mas também para ficar travado em ângulos independentemente das condições de vento.

Não é possível cobrir tudo sobre o Inspire 1 neste artigo, mas uma coisa que podemos falar é que esse não é um drone que você vai querer comprar para um iniciante como presente.

O inspire 1 custa cerca de R\$ 18.000 e é indicado principalmente para pessoas que querem uma ferramenta incrível para videografia aérea, pesquisa, resgate, mapeamento 3D, ou qualquer outra aplicação profissional. O preço e o fato de ser indicado para um uso mais “profissional” também são os motivos pelos quais decidimos colocar ele atrás do Phantom 3 nesta lista.

Dito isto, o Inspire 1 é também um dos drones mais fáceis de pilotar. Então, mesmo que você não vá usá-lo de forma profissional e apenas queira ter o melhor drone do momento, o Inspire 1 é definitivamente um produto que vale a pena.

2.8- Yuneec Q500 4K



Comparada com a DJI e 3D Robotics, a Yuneec é uma empresa relativamente desconhecida, no entanto, isso não os impedi de competir nesse mercado aquecido. O Q500 4K é o mais novo modelo da Yuneec e como o próprio nome indica, grava vídeo 4K como o Phantom 3 e Solo. Embora tenha uma aparência esquisita, ele vem com um número agradável de recursos comparados com outros drones nessa faixa de preço. Por exemplo, ele vem com duas baterias e um suporte de mão que permite que você retire a câmera (e o gimbal) do quadricóptero para usá-lo como um mini estabilizador de mão, estilo Osmo da DJI.

Como o Q500 4K não é super popular em comparação com os outros modelos, você não vai encontrar um monte de informações e vídeos sobre ele, nem haverá muitos acessórios de terceiros disponíveis, mas isso não deve impedi-lo de considerá-lo como uma ótima opção. A característica mais interessante do Q500 4K é que ele tem um dispositivo Android embutido no controle remoto, por isso não há necessidade de usar o seu tablet ou smartphone, embora a qualidade dessa tela não seja equiparável a de um iPad, por exemplo. O Q500 não é necessariamente melhor do que o Phantom, mas é certamente diferente.

2.9 – 3DR Solo



O 3DR Solo é extremamente fácil de usar. Ele tem muitas características semelhantes ao Phantom3, mas em vez de usar uma câmera embutida, ele usa a GoPro Hero 4 (não inclusa). Isto significa que você tem a capacidade de remover a câmera e usá-la para o que quiser. A maior diferença entre o Solo e quase qualquer outro drone com câmera é que ele é modular/atualizável. Ele tem um compartimento para gimbal e um compartimento para acessórios, o que significa que outras empresas podem facilmente criar periféricos para o Solo.

Nº Documento: Categoría: Versão: Aprovado por: Data Publicação: Página:

O Solo é uma ferramenta fantástica para a captura de imagens aéreas. O preço, no entanto, é um ponto negativo. Um Phantom 3 Standard, por exemplo, custa consideravelmente menos do que o Solo básico e ainda vem com uma ótima câmera e gimbal.

2.10 – Syma X5C



Você pode estar se perguntando “O que o x5c está fazendo nesta lista de drones caros e cheios de recursos avançados”. Ainda que o x5c pertença a uma “categoria” diferente, ele é considerado um quad com excelente custo x benefício e foi sucesso de vendas nos últimos anos.

O X5C da Syma é um dos melhores quadricópteros para iniciantes testarem suas habilidades, e é excelente para uso ocasional por pilotos mais experientes. Com a sua lista simplificada de recursos e design elegante, proporciona diversão e boa experiência por um custo muito baixo. A maioria das pessoas que só querem um gadget barato para voo recreativo nunca vai precisar de outro drone em suas vidas, mas o X5C é bom para entusiastas de todos os níveis.

O X5C é barato – e robusto – o suficiente para que você possa voar sem medo de quebrar alguma peça se bater em algum lugar. É absolutamente perfeito para obter a sensação de pilotar drones antes de investir em algo maior e melhor. Confira nossa análise detalhada do Syma x5c.

/

Nº Documento: Categoría: Versão: Aprovado por: Data Publicação: Página:



Tipo de Documento:	Relatório Técnico
Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
Título do Documento: Análise de Viabilidade de Uso de Drones em Inspeção de Linhas e Subestações	

ANEXO V CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS TÍPICAS DE DRONES

MATRICE 210 RTK V2 – Definição Básica

CONSTRUÍDO PARA RESISTIR, PROJETADO PARA SE ADAPTAR

A melhor plataforma para produtividade aérea combina um design robusto e configuração simples para funcionar como uma solução única para variadas aplicações industriais.

Melhorias na Série M200 V2 aumentam os sistemas de controle inteligente, o desempenho de voo e adicionam segurança de voo e recursos de segurança de dados.

NOVIDADES DA VERSÃO 2.0

TRANSMISSÃO

Um voo mais confiável e estável com o novo sistema OcuSync 2.0, que suporta comutação automática de banda de frequência dupla e amplia o alcance de voo para até 8 km.

PRECISÃO DE DADOS

O sistema TimeSync alinha continuamente o controlador de voo, a câmera, o módulo GPS, o módulo RTK para o M210 RTK V2, bem como cargas úteis ou acessórios internos. Os dados de posição são fixados no centro do CMOS para geotagging preciso ao usar cargas úteis de DJI.

CALIBRAÇÃO

Quando vários payloads ou cargas úteis de terceiros são instalados, os usuários podem reajustar o centro de gravidade do drone no aplicativo DJI Pilot, melhorando o desempenho e a segurança do voo.

MODO DISCRETO

Quando a situação exige operações discretas de drone, especialmente à noite, todas as luzes podem ser completamente desligadas no aplicativo DJI Pilot.

CRİPTOGRAFIA AES-256

Nº Documento: | Categoria: | Versão: | Aprovado por: | Data Publicação: | Página:



Tipo de Documento:	Relatório Técnico
Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
Título do Documento: Análise de Viabilidade de Uso de Drones em Inspeção de Linhas e Subestações	

A criptografia AES-256 mantém sua transmissão de dados segura para que você possa ter certeza de que suas informações críticas permanecem seguras.

PROTEÇÃO CONTRA OBSTÁCULOS

Um robusto sistema FlightAutonomy com sensores frontais, inferiores e superiores detecta e evita obstáculos ao mesmo tempo em que permite pairar com precisão para que você possa voar com confiança.

SINALIZADOR ANTI-COLISÃO

Equipados com novas balizas anti-colisão superiores e inferiores, os drones V2 são visíveis à noite ou em condições de baixa luminosidade, tornando a operação em condições menos que ideais.

DJI AIRSENSE

Com um receptor ADS-B integrado, a tecnologia DJI Air Sense aumenta a segurança do espaço aéreo fornecendo automaticamente ao operador informações em tempo real sobre aviões e helicópteros próximos.

1-CLICK UPGRADE

Atualiza todos os drivers de todos os equipamentos de uma só vez através do aplicativo DJI PILOT.

ESTAÇÃO MÓVEL D-RTK 2 PARA SÉRIE MATRICE

Precisão relativa melhorada com dados de posicionamento de precisão em nível de centímetros usando a Estação Móvel D-RTK 2, que suporta todos os principais sistemas globais de navegação por satélite e fornece correções diferenciais em tempo real.

COMPATIBILIDADE ZENMUSE X7

A versão V2 da linha MATRICE apresenta agora compatibilidade com as câmeras cinematográficas ZENMUSE X7.

QUALIDADES DA LINHA MATRICE

Motores de alto desempenho emparelhados com hélices de 17 polegadas garantem voo estável em ventos fortes.

Nº Documento: | Categoria: | Versão: | Aprovado por: | Data Publicação: | Página:



Tipo de Documento:	Relatório Técnico
Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
Título do Documento: Análise de Viabilidade de Uso de Drones em Inspeção de Linhas e Subestações	

Sistema de energia com bateria dupla para maior segurança de voo sobre áreas críticas.

Corpo vedado (grau de proteção IP43 – IEC 60529 – opera em ambientes com partículas de até 1mm e chuva leve) garante resistência às intempéries, para que você possa voar em uma ampla variedade de ambientes.

Navegação RTK integrada fornece posicionamento 3D de nível de centímetros ultra preciso. Esta precisão aprimorada em relação aos sistemas típicos de barômetro, bússola e GPS torna o RTK essencial para aplicações comerciais, industriais e científicas, onde a precisão e replicabilidade de rotas de voo é imperativa.

Ao remover a dependência da bússola, o sistema também é resistente à interferência magnética, como aquelas geradas por estruturas metálicas e linhas de alta voltagem, permitindo um voo seguro em ambientes onde outras aeronaves não podem funcionar.

APLICAÇÕES:

- Inspeções de instalações industriais e de energia (toda a linha Zenmuse);
- Inspeção de painéis solares (com câmera FLIR Zenmuse XT ou XT2)
- Inspeção de fugas químicas (com módulo SOARABILITY Sniffer4D)
- Inspeção vazamentos em dutos (com módulo SENTERA AGX710)
- Agricultura de precisão (com módulo SENTERA AGX710)
- Mapeamento do canteiro de obras;
- Mapeamento de poluentes (com módulo SOARABILITY Sniffer4D)
- Geração de modelos 3D através de Fotogrametria Aérea.
- Georeferenciamento
- Segurança privada e pública
- Busca e Resgate

OUTRAS CARACTERÍSTICAS:

PONTO DE INTERESSE

Circule facilmente seu objeto de interesse para se concentrar na captura dos dados necessários para uma inspeção detalhada, compatível com as câmeras X4S e X5S.

COMPATIBILIDADE DE APLICATIVOS

Nº Documento: Categoría: Versão: Aprovado por: Data Publicação: Página:



Tipo de Documento:	Relatório Técnico
Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
Título do Documento: Análise de Viabilidade de Uso de Drones em Inspeção de Linhas e Subestações	

Controle e personalize convenientemente o seu drone Série M200 com DJI GO 4 ou DJI Pilot, um aplicativo para Android criado para usuários corporativos. O planejamento de vôo pode ser feito usando o DJI GS Pro.

ACTIVETRACK

Integrados no enquadramento enquanto voa com facilidade para capturar dados detalhados.

DJI SKYPORT

Integre qualquer carga útil - sensores, componentes robóticos e muito mais com seu MATRICE 210 RTK V2.

Drone DJI Matrice 210 RTK V2
SKU: CP.EN.00000063.01
R\$109,990,00 Price

INFORMAÇÕES DO PRODUTO

IATEC Plant Solutions - Distribuidora autorizada DJI ENTERPRISE.

Compre toda a linha DJI ENTERPRISE no Brasil da empresa que mais entende de aplicações industriais de drones no mundo. Visite nosso website (iatecps.com) e conheça nossas soluções, clientes e parceiros.

Todas as compras de produtos DJI ENTERPRISE na IATEC Plant Solutions incluem:

- Contato com um consultor especializado que irá entender sua necessidade e ajudá-lo a selecionar a melhor configuração dos equipamentos para sua atender sua demanda.
- Nota Fiscal;
- Homologação ANATEL definitiva;
- Entrega em mãos, “unboxing” e ativação.
- Assistência pós-venda;
- Assistência técnica;

IMPORTANTE:

O valor anunciado para o produto considera apenas kit básico da aeronave (ver lista de componentes abaixo no item NA CAIXA) e pagamento TED à vista com retirada em mãos.

Nº Documento: | Categoria: | Versão: | Aprovado por: | Data Publicação: | Página:



Tipo de Documento:	Relatório Técnico
Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
Título do Documento: Análise de Viabilidade de Uso de Drones em Inspeção de Linhas e Subestações	

Para outras configurações e formas de pagamento, entrar em contato com o fabricante / fornecedor.

ESPECIFICAÇÕES:

PLATAFORMA:

Model: M210 RTK V2

Dimensions (unfolded): 883x886x427 mm

Dimensions (folded): 722x282x242 mm

Folding Method: Folded Inward

Diagonal Wheelbase: 25.3 inch (643 mm)

Number of Batteries: 2

Weight (TB55):

M210 V2: Approx. 4.8 kg (with two TB55 batteries);

M210 RTK V2: Approx. 4.91 kg (with two TB55 batteries)

Max Takeoff Weight: 6.14 kg

Max Payload (2x TB55): M210 V2: 1.34 kg; M210 RTK V2: 1.23 kg

Operating Frequency: 2.4000-2.4835 GHz; 5.725-5.850 GHz

EIRP:

2.4 GHz: = 26dBm (NCC/FCC); = 20dBm (CE/MIC); = 20dBm (SRRC)

5.8 GHz: = 26dBm (NCC/FCC); = 14dBm (CE); = 26dBm (SRRC)

Hovering Accuracy (P-mode with GPS):

- Vertical: ± 1.64 feet (0.5 m) or ± 0.33 feet (0.1 m, Downward Vision System enabled) or ± 0.33 feet (0.1 m, RTK enabled)

- Horizontal: ± 4.92 feet (1.5 m) or ± 0.98 feet (0.3 m, Downward Vision System enabled) or ± 0.33 feet (0.1 m, RTK enabled)

Max Angular Velocity Pitch: 300°/s Yaw: 120°/s

Max Pitch Angle (Dual Downward Gimbals): S-mode: 30°; P-mode: 30° (Forward Vision System enabled: 25°); A-mode: 30°

Max Pitch Angle (Single Upward/Downward Gimbal): S-mode: 35°; P-mode: 30° (Forward Vision System enabled: 25°); A-mode: 30°

Max Ascent Speed: 16.4 ft/s (5 m/s)

Max Descent Speed Vertical: 9.8 ft/s (3 m/s)

Max Speed (Dual Downward Gimbals): S-mode/A-mode: 73.8 km/h (45.9 mph); P-mode: 61.2 km/h (38 mph)

Max Speed (Single Upward/Downward Gimbal) S-mode/A-mode: 81 km/h (50.3 mph); P-mode: 61.2 km/h (38 mph)

Max Service Ceiling Above Sea Level: 9842 feet (3000 m, with 1760S propellers)

Nº Documento: Categoría: Versão: Aprovado por: Data Publicação: Página:



Tipo de Documento:	Relatório Técnico
Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
Título do Documento: Análise de Viabilidade de Uso de Drones em Inspeção de Linhas e Subestações	

Max Wind Resistance: 39.4 ft/s (12 m/s)

Max Flight Time (2x TB55) : M210 V2: 34 min (no payload), 24 min (takeoff weight: 6.14 kg)

M210 RTK V2: 33 min (no payload), 24 min (takeoff weight: 6.14 kg)

Motor Model: DJI 3515

Propeller Model: 1760S

GNSS:

M210 V2: GPS+GLONASS;

M210 RTK V2: GPS + GLONASS + BeiDou + Galileo

Operating Temperature: -4° to 122° F (-20° to 50° C)

IP Rating: IP43

GIMBAL INSTALLATION

Downward Gimbal Mount: Supported

Upward Gimbal Mount: Supported

Downward Dual Gimbal: Supported

CHARGER

Model: IN2C180

Voltage: 26.1 V

Rated Power: 180 W

FORWARD VISION SYSTEM

Obstacle Sensing Range: 0.7 - 30 m;

FOV: Horizontal 60° e Vertical 54°

Operating Environment: Surfaces with clear patterns and adequate lighting (> 15 lux)

DOWNTWARD VISION SYSTEM

Velocity Range: <32.8 ft/s (10 m/s) at height of 6.56 feet (2 m)

Altitude Range: <32.8 feet (10 m)

Operating Range: <32.8 feet (10 m)

Operating Environment: Surfaces with clear patterns and adequate lighting (> 15 lux)

Surfaces with clear patterns and adequate lighting (> 15 lux): 0.33-16.4 feet (10-500 cm)

Ultrasonic Sensor Operating Environment: Non-absorbing material, rigid surface (thick indoor carpeting will reduce performance)

Nº Documento: _____ | Categoria: _____ | Versão: _____ | Aprovado por: _____ | Data Publicação: _____ | Página: _____



Tipo de Documento:	Relatório Técnico
Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
Título do Documento: Análise de Viabilidade de Uso de Drones em Inspeção de Linhas e Subestações	

UPWARD INFRARED SENSING SYSTEM

Obstacle Sensing Range: 0-16.4 feet (0-5 m)

FOV: ±5°

Operating Environment: Large, diffuse, and reflective obstacles (reflectivity >10%)

GIMBALS

Compatible Gimbals:

- Zenmuse X4S
- Zenmuse X5S
- Zenmuse X7
- Zenmuse Z30
- Zenmuse XT
- Zenmuse XT2
- SLANTRANGE 3PX
- Sentera AGX710

BATTERY

Model TB55 - 7660mAh

Voltage: 22.8V

Battery Type: LiPo 6S

Energy: 176.93Wh

Net Weight: 885g

Operating Temperature: -20°C to 45° C

Storage Temperature Less than 3 months: -20° C to 45° C

More than 3 months: 22° C to 28° C

Charging Temperature: 41° to 104° F (5° to 40° C)

Max Charging Power 180 W

DJI GO 4 APP

Name: DJI GO 4

Mobile Device System Requirements iOS 9.0 or later, Android 4.4.0 or later

Supported Mobile Devices:

iOS; iPhone 5s; iPhone SE; iPhone 6; iPhone 6 Plus; iPhone 6s; iPhone 6s Plus; iPhone 7; iPhone 7 Plus; iPad Air; iPad Air Wi-Fi + Cellular; iPad mini 2; iPad mini 2 Wi-Fi + Cellular;

Nº Documento: Categoría: Versão: Aprovado por: Data Publicação: Página:



Tipo de Documento:	Relatório Técnico
Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
Título do Documento: Análise de Viabilidade de Uso de Drones em Inspeção de Linhas e Subestações	

iPad Air 2; iPad Air 2; Wi-Fi + Cellular; iPad mini 3; iPad mini 3; Wi-Fi + Cellular; iPad mini 4 and iPad mini 4 Wi-Fi + Cellular.

This app is optimized for iPhone 7, iPhone 7 Plus. Android: Samsung tabs 705c, Samsung S6, Samsung S5, Samsung NOTE4, Samsung NOTE3, Google Nexus 6p, Nexus 9, Google Nexus 7 II, Ascend Mate7, Huawei P8 Max, Huawei Mate 8, LG V20, Nubia Z7 mini, Sony Xperia Z3, MI 3, MI PAD, Smartisan T1.

*Support for additional devices available as testing and development continues.

UPWARD INFRARED SENSOR

Obstacle Sensing Range: 0-16.4 feet (0-5 m)

FOV: ± 5°

Operating Environment: Large-sized object with diffuse reflecting surface or high reflective rate (>10%)

CENDENCE SUPER REMOTE CONTROLLER

Type: GL900A

Crystal Sky Monitor: DJI Crystal Sky 7.85inch, Resolution: 2048×1536; Brightness: 2000 cd/m²; Operating System: Android 5.1; Storage: ROM 128GB

Operating Frequency: 2.400-2.483 GHz; 5.725-5.825 GHz

Max Transmitting Distance (unobstructed, free of interference): NCC/FCC: 5 mi (8 km); CE/MIC: 3.1 mi (5 km); SRRC: 3.1 mi (5 km)

EIRP:

2.4 GHz: = 26 dBm (NCC/FCC); = 20 dBm (CE/MIC); = 20 dBm (SRRC)

5.8 GHz: = 26 dBm (NCC/FCC); = 14 dBm (CE); = 26 dBm (SRRC)

Power Supply Extended Intelligent Battery (Model: WB37-4920mAh-7.6V)

Intelligent Battery: Extended Intelligent Battery (Model: WB37-4920mAh-7.6V)

Charging: DJI charger

Output Power: 20 W (supplying power to DJI CS550 monitor), 13 W (without supplying power to monitor)

Video Output Ports: USB, HDMI, SDI

USB Supply Power: iOS: 1 A, 5.2 V (Max); Android: 1.5 A, 5.2 V (Max)

Dual User Capability Master-and-Slave connection

Operating Temperature: -4 ° to 122 °F (-20 ° to 50 °C)

Storage Temperature Less than 3 months: -4 ° to 113 °F (-20 ° to 45 °C)

More than 3 months: 72 ° to 82 °F (22 ° to 28 °C)

Charging Temperature: 32 ° to 104 °F (0 ° to 40 °C)

Charging Time: About 2 hours and 24 minutes (using a 180 W charger)

Nº Documento: Categoría: Versão: Aprovado por: Data Publicação: Página:



Tipo de Documento:	Relatório Técnico
Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
Título do Documento: Análise de Viabilidade de Uso de Drones em Inspeção de Linhas e Subestações	

Supply Power Time: About 4 hours (only Master remote controller function enabled and without supplying power to monitor)

Weight: 1041 g

NA CAIXA:

- 1x MATRICE 210 RTK V2
- 1x Controle Remoto CENDENCE SUPER (GL900A)
- 1x Monitor Crystal Sky 7.85"
- 2x Trem de Pouso
- 1x Módulo de Carga WCH2 (Para baterias do controle)
- 2x Baterias WB37 (p/ Baterias do Controle)
- 2x Bateria TB55
- 1x Carregador 180W (p/ Baterias do Drone)
- 1x Módulo de Carga IN2CH (p/ Baterias do Drone)
- 4x Pares de Hélices
- 1x Cabo do Carregador
- 1x Cabo USB (2 pontas USB)
- 1x Cabo Extensão USB
- 1x Prendedor de Dispositivo Móvel
- 1x Alça para controle remoto.
- 1x Micro SD 64Gb
- 1x Maleta de Proteção
- 1x DOWNWARD DUAL GIMBAL DCG2.0 (FIXO)
- 3x Amortecedor do Gimbal
- 1x Kit D-RTK 2 receptor aéreo
- 1x Kit D-RTK 2 receptor solo
- 1x Parafuso da porta traseira
- 1x Chave multiuso
- 1x Par de proteção de comando do controle
- 1x Capa Sobressalente da Porta traseira
- 1x Chave para retirada dos comandos do controle.

ANEXO VI – PROJETO SIMPLIFICADO DE UM DRONE NA PRÁTICA

1 - Cálculo da Autonomia de Voo de um Drone

Introdução

Quando se desenvolve qualquer veículo movido a energia elétrica, o objetivo é conseguir uma grande autonomia de rodagem (carros, motos e caminhões) ou de

Nº Documento: | Categoria: | Versão: | Aprovado por: | Data Publicação: | Página:

voo (aviões, drones, etc.). A baixa autonomia, se comparada aos veículos convencionais, movidos a combustíveis líquidos, é o grande desafio para a indústria de veículos elétricos e mantém forte a indústria de veículos convencionais.

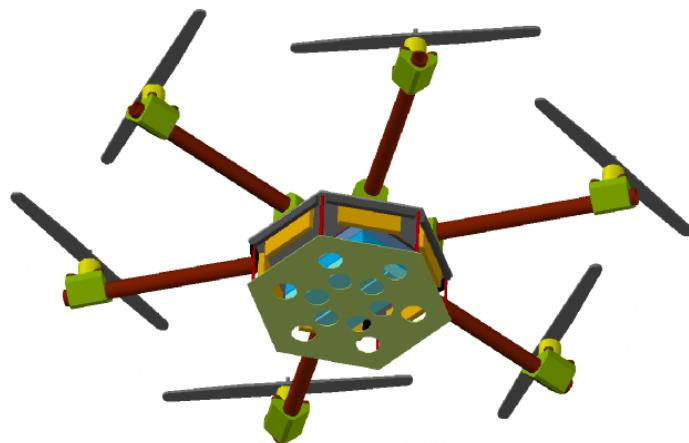


Figura 1 – Esquemático do Drone Típico

A indústria automobilística é a que está mais avançada na tecnologia de veículos elétricos. Hoje já estão disponíveis comercialmente, carros e motos totalmente movidos a energia elétrica e as versões híbridas que combinam o motor a combustão interna com motores elétricos.

A energia destes veículos elétricos, como sabemos, é armazenada em baterias. Uma das características mais importantes das baterias para veículos elétricos é a chamada densidade de energia.

Densidade de energia é a energia máxima que a bateria pode armazenar dividida pelo seu peso. Normalmente é expressa em Wh/kg ("watts hora por quilograma")

Como exemplo de cálculo de densidade de energia, vamos considerar uma bateria LiPo de 2800mAh e 11,1V de voltagem de saída. Esta bateria pesa em média 300g.

Esta bateria pode fornecer 2800mA (2,8A) por 1 hora. Assim a energia é calculada pela Equação (1):

Nº Documento: Categoría: Versão: Aprovado por: Data Publicação: Página:

$$E = P \times T$$

(1)

Onde:

E é a energia total armazenada na bateria [Wh]

P é a potência de saída [W]

T é o tempo [h]

Então:

$$E = P \times T = 2,8A \times 11,1V \times 1h = 31,1Wh$$

Dividindo pelo peso em kg temos a densidade de energia D:

$$D = E / P = 31,1Wh / 0,3Kg = 103,6 Wh/Kg$$

Calculando a Autonomia de Voo

A densidade de energia da bateria que escolhermos para alimentar os motores do Drone é o que vai definir a autonomia de voo. Vamos definir o peso total do Drone pela Equação (2):

$$PT = PE + PB + PC$$

(2)

Onde:

PT é o peso total do Drone [kg]

PE é o peso da estrutura do Drone (suportes, placas eletrônicas, fios) [kg]

PB é o peso da bateria [kg]

PC é o peso da carga útil [kg]

De acordo com objetivo deste exemplo, a carga útil PC = 500g (0,5kg). Existe necessidade de estimar PE, então, considerando uma plataforma construída com tubos de fibra de carbono, o peso estimado seria de 400g (0,4kg). Placa eletrônica e fios estimaremos em 300g (0,3kg). Então PE = 700g (0,7kg). Este valor será corrigido quando finalizar o projeto em CAD e durante a fase de montagem dos protótipos.

O peso dos motores e hélices não entram na conta porque é considerado o empuxo líquido de cada motor adicionando a hélice, ou seja, é o empuxo útil que o conjunto consegue fornecer.

Define-se o peso da bateria em função de sua densidade de energia pela Equação (3):

$$PB = ET / D \quad (3)$$

Onde:

PB é o peso do conjunto de baterias do drone [kg]

ET é a energia total adotada para manter Drone voando por 40 minutos [Wh]

D é a densidade de energia da bateria escolhida [Wh/kg]

Pela Equação (3), nota-se que o peso da bateria é proporcional à energia total que precisamos para manter o Drone voando pelo tempo de 40 minutos. Deste modo é necessário em primeiro lugar calcular esta energia total para depois calcular o peso da bateria. Para isto faz-se necessário definir o que é empuxo líquido.

Empuxo Líquido:

Como já visto anteriormente, o empuxo líquido é o empuxo final que um conjunto motor - hélice pode fornecer, já descontando o peso do conjunto. É a força útil que poderá ser utilizada pelo Drone.



Figura 2 – Conjunto Motor - Hélice

Abaixo é mostrada a tabela (1) de um fabricante para termos ideia do consumo de energia do sistema:

Tabela 1 – Consumo de Energia Típica

Item No	Voltage/V	Prop	Weight/g	Current/A	Thrust/G	Efficiency/W	Efficiency(G/W)
MN2214	11.1	T-MOTOR 9*3	5.7g	1	108	11.1	9.73
				2	206	22.2	9.28
				3	287	33.3	8.62
				4	357	44.4	8.04
				5	426	55.5	7.68
				6	485	66.6	7.28
				7	540	77.7	6.95
	Orignal 8045		6.2g	7.6	580	84.36	6.88
				1	104	11.1	9.37
				2	185	22.2	8.33
				3	263	33.3	7.90
				4	326	44.4	7.34
				5	389	55.5	7.01
				6	447	66.6	6.71
				7	500	77.7	6.44
				7.6	528	84.36	6.26

Esta tabela 1 refere-se a uma hélice de 9" (9 polegadas). Pela tabela, na última coluna, tem-se o parâmetro G/W. Este parâmetro indica quantos gramas de empuxo são obtidos para cada Watt de potência entregue ao motor. Usando uma condição conservativa (menos favorável) para o motor do tipo T-Motor que é 6.88 G/W, parâmetro este chamado de TE (empuxo específico)

Nº Documento: Categoría: Versão: Aprovado por: Data Publicação: Página:

TE = 6,88 G/W

A ideia é definir qual seria o Empuxo Total (TT) necessário para o Drone voar e fazer manobras. Quando o Drone ganhar altura ele estará consumindo mais potência. Quando perder altura a potência consumida será menor. Assim adota-se a potência do Drone parado no ar como o valor médio de consumo. Em complemento, deve ser prevista uma sobra de consumo entre 20% e 25% para compensar as aproximações destes cálculos e permitir que o Drone faça as manobras.

Pelas considerações anteriores, o Empuxo Total (TT) médio deverá ser:

$$TT = PT$$

Onde:

PT é o peso total do Drone [kg]

Pela tabela do fabricante, na potência máxima, consegue-se cerca de 580g para cada conjunto hélice/motor. Como o Drone tem 6 conjuntos, o empuxo máximo (incluindo a sobra) seria de:

$$TT = 580 \times 6 \times 80\% = 2784\text{g (}2,784\text{kg)}$$

Onde:

O fator adotado de 80% é a reserva de empuxo para manobras

Assim, o peso máximo para a bateria tem de ser:

$$PB = TT - PE - PC = 2784 - 700 - 500 = 1584\text{g (}1,584\text{kg)}$$

A potência PW necessária para manter o Drone parado no ar é dada por:

$$PW = (TT/TE) = 2784 / 6,88 = 405\text{W}$$

Considerando o tempo de voo TV = 40 minutos, TV = 0,66h. A energia gasta em 40 minutos (0,66h) é dada por:

Nº Documento: Categoría: Versão: Aprovado por: Data Publicação: Página:

Tipo de Documento:	Relatório Técnico
Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
Título do Documento: Análise de Viabilidade de Uso de Drones em Inspeção de Linhas e Subestações	

$$ET = PW \times TV = 405W \times 0,66h = 267Wh$$

$$ET = 267Wh$$

Se a energia total consumida for dividida em Tempo de Voo TV (40 minutos) pelo peso máximo da bateria em Kg, chega-se à densidade de energia necessária para atingir esta autonomia.

$$D = ET / PB = 168 \text{ Wh/Kg}$$

Aqui encontramos o primeiro desafio na especificação do Drone. As baterias LiPo, que apresentam a melhor densidade de energia a um custo mais reduzido, disponíveis no mercado, tem em média uma densidade de energia da ordem de 140 Wh/Kg. Ou seja, com baterias LiPo comuns de mercado não é possível atingir a autonomia de 40 minutos de voo. E não adianta colocar mais baterias no Drone, pois o empuxo de 6 hélices não seria suficiente para tirar o Drone do chão.

A estimativa é que o drone consiga voar por $(140 / 168) \times 0,66h = 0,55h = 33$ minutos.

Os cálculos mostram como é importante construir um Drone o mais leve possível. Durante a fase de protótipo procura-se aliviar ao máximo o peso da estrutura para aumentar o tempo de voo TV.

Assim, o Drone passa a ter a seguinte especificação hipotética:

- Carga útil máxima: 500g
- Empuxo máximo: 3480g
- Autonomia: 33 minutos de voo (para uma bateria com densidade de carga de 140Wh/Kg)

2 - Escolha do Conjunto hélice - motor

Introdução

A escolha do par hélice e motor é a fase mais importante para atingirmos as especificações do projeto. O objetivo aqui é escolher uma configuração que garanta

Nº Documento: | Categoria: | Versão: | Aprovado por: | Data Publicação: | Página:

eficiência energética de forma a maximizar o tempo de voo. Existem diversos fabricantes de motores e hélices para este tipo de aplicação. Analisando vários sites nós escolhemos trabalhar com os componentes da Tiger Motor.

As hélices são especificadas por dois parâmetros

DxA

Onde:

D: diâmetro de giro, dado em polegadas.

A: passo da hélice, dado em voltas para subir 1 polegada.

Além desses parâmetros, o fabricante ainda especifica se a hélice é CW ou CCW. No primeiro caso (do inglês clockwise) a hélice sobe se girar no sentido do relógio e no segundo caso (counter clockwise), a hélice sobe se girar no sentido contrário ao do relógio.

Por exemplo:

A hélice (propeller em inglês) 9x3 CCW apresenta um diâmetro de giro de 9" (22,8 cm) e o drone subiria 1 polegada (2,54 cm) a cada 3 voltas da hélice no sentido contrário ao do relógio, numa situação hipotética de eficiência máxima sem carga e sem arraste aerodinâmico.

O passo da hélice é importante para dosar a velocidade de resposta aos comandos. Um passo muito grande significa um drone com respostas mais rápidas, mais "risco". Porém mais força é exigida do motor, causando maior consumo de energia. Um passo menor pode facilitar a pilotagem porque o drone fica mais "dócil" aos comandos. Mas pode faltar força para manobras mais exigentes ou rápidas.

A característica CCW e CW são importantes, porque para um drone de 4 hélices (quadricóptero) 2 hélices giram no sentido CW e as outras duas no sentido CCW, para permitir o equilíbrio do conjunto. Em qualquer drone tipo helicóptero, metade das hélices gira em um sentido e a outra metade no sentido contrário. Mesmo se o drone tiver um número ímpar de hélices, uma delas terá que girar ao contrário para compensar o torque das outras.

Na tabela acima podemos ver que o fabricante especifica para um determinado motor as hélices mais adequadas e lista alguns parâmetros importantes como a eficiência em gramas / watt (Efficiency G/W) e o empuxo (Thrust) em gramas.

Se analisar várias tabelas deste fabricante, com diversas combinações de motor - hélice, constata-se que quanto maior a hélice a eficiência aumenta. Isto depende também da construção do motor que pode proporcionar uma eficiência maior, mas a um custo maior também.

Tabela 2 – Dados Típicos do Motor

Item No.	Volts (V)	Prop	Throttle	Amps (A)	Watts (W)	Thrust (G)	RPM	Efficiency (G/W)	Operating temperature(°C)
MT2212 KV750	11.1	T-MOTOR 9*3CF	50%	1.6	19	240	5000	12.63	38
			65%	2.1	23	280	5600	12.17	
			75%	2.5	28	310	6100	11.07	
			85%	3.1	35	360	6600	10.29	
			100%	3.7	41	390	7000	9.51	
	12.4	T-MOTOR 10*3.3CF	50%	1.9	22	270	4600	12.27	39
			65%	2.7	30	340	4950	11.33	
			75%	3.4	39	390	5600	10.00	
			85%	4.5	50	460	6200	9.20	
			100%	5.2	58	540	6550	9.31	
	14.8	T-MOTOR 11*3.7CF	50%	2.1	24	300	4300	12.50	41
			65%	3.1	35	380	4900	10.86	
			75%	4.1	47	460	5400	9.79	
			85%	5.3	59	550	5900	9.32	
			100%	6.2	70	620	6300	8.86	
	14.8	T-MOTOR 12*4CF	50%	2.4	29	350	3700	12.07	44
			65%	4.1	48	510	4300	10.63	
			75%	5.6	63	610	4900	9.68	
			85%	7.2	80	700	5300	8.75	
			100%	8.2	91	770	5700	8.46	
	14.8	T-MOTOR 9*3CF	50%	2.4	35	320	6200	9.14	44
			65%	3	45	370	6900	8.22	
			75%	3.7	56	420	7600	7.50	
			85%	5.1	75	530	8400	7.07	
			100%	6	89	590	8900	6.63	
	14.8	T-MOTOR 10*3.3CF	50%	2.8	40	360	5600	9.00	47
			65%	4	58	450	6300	7.76	
			75%	5.1	77	570	7000	7.40	
			85%	6.7	100	730	7600	7.30	
			100%	7.6	115	780	8200	6.78	
	14.8	T-MOTOR 11*3.7CF	50%	3	45	430	5200	9.56	48
			65%	4.7	71	590	5800	8.31	
			75%	6	91	720	6400	7.91	
			85%	7.7	115	850	7200	7.39	
			100%	9.2	135	940	7600	6.96	

Notes:The test condition of temperature is motor surface temperature in 100% throttle while the motor run 10 min.

Para que Drone não fique muito grande e muito caro, pode ser limitada ao tamanho da hélice a 12". Outro parâmetro importante também é a tensão de operação do

motor, pode ser 11,1V que corresponde a 3 células LiPo, com facilidade de se encontrar no mercado.

Pelo Cálculo de Autonomia de Voo verifica-se que é preciso um empuxo total da ordem de 2320 gramas. Como são 4 motores, cada conjunto hélice - motor tem de fornecer no mínimo **2320g / 4 = 580 gramas**.

Na Tabela 2 anterior, o motor MT2212 KV750, trabalhando com 11,1V (LiPo de 3 células), a 75% da carga máxima e com uma hélice de 12x4, fornece 610 gramas de empuxo e com uma boa eficiência de 9,68 gramas / watt.

O empuxo total ficaria em **4x610 = 2440g**. Como calculado com 75% de carga, ou seja, com sobra de 25% para as manobras e eventual ineficiência do conjunto.

Pode se escolher então a configuração descrita abaixo.

- Conjunto de 4 unidades do motor MT2212 KV750 do fabricante T-Motor (ou equivalente)
- Conjunto formado por 2 pares de hélices 12x4, sendo 1 par CW e 1 par CCW
- Conjunto de 4 baterias LiPo (1 para cada motor) Nano Tech 3S 2700mAh dimensão 134x43x20 mm

3 - Especificação do Conjunto Eletrônico

Recursos

Um drone avançado utiliza normalmente os seguintes recursos e tecnologias:

- Módulo de Controle dos Motores (o mais autônomo possível) independente do piloto;
- Sistema GPS para conhecer a própria localização;
- Módulo "Sonar" para facilitar a aterrissagem;
- Comunicação com Smart Phone ou outro controle remoto, utilizado como Console de pilotagem;
- Algoritmo de deslocamento autônomo com percurso pré-programado.

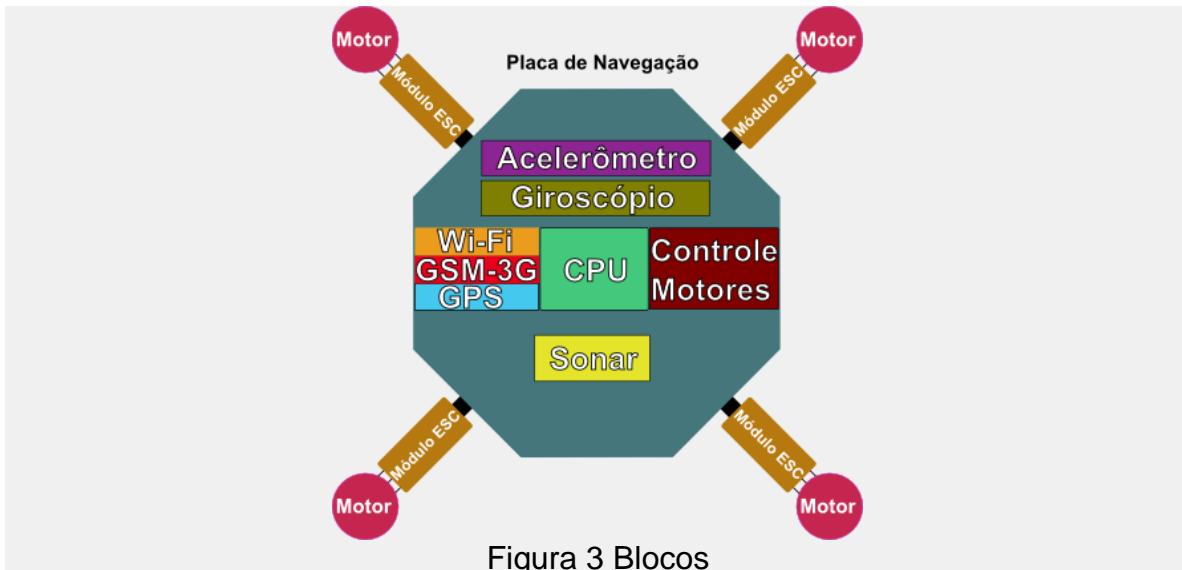
CPU

A CPU tem a função de controle integral do Drone, incluindo a navegação e comunicação com o Console de Controle. Ela necessita de alta capacidade de processamento e armazenamento de informações.

Acelerômetro (inclinômetro)

O Módulo Acelerômetro permite a medição da inclinação do Drone. A medição da inclinação é necessária para a navegação. Manobras "para frente", "para trás", "para esquerda" e "para direita" são baseadas na inclinação do Drone. Manter o Drone planando é um dos principais desafios do projeto, e para isto, a medição precisa da inclinação é muito importante.

Um diagrama em blocos da eletrônica é apresentado na Figura 3:



Giroscópio

O Módulo giroscópio permite a medição da velocidade angular do Drone nos 3 eixos, X, Y e Z. Esta medição é importante para manter o Drone estável e numa posição desejada. O Giroscópio mais o acelerômetro são os sensores que

permitirão a navegação inercial do Drone. Navegação inercial é quando o Drone está voando sem estar conectado mecanicamente a nada. As únicas referências que o Drone recebe são a direção da força da gravidade (acelerômetro) e as coordenadas GPS.

Controle do Motor

O Módulo de Motor deverá controlar os 4 (quadricóptero) ou 6 (hexacóptero) motores simultaneamente para garantir a navegação do Drone. Este módulo recebe a informação do acelerômetro e do giroscópio e controla os pares motor-hélice, gerando as forças necessárias para manter o Drone estável. Este módulo também é responsável pelas outras ações do Drone (planar, deslocar-se a esquerda, a direita, a frente e a ré, subir, descer e pouso).

GPS

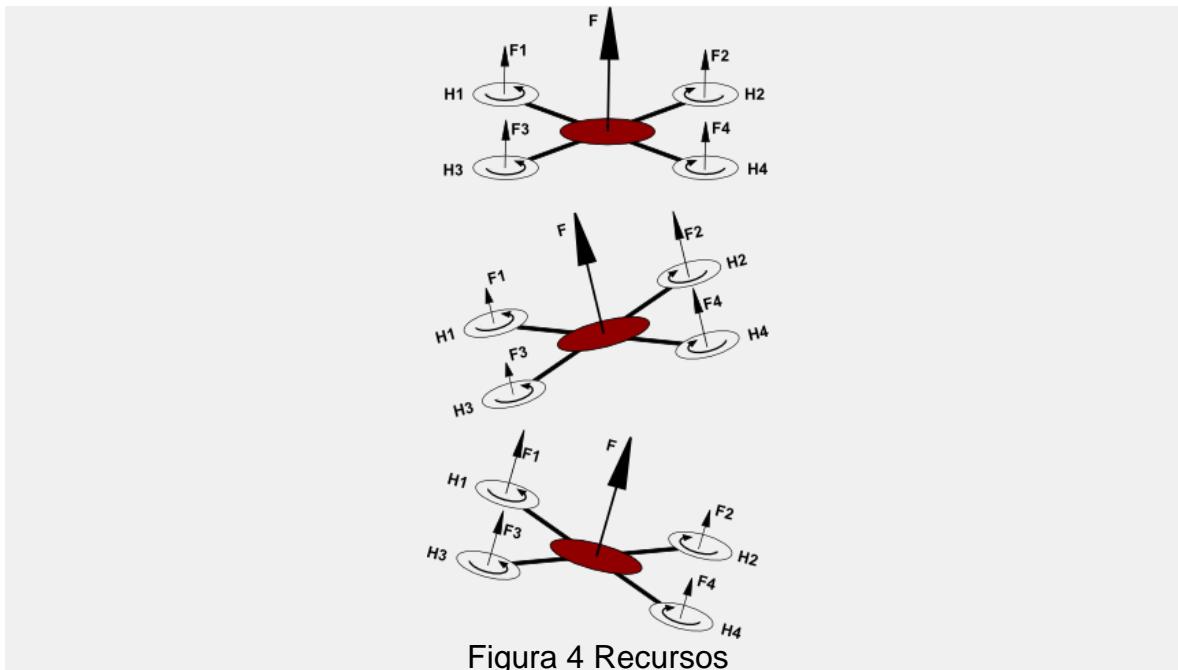
Via sinal GPS, este módulo informa à CPU a localização exata do Drone, além da orientação norte-sul.

GSM-3G

Este Módulo é responsável pela comunicação com o Console de Controle, permitindo a transferência de dados como mudanças de programação e transmissão de imagens. Ele utiliza as estações 3G da telefonia móvel.

Wi-Fi

A utilização de 3G, 4G e Wi-Fi parece redundante mas a disponibilidade de 3G, 4G depende dos serviços de telefonia móvel. Assim, para a pilotagem próxima do Drone, para pouso e decolagem, por exemplo, o uso do 3G não é viável. Sabemos que a conexão 3G pode ser instável e se acontecer durante uma operação de pouso ou decolagem, vai inviabilizar a pilotagem. Por outro lado, a conexão Wi-Fi direta entre o smartphone e o Drone é bem mais estável e ficará dedicada a operação de pilotagem.



Sonar

Para a operação de pouso autônomo do Drone um sinal de sonar via ultrasom é necessário. O pouso autônomo é uma operação sem supervisão do Console de Controle. O Sonar medirá a distância ao solo, informando à CPU que controlará a velocidade de descida do Drone.

ESC

Os 4 Módulos ESC (Electronic Speed Control) são os circuitos driver dos motores. Estes motores são do tipo brushless (sem escovas) com 3 fases. Os Módulos ESC recebem a alimentação diretamente da bateria LiPo. O sinal de controle é do tipo PWM de 50Hz, com pulse width variando de 10 a 90% (2mS a 18mS).

4 - Detalhamento do Conjunto Eletrônico

Introdução

Nº Documento:	Categoria:	Versão:	Aprovado por:	Data Publicação:	Página:
---------------	------------	---------	---------------	------------------	---------

Na etapa anterior nós definimos um diagrama em blocos do conjunto eletrônico do Drone. Agora nós vamos detalhar estes blocos para verificar a viabilidade técnica das diversas soluções disponíveis. Nesta etapa de especificação podemos colocar o que quisermos. A análise posterior de viabilidade técnica é que vai dizer a solução final a ser adotada para o Drone.

A eletrônica do Drone será acondicionada em 2 tipos de placas:

- **Placa Principal:** A placa principal vai acomodar os circuitos de comunicação (GPRS), posicionamento (GPS), Auxílio a Pouso (Sonar), Acelerômetros e Controle de Motor.
- **Módulo ESC:** O Drone utilizará 4 Módulos ESC (Electronic Speed Control). A Placa Principal vai processar as informações de navegação e enviar os comandos de controle específicos para cada Módulo ESC. Este comando será via sinal PWM.

Comunicação Externa

A comunicação externa do Drone se dará em duas situações distintas. Na primeira o Drone estará próximo ao Console de Controle, permitindo ser pilotado visualmente. Na segunda condição o Drone estará distante do Console de Controle e fora do alcance do sinal direto. Estará em voo autônomo (lembrando que nesta fase papel aceita tudo...).

Na condição próxima (100m) a comunicação se dará via Wi-Fi. Existem diversas soluções comerciais para circuitos integrados para comunicação Wi-Fi e GPRS. Nós já estamos contatando alguns fornecedores para verificar a viabilidade técnica e econômica das soluções. A velocidade do Wi-Fi permitirá o controle de navegação precisa do Drone como decolagens e pousos. Esta pilotagem poderá ser feita a partir de um computador ou mesmo de um celular.

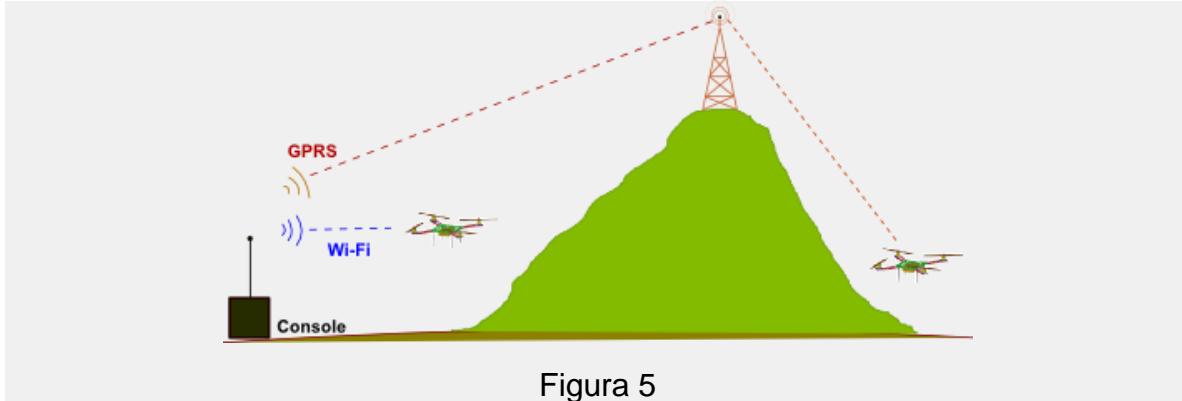


Figura 5

Na condição distante a comunicação se dará via GPRS. Tendo sinal de celular, a comunicação GPRS permitirá ao operador receber todas as informações do Drone, mesmo não estando no campo visual. As principais informações serão a localização exata e a transmissão de imagens da câmera. Como a comunicação GPRS é bidirecional ela permitirá a implementação de controles, tais como mudança de rota de navegação, abortar navegação, voltar ao ponto de origem etc.

GPS

O Módulo GPS permitirá verificar da localização exata do Drone a todo instante. É uma função importante se pretendemos dotar o Drone de navegação autônoma, sem a supervisão do Console de Controle. Este tipo de função permite, por exemplo, definir uma rota de navegação e o Drone percorrer esta rota automaticamente, sem o controle do operador.

Atualmente, com a disseminação dos celulares Smart Phones com GPS integrado, este tipo de circuito se tornou comum e o preço caiu bastante. Hoje vários fabricantes já oferecem soluções integrando GPRS e GPS. Tentaremos utilizar uma destas soluções.

/



Tipo de Documento:	Relatório Técnico
Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
Título do Documento: Análise de Viabilidade de Uso de Drones em Inspeção de Linhas e Subestações	

ANEXO VII – PROJETO PILOTO
Relatório Técnico Sintético
Atividade Piloto de Inspeção Aérea com Drones em
Subestações e Linhas de Distribuição no Grupo CPFL Energia
Setembro de 2020

Objetivo

Avaliar por meio de uma atividade piloto, a aplicabilidade do uso de Drones para inspeção aérea dos componentes das subestações e linhas de distribuição do Grupo CPFL Energia.

Local

A inspeção foi realizada na área de concessão da CPFL Piratininga, no município de Indaiatuba, na subestação Indaiatuba I e nas estruturas adjacentes da sua linha de distribuição de 88 kV.

Data

A atividade foi dividida entre os dias 01 e 02 de setembro de 2020.

Empresas envolvidas

CPFL Paulista
CPFL Piratininga
99 GEO

Participantes

Horácio José da Silva

Técnico de Segurança do Trabalho PI, PGS-Coordenação de Segurança do Trabalho SP

André Luís Rodrigues Fernandes

Coordenador de Operações de Subtransmissão II, DPTU- Coordenação de SE - Bauru

Wlademir Braido

Instrutor de Treinamento, PGAE-Coordenação de Excelência Profissional

Fernando Cesar Pepe

Engenheiro Especialista de Processos Operacionais da Distribuição, REDP-Gerência de Processos de Distribuição

Nº Documento: | Categoria: | Versão: | Aprovado por: | Data Publicação: | Página:

Tipo de Documento:	Relatório Técnico
Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
Título do Documento: Análise de Viabilidade de Uso de Drones em Inspeção de Linhas e Subestações	

Joao Batista De Alvarenga Filho

Coordenador de Operações de Subtransmissão II, DJT-Coordenação Telecomunicações
Sorocaba

Heles Pires Junior

Engenheiro Serviços de Transmissão I, DJT-Coordenação de Subestações Sorocaba

Fabiano Cucolo

Empresa 99 GEO Tecnologia [\(fabiano@99geo.com.br\)](mailto:(fabiano@99geo.com.br))



Figura 1 – Participantes primeiro dia dos trabalhos



Figura 2 – Participantes segundo dia dos trabalhos

Tipos de Equipamentos Utilizados

CPFL Paulista:
DJI MAVIC AIR 2

Nº Documento: | Categoria: | Versão: | Aprovado por: | Data Publicação: | Página:



Tipo de Documento:	Relatório Técnico
Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
Título do Documento: Análise de Viabilidade de Uso de Drones em Inspeção de Linhas e Subestações	

Equipado com câmera 4k (sem zoom ótico)

CPFL Piratininga:

DJI SPIRE 2 e DJI SPARK

Equipado com câmera 4k (sem zoom ótico)

99 GEO:

DJI MATRICE 210 RTK

Equipado com câmera termográfica e Câmera com zoom ótico de 30X

Componentes Verificados na Subestação

- Equipamentos da subestação (transformadores de potência, TCs, TPs etc);
- Isoladores em geral;
- Conexões de barramentos;
- Chaves seccionadoras;
- Pórticos;
- Grampos e isoladores dos cabos ancorados ao pórtico;
- Área geral interna da subestação e seu entorno;

Componentes Verificados na Linha

- Estado geral da estrutura;
- Condição do terreno na base da estrutura;
- Cabos condutores e Para-raios;
- Conexões;
- Grampos e ferragens;
- Isoladores;
- Área geral da faixa de servidão;
- Árvores;

Dados Levantados e Considerações

Equipamento	Tempo Montagem (min)	Tempo de Bateria (min)	Peso (aprox. kg)	Dimensão (mm)
DJI MAVIC AIR 2	3min	20min	0,570	253
DJI SPARK	3min	20min	0,300	143
DJI MATRICE 210 RTK	15min	20min	4,690	643
DJI SPIRE 2	15min	20min	3,440	605

Nº Documento: Categoría: Versão: Aprovado por: Data Publicação: Página:

A dimensão dos equipamentos é bastante significativa entre os modelos avaliados, sendo que o modelo Matrice 210 RTK da empresa 99 GEO necessita de uma caixa customizada para transporte do equipamento pré-montado, bem como uma pick-up para transporte. Já os modelos Mavic e Spark é possível transportar em uma mochila.



Figura 3 – Equipamento DJI Matrice 210 RTK (99 GEO)



Figura 4 – DJI Spire, DJI Mavic e DJI Spark, respectivamente

Dos equipamentos avaliados o único com câmera para termografia era o da empresa 99 GEO, o Matrice 210 RTK, porém o foco estava na captura das imagens convencionais.

Nº Documento: Categoría: Versão: Aprovado por: Data Publicação: Página:

Os equipamentos Matrice, Mavic e Spak se comportaram muito bem na questão de estabilização por conta do vento, já o Spire não levantou voo por não possuir a funcionalidade de correção automática de estabilidade. Os equipamentos menores sofrem menos interferência do vento por conta das dimensões, consequentemente gastam menos bateria para manter a estabilidade.

A bateria, de modo geral, tem duração semelhante em todos os modelos, em torno de 15 a 20 minutos, dependendo das condições. O vento é um dos fatores que faz a bateria ser consumida mais rapidamente, por conta de correção da estabilidade.

Os equipamentos com o sistema de estabilização da câmera (gimbal) são mais versáteis na operação e não sofrem tanta interferência para captura da imagem por conta do vento. As câmeras 4k sem zoom óptico que equipam o drone Mavic air fazem boas imagens, porém é necessário que o drone se aproxime mais do ponto de captura. Já a câmera com zoom óptico de 30X do Matrice 210 permite que ele fique mais distante e faça a captura pelo zoom. Tanto uma captura quanto a outra são de boa resolução, que permitem a ampliação no computador no momento de avaliação da imagem.

Os equipamentos de menor porte não sofrem tanta interferência por conta de proximidade com o campo eletromagnético do barramento da subestação ou cabos da linha, para a tensão de 88 kV das instalações inspecionadas.

Outra vantagem dos equipamentos menores é a possibilidade de posicionamento entre os barramento e equipamentos da subestação.

O sensor de proximidade se mostrou um requisito imprescindível na questão de segurança contra abalroamento, principalmente dos operadores quando o equipamento está próximo ao solo. Com essa funcionalidade é possível estabelecer uma distância de segurança contra abalroamento, onde, mesmo que o operador tente comandar o drone para ele se aproximar do obstáculo, além da distância estabelecida, o sistema bloqueia o movimento como uma barreira invisível.

Anomalias Verificadas

Transformador de potência:

Vazamento na parte superior, na base da bucha de média tensão da fase central.

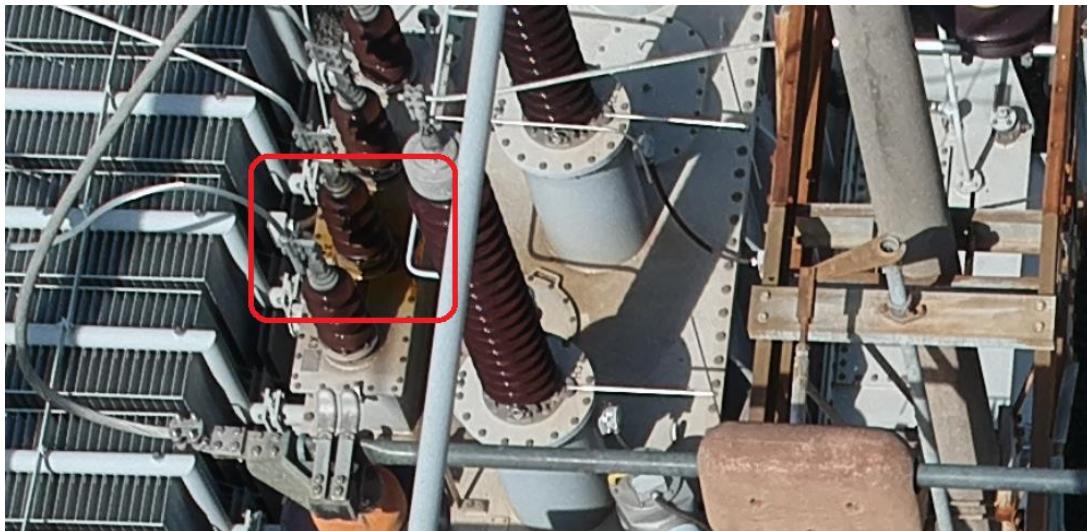


Figura 5 – Vazamento de óleo na bucha de média tensão

Vazamento na base da bucha de alta tensão da fase lateral.



Figura 6 – Vazamento de óleo na bucha de alta tensão

Chave seccionadora:

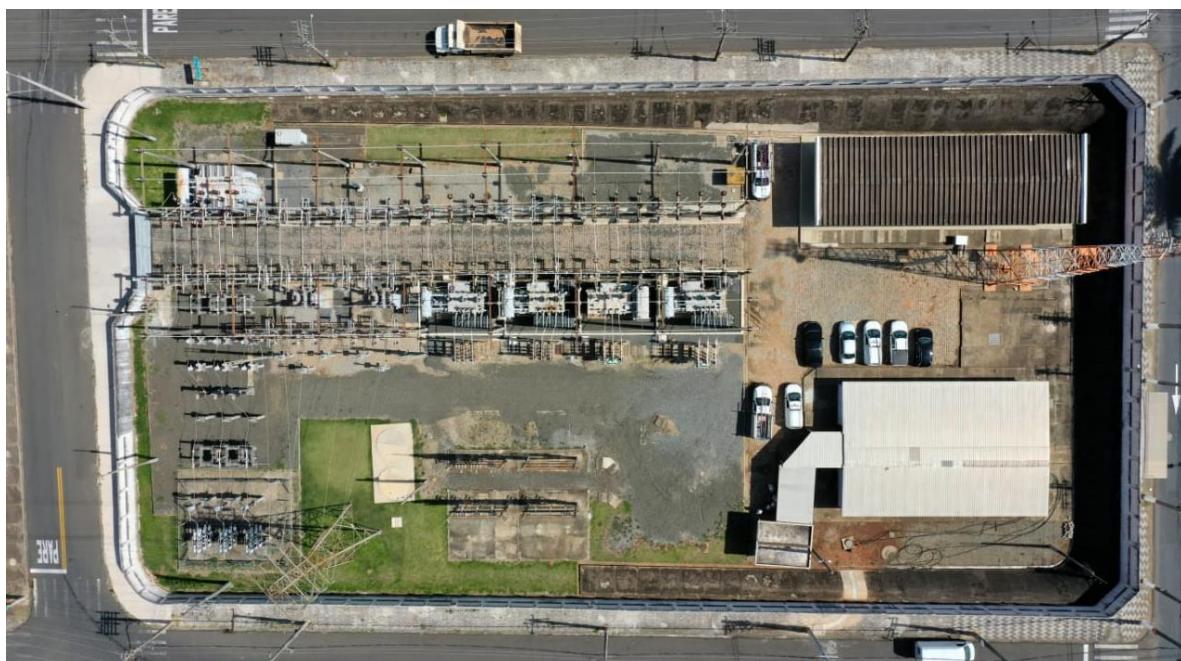
Isolador da coluna central com marcas características de porcelana trincada



Figura 7 – Trincas na porcelana

/

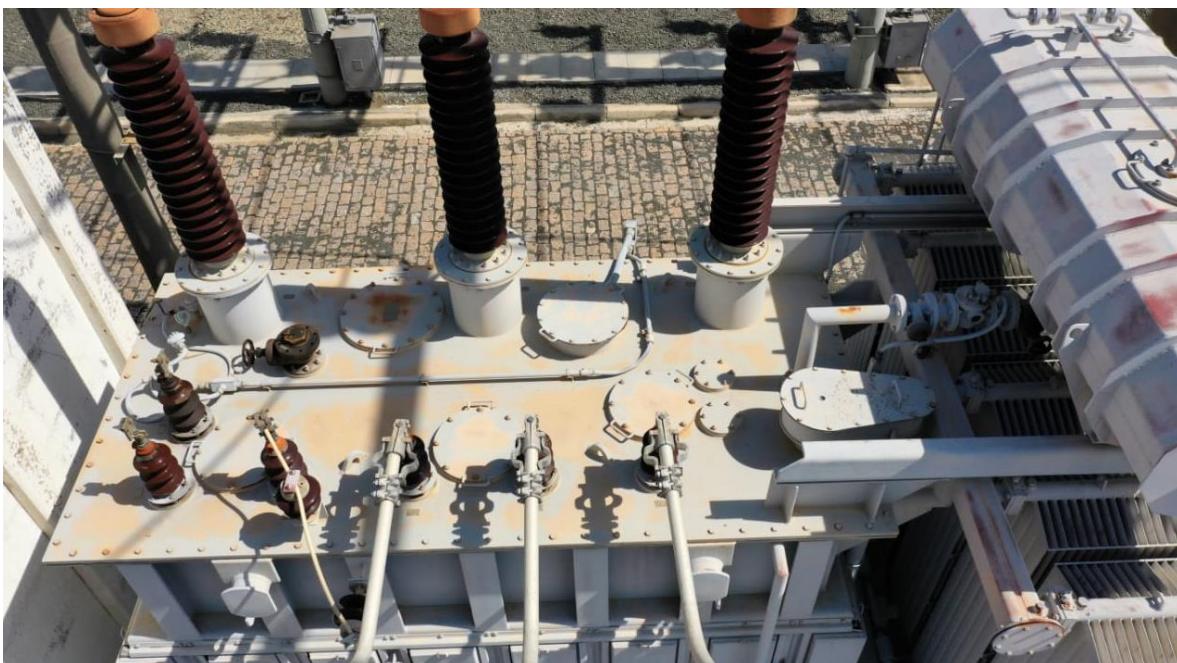
Fotos Adicionais do Projeto Piloto:



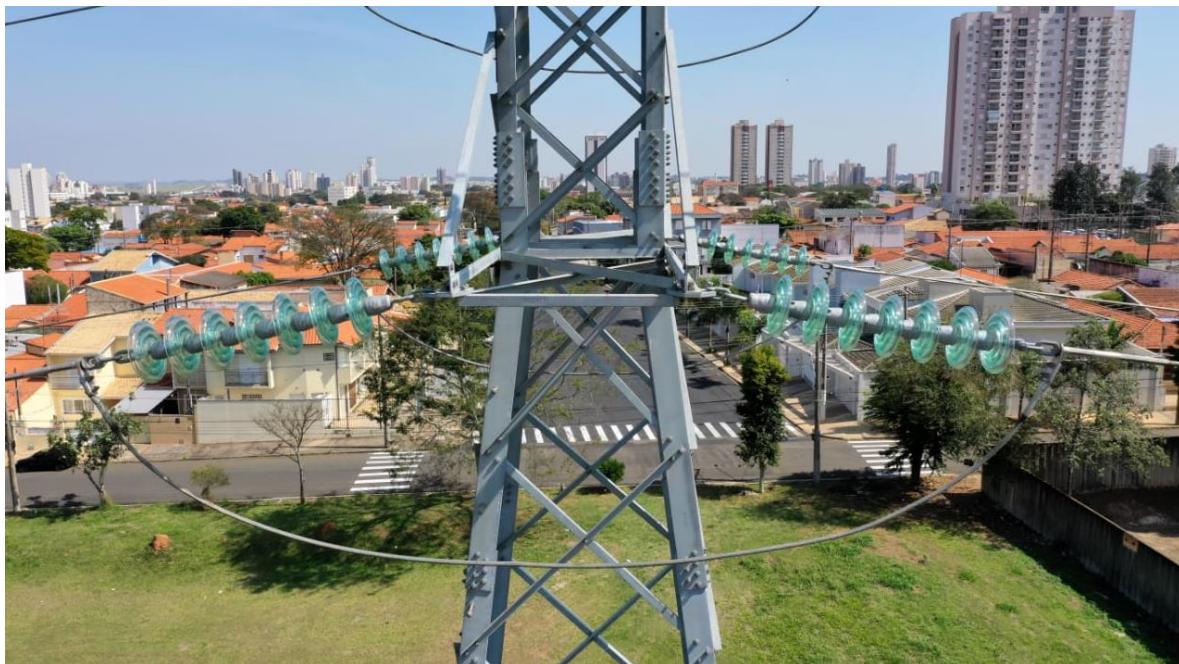
Nº Documento: Categoría: Versão: Aprovado por: Data Publicação: Página:



Nº Documento: Categoría: Versão: Aprovado por: Data Publicação: Página:



Nº Documento: Categoría: Versão: Aprovado por: Data Publicação: Página:



/

Nº Documento: Categoría: Versão: Aprovado por: Data Publicação: Página:



Tipo de Documento:	Relatório Técnico
Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
Título do Documento: Análise de Viabilidade de Uso de Drones em Inspeção de Linhas e Subestações	

REGISTROS DE ALTERAÇÕES

Colaboradores

Empresa	Área	Nome
CPFL Paulista	REDN	João Carlos Carneiro

Alterações Efetuadas

Versão anterior	Data da versão anterior	Alterações em relação à versão anterior
1.0	30/12/2020	Ajustes na formatação de cabeçalho e rodapé sem modificação de conteúdo.

Nº Documento: | Categoria: | Versão: | Aprovado por: | Data Publicação: | Página: