

**INSTITUTO ENSINAR BRASIL  
FACULDADES UNIFICADAS DE TEÓFILO OTONI**

**LISHANY VASCONCELOS OLIVEIRA SANTOS**

**VIABILIDADE TÉCNICA E FINANCEIRA DA UTILIZAÇÃO DE DRONES PARA  
INSPEÇÃO EM LINHAS DE SUBTRANSMISSÃO NA REGIÃO DE TEÓFILO  
OTONI-MG**

**TEÓFILO OTONI  
2018**



**INSTITUTO ENSINAR BRASIL  
FACULDADES UNIFICADAS DE TEÓFILO OTONI**

**LISHANY VASCONCELOS OLIVEIRA SANTOS**

**VIABILIDADE TÉCNICA E FINANCEIRA DA UTILIZAÇÃO DE DRONES PARA  
INSPEÇÃO EM LINHAS DE SUBTRANSMISSÃO NA REGIÃO DE TEÓFILO  
OTONI MG**

**Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de Engenharia  
Elétrica das Faculdades Unificadas de  
Teófilo Otoni, como requisito parcial  
para a obtenção do grau de bacharel  
em Engenharia Elétrica.**

**Área de concentração: Sistema elétrico  
de potência**

**Orientador Prof(a). Keytiane Yolanda**

**TEÓFILO OTONI  
2018**





## **FACULDADES UNIFICADAS DE TEÓFILO OTONI**

### **FOLHA DE APROVAÇÃO**

O Trabalho de Conclusão de Curso intitulado VIABILIDADE TÉCNICA E FINANCEIRA DA UTILIZAÇÃO DE DRONES PARA INSPEÇÃO EM LINHAS DE SUBTRANSMISSÃO NA REGIÃO DE TEÓFILO OTONI MG, elaborado pela aluna Lishany Vasconcelos Oliveira Santos foi aprovado por todos os membros da banca examinadora e aceito pelo curso de Engenharia Elétrica das Faculdades Unificadas de Teófilo Otoni como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em

### **ENGENHARIA ELÉTRICA**

Teófilo Otoni, 04 de dezembro de 2018

---

Prof. Orientador

---

Examinador

---

Examinador



*Dedico este trabalho a minha Vovó Vone,  
que mesmo não estando entre nós,  
sempre acreditou em mim.  
Minha vida inteira se baseia em você.*



## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus, pelo dom da vida e por ter me proporcionado chegar até aqui, dando-me forças inexplicáveis, até mesmo nas horas em que pensei que não conseguiria, Ele esteve ao meu lado.

A minha família, pelas orações e apoio, que foram de suma importância para alcançar esse objetivo.

Ao meu avô, que contribuiu desde o meu primeiro período. Seus atos me motivaram nos momentos em que o fardo não foi suportável.

Ao meu esposo João Sidney que colaborou neste trabalho com seu conhecimento e por estar ao meu lado nos melhores e piores trechos dessa caminhada.

A minha filha Lara Lis, que mesmo pequena e não entendendo os motivos de minha ausência, sempre estava lá com o seu sorriso maravilhoso e com seu abraço que me acalmou e acalma nos instantes conturbados.

A minha orientadora Keytiane e mestres, em destaque o professor Rimenes, seus conhecimentos contribuíram de forma brilhante; São laços de amizades feitos no decorrer do curso que serão para vida toda.

Aos meus amigos, em especial Marcélia e Mayara que para além da colaboração estiveram presentes nesta construção acadêmica que coroa os meus esforços.



*Porque melhor a sabedoria do que os rubis;  
e de tudo o que se deseja nada se pode comparar com ela.  
Eu, a sabedoria, habito com prudência e  
acho a ciências dos conselhos.*

Provérbios 8:11,12



## ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação brasileira de normas técnicas

ABRADEE – Associação brasileira de distribuidores de energia elétrica

ANAC – Agência nacional de aviação civil

ANATEL – Agência nacional de telecomunicações

ANEEL – Agência nacional de energia elétrica

CEMIG – Companhia energética de Minas Gerais

CEMIG GT – CEMIG geração e transmissão

GWh – Giga-watt-hora

KV – Quilovolt

MW – Megawatt

NACTER – Número de acidentes com terceiros envolvendo a rede elétrica e demais instalações

NBR – Normas brasileiras regulamentadoras

NMOFUPR – Número de mortes decorrentes de acidentes do trabalho (funcionários próprios)

NMOFUTE – Número de mortes decorrentes de acidentes do trabalho (funcionários terceirizados)

NMOTER – Número de mortes decorrentes de acidentes com terceiros envolvendo a rede elétrica

NR-10 – Norma regulamentadora 10

ONS – Operador nacional do sistema elétrico

PCH – Pequena central hidrelétrica

PRODIST – Procedimentos de distribuição de energia elétrica no sistema elétrico nacional

RA – Religamentos automáticos

RBAC – Regulamento brasileiro de aviação civil especial

SE – Subestações

SEP – Sistema elétrico de potência

SIN – Sistema interligado nacional

SINDAT – Sistema de informações geográficas cadastrais do SIN

SRD – Superintendência de regulação dos serviços de distribuição

TXFQAC – Taxa de frequência de acidentes do trabalho



TXGRAC – Taxa de gravidade de acidentes do trabalho

UHE – Usina hidrelétrica

VANT – Veículo aéreo não tripulado



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|   |    |
|---|----|
| <b>FIGURA 1:</b> Organograma da estrutura Institucional do setor elétrico brasileiro.....                                       | 28 |
| <b>FIGURA 2:</b> Ilustração da matriz energética hidráulica.....  | 29 |
| <b>FIGURA 3:</b> Fluxograma das linhas de subtransmissão da CEMIG da malha Teófilo Otoni-MG .....                               | 39 |
| <b>FIGURA 4:</b> Torre 147 da linha de subtransmissão de Padre Paraíso a Águas Formosas com estrutura danificada .....          | 43 |
| <b>FIGURA 5:</b> Torre 147 da linha de subtransmissão de Padre Paraíso a Águas Formosas restaurada .....                        | 44 |
| <b>FIGURA 6:</b> Interligação das subestações entre as cidades de Araçuaí, Itaobim e Padre Paraíso .....                        | 46 |
| <b>FIGURA 7:</b> Interligação das redes de Teófilo Otoni, Carlos Chagas e Nanuque.....  | 47 |
| <b>FIGURA 8:</b> Poste de estrutura de linha de subtransmissão podre .....  | 48 |
| <b>FIGURA 9:</b> Torre de subtransmissão com isoladores quebrados.....  | 49 |
| <b>FIGURA 10:</b> Estrutura das redes de Malacacheta, Novo Cruzeiro, Poté e Teófilo Otoni-MG.....                               | 50 |
| <b>FIGURA 11:</b> Torre 31 com trepadeira na estrutura na linha de Subtransmissão de Novo Cruzeiro a Poté.....                  | 51 |
| <b>FIGURA 12 :</b> Exemplo de relatório de inspeção aérea da linha de subtransmissão de Padre Paraíso a Teofilo Otoni – MG..... | 55 |
| <b>FIGURA 13:</b> Drone utilizado pela empresa C para inspecionar as linhas de subtransmissão .....                             | 64 |



## LISTA DE TABELAS

|   |    |
|---|----|
| <b>TABELA 1:</b> Tipos de interconexões de energia de acordo a tensão.....  | 30 |
| <b>TABELA 2:</b> Indicadores de segurança do trabalhado e das instalações no ano 2017.....  | 58 |
| <b>TABELA 3:</b> Custo total com inspeção em linhas de subtransmissão na malha de Teófilo Otoni – MG no ano de 2017.....                | 59 |
| <b>TABELA 4:</b> Quantidades de reuniões necessárias para planejamento de inpeção por mêsno ano de 2017 na CEMIG.....                   | 60 |
| <b>TABELA 5:</b> Tipos de preparação e suporte de inspeções consideradas pela CEMIG.....  | 60 |
| <b>TABELA 6:</b> Variáveis e valores de orçamento de inspeção com drone em linhas de subtransmissão da malha de Teófilo Otoni - MG..... | 62 |
| <b>TABELA 7:</b> Variáveis e valores de orçamento de inspeção com drone em linhas de subtransmissão da malha de Teófilo Otoni - MG..... | 63 |
| <b>TABELA 8:</b> <i>Payback</i> simples dos valores gastos anualmente em inspeções na CEMIG e orçamentos apresentados.....              | 65 |



## RESUMO

As inspeções em linhas de subtransmissão são de grande importância para a manutenção e qualidade do fornecimento de energia elétrica pelas concessionárias, sendo fundamental a sua realização de forma regular para que não haja interrupções desnecessárias. O presente trabalho tem como objetivo demonstrar a viabilidade técnica e financeira da utilização de drones para inspeção em linhas de subtransmissão na região de Teófilo Otoni-MG. Em um local seguro, é possível pilotar um drone remotamente, capturar imagens e vídeos através de câmeras e com os dados pode-se identificar as prováveis anomalias na linha de subtransmissão. Tais dados obtidos pela concessionária de energia elétrica foram analisados e relacionados com os pontos de caracterização de cada linha de subtransmissão e tipos de inspeção que compõe a malha de Teófilo Otoni – MG, que influenciam numa inspeção. Com a relação de dados solicitou-se às empresas qualificadas com manuseio de drone, orçamento para que fossem comparar as formas de inspeção.

**Palavras-chave:** Drone. Inspeção aérea. Subtransmissão.



## **ABSTRACT**

Inspections in terms of substations are of great importance for the maintenance and quality of electricity supply by concessionaires, being fundamental its accomplishment regularly so there will have no future interruptions. The present assignment aims to demonstrate the technical and financial feasibility of the use of drones for the sub-transmission lines in the region of Teófilo Otoni-MG. In a safe place, it is possible to pilot a drone remotely, capture images and videos with the cameras and the data can be identified as probable anomalies in the subtransmission line. These data were used for the energy concession and were related to characterization points of each sub - transmission line and Teófilo Otoni - MG mesh inspection types, which influence an inspection. With a data ratio requested to qualified companies with the drone manual, budget for comparison of data as forms of inspection.

**Key words:** Drone, Aerial inspection, Subtransmission.



## SUMÁRIO

|   |    |
|---|----|
| <b>1 INTRODUÇÃO</b>   | 25 |
| <b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b>  | 27 |
| <b>2.1 Sistema elétrico de potência</b>   | 27 |
| 2.1.1 Geração   | 29 |
| 2.1.2 Transmissão   | 30 |
| 2.1.2.1 Características das linhas de transmissão                               | 31 |
| 2.1.2.2. Sistema Interligado  | 31 |
| 2.1.2.3. Sistema Isolado  | 31 |
| 2.1.3 Distribuição de Energia   | 31 |
| <b>2.2 Linhas de Subtransmissão</b>   | 32 |
| 2.3.1 Linhas de Subtransmissão em Minas Gerais                                  | 33 |
| <b>2.3 Inspeção em redes elétricas</b>  | 33 |
| <b>2.4 Inspeção com Drones</b>  | 34 |
| <b>2.5 Segurança nos trabalhos com eletricidade</b>                             | 34 |
| <b>3 METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS TÉCNICOS DA PESQUISA</b>                       | 36 |
| <b>3.1 Classificação da pesquisa quanto aos fins</b>                            | 36 |
| <b>3.2 Classificação da pesquisa quanto aos meios</b>                           | 37 |
| 3.2.1 Caracterização do local de estudo   | 37 |
| 3.2.2 Procedimentos de coletas de dados   | 38 |
| <b>3.3 Tratamento de dados</b>  | 39 |
| 3.3.1 Payback   | 39 |
| <b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>   | 41 |
| <b>4.1 Caracterização das linhas de subtransmissão</b>                          | 41 |
| <b>4.2 Tipos de inspeção em linhas de subtransmissão</b>                        | 50 |
| 4.2.1 Inspeção terrestre  | 51 |
| 4.2.2 Inspeção aérea  | 55 |
| 4.2.3 Inspeção com drones   | 57 |
| <b>4.3 Análise técnica e financeira de inspeção em linhas de subtransmissão</b> | 57 |
| 4.3.1 Análise técnica   | 58 |
| 4.3.2 Análise financeira e Payback  | 60 |
| <b>5 CONCLUSÃO</b>  | 67 |
| <b>REFERÊNCIAS</b>  | 69 |
| <b>ANEXO A - DADOS TÉCNICOS DA CEMIG COM RELAÇÃO A INSPEÇÃO</b>                 | 75 |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>ANEXO B – DADOS TÉCNICOS E FINANCEIROS DA CEMIIG COM RELAÇÃO A<br/>INSPEÇÃO .....</b> | <b>83</b> |
| <b>ANEXO C – PRPOSTA DIDÁTICA/ACADÊMICA DA EMPRESA A.....</b>                            | <b>85</b> |
| <b>ANEXO D – PRPOSTA DIDÁTICA/ACADÊMICA DA EMPRESA B .....</b>                           | <b>87</b> |
| <b>ANEXO E – PRPOSTA DIDÁTICA/ACADÊMICA DA EMPRESA C .....</b>                           | <b>89</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

A eletricidade é considerada uma forma de energia natural apta a atrair e repulsar elétrons e prótons. Muitos estudiosos contribuíram para o desenvolvimento dessa área da física, Willian Gilbert no século XVII foi um dos pioneiros a explorar a eletricidade (SENAI, 2014).

No Brasil predominam-se as hidrelétricas como forma de geração de energia, tendo em vista a sua grande riqueza hídrica. De acordo Zanetta Júnior (2006), as usinas geradoras de energia elétrica se encontram distantes dos grandes centros urbanos, próximas aos recursos naturais energéticos. O transporte dessa energia é feito por meio de linhas de transmissão, em alta tensão, para que as perdas ao longo do caminho não interfiram na qualidade até chegar ao consumidor.

Devido a sua demanda, alguns locais necessitam de uma linha de subtransmissão, que são administradas pelas distribuidoras, desempenhando o mesmo papel de uma linha de transmissão, porém, com tensão inferior a 230KV e maior ou igual a 69KV, como é o caso da cidade de Teófilo Otoni, em Minas Gerais.

As linhas de subtransmissão devem ser inspecionadas periodicamente e de forma rigorosa, para que não haja danos e interrupções de energia. A ausência dessa inspeção causa danos materiais e pode também levar a mortes dos envolvidos ou de terceiros.

Com avanço de novas tecnologias, o drone, também identificado como veículo aéreo não tripulado (VANT), é capaz de voar sem piloto, podendo ser conduzido a distância, por uma pessoa treinada. Esta inovação possui a capacidade de realizar inspeções em linhas de subtransmissão, sendo controlada por um eletricitista devidamente treinado. Esse equipamento tem a possibilidade de acoplamento de uma câmera com termo visor, que é capaz de identificar anomalias nos componentes na rede elétrica (JACOBSEN, 2014).

As concessionárias de energia elétrica seguem normas da ANEEL, porém outros órgãos e entidades do setor de energia elétrica colaboram para normatizar e padronizar as atividades envolvendo a distribuição de energia elétrica. Um dos principais são os Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST), cujo principal objetivo é assegurar que os sistemas de distribuição atuem com qualidade, eficiência, segurança e confiabilidade.

A responsável atual pela concessão em Minas Gerais, a CEMIG (2018) realiza inspeções terrestres detalhadas em linhas de subtransmissão, de acordo com a instrução de trabalho “Instrução de Manutenção: Inspeção Terrestre Detalhada em Linhas de Distribuição Aéreas MT-LD-00033”.

Ainda que haja a análise de riscos do local, o trabalho poderá ter inconveniências, como regiões que não possuem acesso adequado para realização do trabalho de forma segura e hábil. Além do risco da proximidade dos eletricitas da rede elétrica, o custo desse procedimento para a concessionária é considerado alto.

A malha elétrica de Teófilo Otoni em Minas Gerais possui características geográficas que dificultam algumas inspeções, devido à localização e acesso das torres de subtransmissão. Desta forma, a utilização dos drones na inspeção em linhas de subtransmissão, busca a segurança no processo, a economia e o acesso a informações precisas com as imagens e vídeos das câmeras dos drones com termo visor.

Os objetivos desse trabalho consistem em comparar as formas de inspeção, analisar a viabilidade técnica e financeira da inspeção com drones em linhas de subtransmissão da malha de Teófilo Otoni-MG e realizar o *payback*, comparando os custos da CEMIG e os orçamentos fornecidos por empresas especializadas. Foram realizadas análises de dados coletados da empresa, relatórios das características das linhas de subtransmissão da malha de Teófilo Otoni - MG, formulários, relatórios financeiros de inspeção, normas e procedimentos de segurança, bem como e instruções de trabalho.

Com os dados fornecidos pela concessionária, foram explorados e relacionados os pontos de caracterização e os tipos de inspeção de cada linha de subtransmissão que compõe a malha de Teófilo Otoni - MG e que influencia em sua inspeção.

Os dados financeiros dispostos pela empresa foram analisados e comparados com os orçamentos obtidos para a realização de um *payback*, com o propósito de se evidenciar a melhor forma de executar uma inspeção em linhas de subtransmissão na malha de Teófilo Otoni MG.

## 1 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Sistema elétrico de potência

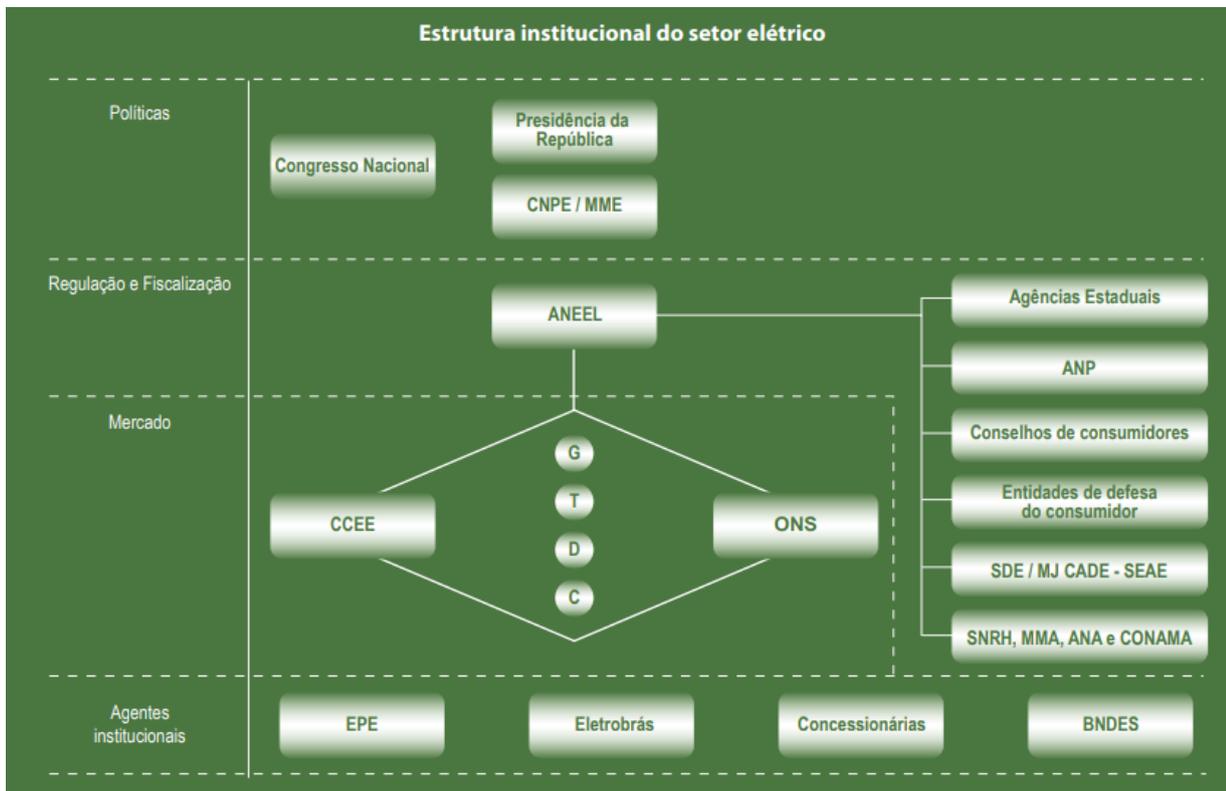
Estudiosos contribuíram para o desenvolvimento do conceito da eletricidade na área da física, sendo a eletricidade considerada uma forma de energia natural apta a atrair e repulsar elétrons a sua exploração se tornou ampla e neste sentido, o campo de atuação passou a ser primordial no cotidiano da sociedade, desenvolvendo vários setores. O Sistema elétrico de potência (SEP) é um desses setores que tem como base a eletricidade, constituído pelos conjuntos de instalações e equipamentos atribuídos a geração, transmissão e distribuição de energia elétrica. De acordo com ABRADÉE (2018), o SEP tem como principal objetivo converter fontes de energia elétrica, transmitindo-as para os consumidores, priorizando a qualidade.

A princípio o sistema elétrico brasileiro foi desenvolvido pelo setor privado, somente na administração do presidente Getúlio Vargas que o Estado, juntamente com as sociedades estrangeiras, investiram no setor elétrico. Como o Brasil possui um grande potencial hídrico, em 1934, o governo Vargas elaborou o Código das Águas e o Conselho Nacional de Águas e Energia Elétrica para regulamentar o uso da água, desta forma o governo se responsabilizou também pela geração e transmissão de energia elétrica, cujo investimento era maior (ARAUJO e OLIVEIRA, 2005).

O sistema elétrico Brasileiro é regulamentado pela Agência Nacional de Energia Elétrica, ANEEL, pela Lei nº 9.427/1996 e do Decreto nº 2.335/1997, a agência responsável pela geração, transmissão, distribuição e comercialização da energia elétrica (BRASIL, 1997).

O organograma da Figura 1 mostra a estrutura institucional do setor elétrico brasileiro, desde a parte política até os agentes institucionais, como as concessionárias de energia elétrica, tornando essas hierarquias importantes para que a energia elétrica chegue ao consumidor final com grande qualidade.

Figura 1- Organograma da estrutura Institucional do setor elétrico brasileiro



Fonte: ANEEL (2005)

O sistema elétrico de potência consiste no conjunto de equipamentos que funcionam com a finalidade de fornecer energia elétrica de qualidade, constituídos pela geração, transmissão e distribuição de energia elétrica (ZANETTA, 2006). A Figura 2 mostra o caminho que percorre a energia elétrica desde a geração até o consumidor final.

Figura 2- Ilustração da matriz energética hidráulica



Fonte: ABRADÉE (2018)

## 2.2 Geração

A transformação de fontes primárias com auxílio de tecnologias define a geração de energia elétrica. A maioria da energia gerada é produzida por corrente alternada, expressada por ondas senoidais, com baixa frequência e amplitude que varia de acordo a modalidade de atendimento (BARROS e BORELLI, 2014).

As formas de geração de energia elétrica utilizadas no Brasil são em sua grande maioria advindas das hidrelétricas, de acordo com o Boletim de Monitoramento do Sistema Elétrico, em fevereiro de 2018 a matriz de capacidade instalada de geração de energia elétrica, as hidrelétricas, correspondem a 63,9%, sendo 98.094 MW (BRASIL, 2018).

A geração de energia, a partir das usinas hidrelétricas consiste na vazão do rio, na queda d'água em determinado tempo e na altura dessa queda. Quanto maiores forem essas variáveis, maior será seu potencial para gerar eletricidade (ANEEL, 2018).

A Companhia Energética de Minas Gerais, CEMIG, em suas ramificações de empreendimentos, possui umas das maiores geradoras do país, a Cemig Geração e Transmissão (CEMIG GT), constituída por 109 usinas, sendo 79 hidrelétricas. Em 2010, a CEMIG GT, gerou cerca de 36.440 GWh, resultado alcançado pela posição da CEMIG no mercado livre brasileiro, com atuações no estado de Minas Gerais, bem como em vários estados brasileiros.

### 2.2.1 Transmissão

A transmissão de energia elétrica é a segunda etapa que a energia percorre antes de chegar ao consumidor final. A energia normalmente é gerada distante dos consumidores, por isso quando sai das usinas e dos seus geradores ela é transportada, de forma viável economicamente, elevando-se a tensão e diminuindo-se a corrente pelas linhas de transmissão, reduzindo-se também o efeito Joule. Posteriormente a linha é constituída por cabos e torres, até chegar às subestações (ABRADEE, 2018).

Na Tabela 1 exibe as tensões usuais adotadas no Brasil que compõe o sistema elétrico, onde divide as interconexões de energia em transmissão, subtransmissão, distribuição primária e distribuição secundária.

Tabela 1- Tipos de interconexões de energia de acordo a tensão

| Tipos de transporte de energia | Níveis de tensão            |
|--------------------------------|-----------------------------|
| Transmissão                    | Superior a 138kV até 765kV  |
| Subtransmissão                 | Superior a 34,5kV até 138kV |
| Distribuição Primária          | Superior a 1 kV até 34,5 kV |
| Distribuição Secundária        | Inferior a 1 kV             |

Fonte: ABRADEE (2018)

A linha de transmissão se tornou um negócio independente de energia elétrica, após reformulações em 1998 e atualizações em 2004, definindo novos investimentos através de leilões feitos por intermédio da ANEEL, com vigência contratual de 30 anos. No Brasil, as linhas de transmissão são responsáveis por transportar a energia gerada com tensão igual ou maior a 230kV que atingiu 142.701Km (ONS, 2018).

Segundo a ANEEL por sua grande extensão, as linhas de transmissão, possuem dois grandes blocos de configuração do segmento de geração, o Sistema Interligado e os Sistemas Isolados.

### 2.2.1.1 *Características das linhas de transmissão*

As linhas de transmissão são responsáveis por unir a geração e a distribuição de energia elétrica, portanto, é importante que não haja falhas, para não ocorrer o desligamento de muitos consumidores.

Estas linhas de transmissão transportam a maior quantidade de energia, com o objetivo de se perder o mínimo possível na distância percorrida. As características e os componentes de cada linha contribuem na diminuição das perdas (CEMIG, 2018).

### 2.2.1.2 *Sistema Interligado*

O Sistema Interligado Nacional (SIN) consiste na interconexão do sistema elétrico, pelas malhas de transmissão. A geração e a transmissão da energia elétrica no Brasil são interligadas nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Nordeste e a maior parte da região Norte, proporcionando a transferência entre essas regiões, tendo como vantagem a permissão de obter ganhos sinérgicos e exploração da diversidade dos regimes hidrológicos das bacias (ONS, 2018).

O ONS (2018), buscando sempre se modernizar tecnologicamente, disponibiliza o aplicativo Sistema de Informações geográficas cadastrais do SIN (SINDAT), que permite acesso aos mapas digitais e dados técnicos da organização.

### 2.2.1.3 *Sistema Isolado*

No Sistema Isolado, segundo a ONS (2018), existem 246 municípios do Brasil, com cerca de 760 mil consumidores que ainda são atendidos pelo Sistema Isolado, geralmente essa energia consumida é gerada por térmica a óleo diesel. A maior parte está localizada na região norte e seu consumo é baixo, representando cerca de 1% da carga do Brasil.

## 2.2.2 *Distribuição de Energia*

Para Reis e Silveira (2001) distribuir energia elétrica é entregar a qualquer consumidor a tensão desejada, tendo em vista que para a sociedade moderna é

importância ter energia elétrica, desde as grandes indústrias até a iluminação residencial.

A energia elétrica chega através da distribuição a 99% dos municípios brasileiros e para que isso ocorra de maneira eficaz as distribuidoras são reguladas por resoluções da ANEEL, que se baseia nas diretrizes aprovadas pelo Congresso Nacional e decretos do Poder Executivo Federal (BRASIL, 2018).

As redes de Distribuição de Energia são constituídas por equipamentos e condutores elétricos, conjunto de estruturas, podendo ser aéreas ou subterrâneas e operam em três níveis de energia, em alta superior a 69 kV e inferior a 230 kV, em média superior a 1 kV e inferior a 69 kV e em baixa tensão igual ou inferior a 1 kV.

A distribuição de energia corresponde a circuitos radiais que consistem em rebaixar as tensões provenientes da transmissão, conectar a geração com as unidades consumidoras, além de serem circuitos malhados ou interligados. O Brasil possui 114 distribuidoras, responsáveis por seguir regulamentações da Superintendência de Regulação dos Serviços de Distribuição (SRD) (ANEEL, 2010). Há casos onde a transmissão não tem conexão com a distribuição, esse intermédio se dá através da subtransmissão.

### **2.3 Linhas de Subtransmissão**

As linhas de subtransmissão que obtêm as tensões entre 69KV e abaixo de 230 KV, são de responsabilidade das distribuidoras. O conjunto de linhas e subestações se conectam às barras de rede básica ou às subestações de distribuição (BIASOTTO, 2009).

O transporte de energia elétrica nas redes de subtransmissão é feito por linhas trifásicas, com capacidade de transportar essa energia de 20MW a 150MW, este transporte é realizado das subestações de subtransmissão até subestações de distribuição ou a consumidores caracterizados como grandes instalações indústrias, estação de tratamento de água, etc. O sistema pode operar em configuração radial ou em malhas (KAGAN; OLIVEIRA; ROBRA, 2005).

### 2.3.1 Linhas de Subtransmissão em Minas Gerais

A CEMIG, por intermédio de suas controladas e coligadas, opera uma rede de transmissão de aproximadamente 15.650 km, tornando-se o segundo maior grupo de transmissão de energia do país. Este sistema é responsável pelo grande transporte de energia, desde as geradoras até os consumidores, esse intermédio se faz por meio das subestações (SE) de transmissão, viabilizando o atendimento dos sistemas de subtransmissão (CEMIG, 2018).

## 2.4 Inspeção em redes elétricas

Em dezembro de 2008, os Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST) foram criados para definir argumentos para acesso ao sistema de distribuição de energia elétrica. O módulo 8 do PRODIST, versa sobre a qualidade de energia que chega aos consumidores, estabelecendo um acompanhamento e fiscalização dessa energia. Sendo assim, as concessionárias investem em inspeção para que não haja variáveis que comprometam a qualidade da energia (ANEEL, 2018).

De acordo com a Eletrobrás (1982), inspeção se conceitua como a identificação de irregularidades e anomalias, que não são corrigidas com o tempo, no que se refere ao sistema de distribuição podem ocasionar interrupções e falhas no fornecimento de energia elétrica.

Em todos os setores, uma ação que previne prejuízos é muito importante. No setor elétrico não é diferente, um bom planejamento de uma inspeção, é capaz de prever e determinar com antecedência falhas e defeitos. Prevenindo assim acidentes, falta de energia, poupando danos materiais e até vidas (RONCOLATTO, 2012).

Não só as empresas se preocupam com as inspeções na parte elétrica, o consumidor sabe a importância e os riscos, causados pela falta de uma inspeção para manutenção. Ressalta-se que é de responsabilidade do consumidor cumprir as normas técnicas e fazer manutenções, para ter uma energia de qualidade, sem danos vitais e materiais. Para Pazzini et. al. (2003) a inspeção tem que se adequar ao tipo de objetivo que seu planejamento propõe, fazendo com que os aspectos

relevantes sejam destacados. A forma em que é executada uma inspeção estimula e auxilia na correção do problema encontrado.

## **2.5 Inspeção com Drones**

Em maio de 2017 a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) aprovou o regulamento para aeronaves não tripuladas. Regulamento Brasileiro de Aviação Civil Especial – RBAC –E nº 94 tem como objetivo tornar viável o uso dos drones de forma sustentável e segura.

Os drones foram criados por ideias militares, de possuírem um avião não tripulado para alcançar os locais de difícil acesso, porém, os drones são utilizados em diversas funções podendo ser dotado de uma câmera para vigilância, controle e inspeções (JACOBSEN, 2014).

As vistorias com drones são uma forma segura, rápida, de visão clara, de baixo custo e capaz de realizar serviços em locais de difícil acesso. Além de inspecionar tais locais, o drone é capaz de verificar grandes áreas e estruturas específicas. Podem ser dotados por sensores térmicos, com capacidade de filmar, fotografar em tempo real, além de armazenar os dados coletados durante a inspeção.

Para uma manutenção preventiva, a inspeção em redes de energia elétrica feita por drones, visa agilidade, segurança, análise detalhada dos dados coletados e acompanhamento real da inspeção. Os drones tem autonomia de voo de mais 40 minutos, ignorando acidentes geográficos, tornando mais seguro e rápido (NAPOLEÃO, 2016).

A conferência visual assistida tem como objetivo realizar um monitoramento não destrutivo, capaz de se analisar de forma segura a quantificação de danos e o monitoramento ao longo do tempo (FONSECA, et. al. 2016).

## **2.6 Segurança nos trabalhos com eletricidade**

O Sistema de distribuição de energia elétrica brasileiro é majoritariamente composto por redes aéreas, sendo suas manutenções um risco aos trabalhadores e pedestres caso não seja executada de forma cautelosa. A Norma Regulamentadora 10 (NR-10) é a norma regulamentadora na segurança em instalações e serviços de

eletricidade, ela abrange a fases de geração até o consumo. Em todas as intervenções em instalações elétricas devem ser adotadas medidas preventivas para controlar o risco, essa norma dispõe de medidas de controles e sistemas preventivos para garantir a segurança dos envolvidos (LIMA FILHO, 2015).

Para fiscalizações que necessitam subir em torre ou poste, são necessários treinamentos específicos de trabalho em altura, sendo obrigatório utilizar equipamentos para que o trabalho seja executado de forma segura. Vale ressaltar que a maioria das redes de subtransmissão são em áreas rurais, possuindo risco de picadas de animais ou insetos, bem como risco de acidentes no trânsito para chegar à base da torre e em suas vias de acesso (FRANZEN, 2014).



### **3 METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS TÉCNICOS DA PESQUISA**

Para Lakatos e Marconi (2001), o desenvolvimento de um trabalho científico consiste no conjunto de atividades correlacionadas sobre um determinado assunto para alcançar um objetivo.

Em uma pesquisa confiável e relevante é preciso um desenvolvimento de modelo de processo que se inicia com a coleta de dados e informações necessárias para se alcançar uma meta ou objetivo (RICHARDSON, 2010).

O presente projeto desenvolvido analisou a viabilidade de inspecionar as linhas de subtransmissão de energia da região leste de Minas Gerais com veículos aéreos não tripulados, conhecido como drones, classificando-se assim como uma pesquisa documental, pois foi desenvolvida baseando-se na análise de dados adquiridos em órgãos públicos ou privados, ou com pessoas que possuam esses dados.

#### **3.1 Classificação da pesquisa quanto aos fins**

A pesquisa se classifica de acordo com o enfoque do autor e as divisões da classificação das pesquisas, seguem os interesses, condições metodológicas, situações, objetivos, objetos de estudo e etc. A classificação da pesquisa quanto aos fins, se divide quanto ao nível, quanto à natureza dos dados e quanto à sua finalidade (LAKATOS E MARCONI, 2001).

Segundo Gil (2010) a pesquisa pode ser classificada quanto aos níveis, e se dividir em uma pesquisa exploratória, descritiva, explicativa, metodológica, aplicada e intervencionista.

Esse projeto se classifica como uma pesquisa exploratória, pois é um tema pouco conhecido, que servirá de base para pesquisas posteriores. Para Gil (2010) esse tipo de pesquisa obtém sucesso quando é feita uma caracterização descrevendo o evento ou caso de forma longitudinal, permitindo seu amplo e detalhado conhecimento de novas descobertas ao longo do processo.

Quanto à natureza dos dados, a pesquisa é quantitativa, pois busca resultados exatos, em que dados dos custos de inspeção em linhas de

subtransmissão serão analisados com o objetivo de obter a melhor forma de se executar o serviço, mediante as variáveis financeiras e a segurança do trabalho.

Para Fonseca (2002) a pesquisa quantitativa explora a linguagem matemática para mostrar as relações de variáveis, causas de fenômenos e etc. Também se caracterizam pelos aspectos dinâmicos, holísticos e individuais de conhecimentos adquiridos para os envolvidos no fenômeno (POLITET et. al., 2004).

Os dados foram extraídos na CEMIG, pois é uma empresa sólida e reconhecida no mercado, devido à qualidade da energia e pela segurança dos funcionários nos trabalhos executados, que serve como base à análise de viabilidade econômica, pois é possível avaliar os custos de uma inspeção de linhas de subtransmissão com o objetivo de comparar as formas de inspeção. Contudo, esse estudo caracteriza como uma pesquisa aplicada, que para Gil (2010) tem o objetivo de fornecer conhecimentos para uma aplicação prática para uma solução de um problema específico, podendo envolver verdades e interesses locais.

### **3.2 Classificação da pesquisa quanto aos meios**

Essa produção é classificada como pesquisa documental, que além de pesquisas bibliográficas irá utilizar dados da concessionária de energia elétrica de Minas Gerais, CEMIG, pois esta empresa já é constituída e instalada há tempos no mercado. Para Fonseca (2002) a pesquisa documental recorre a fontes diversas sem tratamentos e dispersas como relatórios, documentos oficiais, jornais, tabelas estatísticas e etc (VERGARA, 2007).

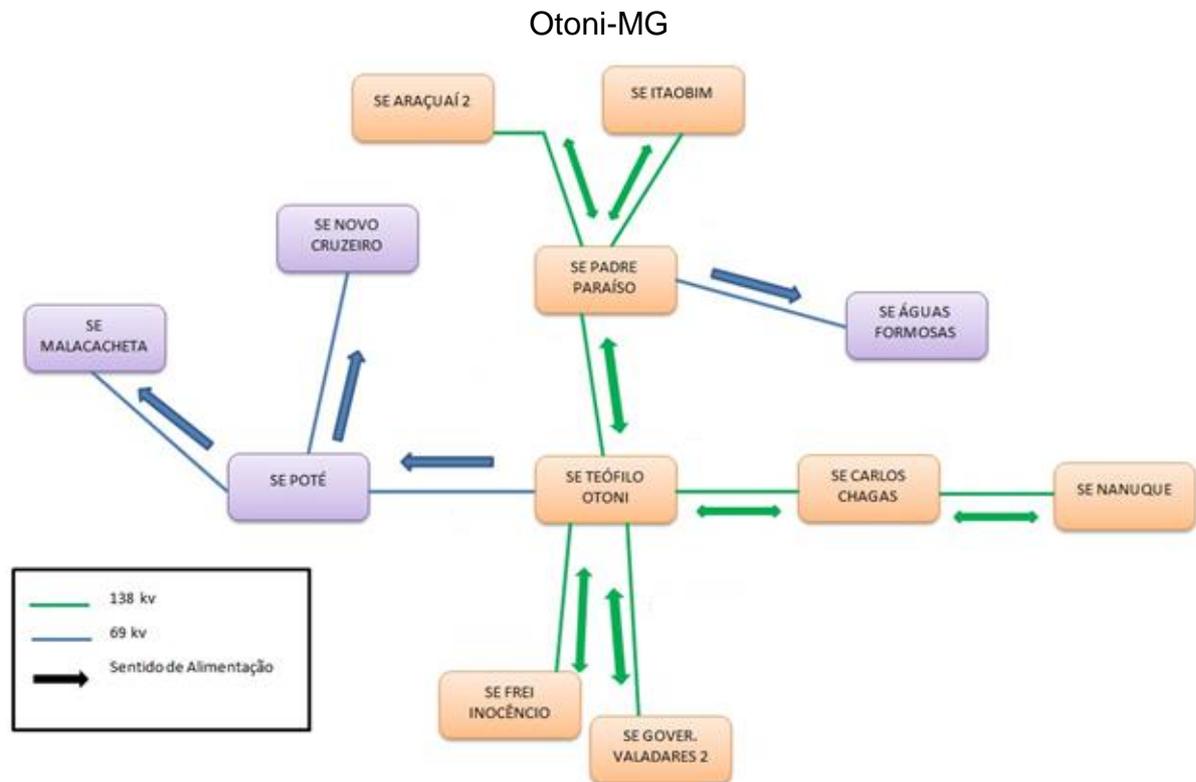
Outra justificativa para utilizar documentos em pesquisa é a possibilidade de agregar a dimensão do tempo à compreensão do social, evoluindo as variáveis envolvidas (CELLARD, 2008).

#### **3.2.1 Caracterização do local de estudo**

A Companhia Energética de Minas Gerais é uma das principais concessionárias de energia elétrica do Brasil e é responsável pela concessão de distribuição de energia em Minas Gerais.

O local em específico que será estudado é a malha energética de Teófilo Otoni localizado na região leste de Minas Gerais. O fluxograma representado pela Figura 3 mostra as linhas de subtransmissão específicas que serão analisadas.

Figura 3- Fluxograma das linhas de subtransmissão da CEMIG da malha Teófilo



Fonte: CEMIG (2018)

### 3.2.2 Procedimentos de coletas de dados

O processo de coleta de dados consiste nos métodos de utilização de um conjunto de informações fundamentais elaborando uma linha lógica do assunto abordado (CELLARD, 2008).

Para a pesquisa exploratória documental, realizaram-se leituras relacionadas ao tema, pesquisas de campo e análise de dados disponibilizados para empresa de forma a selecionar as informações de acordo com o objeto de estudo. Dentre esse material, recolheram-se relatórios de atividades características das linhas de subtransmissão da malha de Teófilo Otoni-MG, formulários específicos das

inspeções, relatórios financeiros, normas de procedimentos de segurança e instruções de trabalho.

A partir dos dados selecionados, procedeu-se o delineamento das características das malhas de subtransmissão, de modo que, qualificaram-se quais os parâmetros das linhas de subtransmissão para a identificação dos componentes da mesma e posterior solicitação de orçamento junto a empresas especializadas para a verificação da viabilidade financeira.

Após obter os orçamentos fizeram-se as semelhanças e diferenças das formas de inspeção em redes de linhas de subtransmissão, com base nos estudos, nos dados selecionados da empresa e do orçamento, analisando a questão financeira e técnica.

Realizada as comparações, elaborou-se um *payback* simples, analisando a viabilidade do investimento de inspecionar as linhas de subtransmissão com drones.

### **3.3 Tratamento de dados**

O tratamento dos dados de acordo Gil (2010) consiste em interpretar os dados de acordo com os instrumentos utilizados na pesquisa, que são estreitamente relacionados.

Com os dados técnicos disponibilizados pela empresa, elaborou-se um comparativo com os orçamentos feitos pelas empresas especializadas em drones. Os dados foram transferidos para tabelas e serão comparados os resultados, levando em consideração a segurança e os custos de cada tipo de inspeção. Desta forma, será concluída qual será a melhor forma de executar uma inspeção em linhas de subtransmissão na malha de Teófilo Otoni-MG.

#### **3.3.1 *Payback***

Utilizou-se o *payback* para analisar o retorno do investimento em que a empresa teria que fazer para implementar a inspeção aérea com drone nas linhas de subtransmissão. O método para Kuhnen e Bauer (1996) conceitua no tempo em que o capital investido é recuperado, quando iguala o fluxo do caixa gerado com o investimento feito em menor tempo.

Há dois tipos de *payback* na análise de investimento: o simples e o descontado. O *payback* simples é o que será apresentado para coroar este trabalho

científico onde identifica o número de períodos em que os investimentos retornaram, com a subtração do capital inicial até a liquidação do capital investido.

Para Bruni e Rubens (2003), o método de *payback* simples, de fácil aplicação e interpretação, servindo como medida de liquidez e medida de risco. Pois, esse método basta ser menor ou igual ao prazo máximo compreensível na recuperação do investimento.

As principais vantagens deste método são: aplicação fácil e simples, fácil interpretação, serve como medida de risco e apresenta o tempo de recuperação do capital. No que tange as desvantagens: não leva em conta o dinheiro no tempo, não considera todos os capitais do fluxo de caixa e mede apenas o prazo de recuperação do investimento.

Utilizada como ferramenta no meio dos negócios, o *payback* caracteriza o tempo necessário para recuperar um investimento. Segundo Kuhner e Bauer (1996) a melhor alternativa de investimento é que se apresenta no menor período de retorno.

Sendo assim a viabilidade financeira será analisada comparando os valores fornecidos pelos orçamentos enviados pelas empresas que trabalham com drone e o valor gasto atualmente pela CEMIG com este tipo de inspeção em linhas de subtransmissão na malha de Teófilo Otoni-MG.



## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta etapa do trabalho foram apresentados os dados coletados e realizou-se a discussão dos resultados da pesquisa documental com a pretensão de se alcançar os objetivos de análise da viabilidade técnica e financeira da inspeção em linhas de subtransmissão de energia elétrica da região de Teófilo Otoni-MG com drones, comparando as formas executadas atualmente pela concessionária responsável e posteriormente realizando um *payback*.

### 4.1 Caracterização das linhas de subtransmissão

Os sistemas de subtransmissão são responsáveis pelo fornecimento de energia elétrica entre as subestações geradoras e as subestações distribuidoras. A distância que é percorrida entre essas linhas faz com que aumente a tensão e a potência, para que não haja muita perda no transporte de energia.

Em cidades de menor porte, não é viável ter uma linha de transmissão para o transporte de energia, devido à baixa demanda, por isso, nestas cidades a condução de energia elétrica é feita pelas linhas de subtransmissão, com níveis de tensão superiores 69KV e inferiores a 230KV.

As linhas de subtransmissão são normatizadas pela Lei nº 9.427/1996 e do Decreto nº 2.335/1997 da ANEEL, que prevê que a manutenção seja feita pelas distribuidoras. Com isso, a CEMIG Distribuição administra essas linhas em Minas Gerais, onde tem concessão do setor elétrico.

Na malha de Teófilo Otoni - MG as linhas são de 69KV e 138KV e interligam as subestações das cidades:

- Águas Formosas
- Araçuaí
- Carlos Chagas
- Frei Inocência
- Governador Valadares
- Itaobim
- Malacacheta
- Nanuque

- Novo Cruzeiro
- Padre Paraíso
- Poté
- Teófilo Otoni

Essas linhas possuem características distintas. Os materiais, os tamanhos, o terreno, o local em que elas estão influenciam no comportamento das linhas. Por isso, num trabalho de inspeção é relevante que se conheça os últimos defeitos apresentados, defeitos recorrentes e características da região geográfica, para que não haja problemas futuros que cause interrupções de energia.

A linha de Águas Formosas é composta por 204 torres de madeira, no decorrer de 63,9km. Construída com aroeiras emendadas, é comum a recorrência de cruzetas e postes podres ou em mal estado. As Figuras 4 e 5 mostram a torre 147, da linha que sai da SE de Padre Paraíso para a SE de Águas Formosas.

Figura 4- Torre 147 da linha de subtransmissão de Padre Paraíso a Águas Formosas com estrutura danificada



Fonte: CEMIG (2018)

Figura 5- Torre 147 da linha de subtransmissão de Padre Paraíso a Águas Formosas restaurada



Fonte: CEMIG (2018)

Após uma inspeção terrestre da equipe de linha de subtransmissão de Teófilo Otoni, foi identificada a necessidade de substituir toda a estrutura da torre. A Figura 4 mostra a estrutura antiga, com os postes de aroeira emendados em mal estado e a nova torre sendo construída. Já a Imagem 5, exibe a torre nova está concluída, restaurada.

Este tipo de serviço é comum no decorrer dessa linha, pois se trata de uma rede antiga construído com madeira, que atualmente não é mais utilizado nas novas linhas, pois quando exposto ao sol e à chuva no decorrer do tempo, apodrece. Ocasionalmente a necessidade de inspeção anual neste trecho. Mesmo tendo a possibilidade de uma alimentação de uma rede 13.8KV, esta linha é considerada um sistema radial, devido a capacidade da rede não suportar a tensão da demanda.

Para Heldwein (2012) o sistema em radial se caracteriza por ter uma única alimentação e tem como vantagem seu custo e sua simplicidade; como desvantagem, a dependência de apenas um alimentador em toda a rede, que em

casos de defeito, há demora no restabelecimento da energia. Além do distribuidor final estar mais carregado e com mais probabilidade de ter queda de tensão.

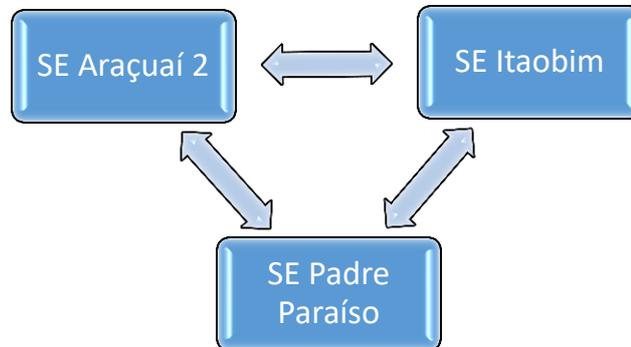
A rede de subtransmissão de Araçuaí interliga na SE de Padre Paraíso a SE de Araçuaí, com extensão de 63.3km. Essa linha possui 138 torres com material metálico. Esse tipo de material atribui à possibilidade de construção das torres altas. As torres metálicas são mais duráveis, mais altas, sofrem menos com queimadas, e possuem um custo menor de manutenção. Com essas vantagens das torres metálicas, as inspeções terrestres são realizadas casualmente. Quando ocorre algum problema recorrente na linha, há inspeções de emergência para localizar a reincidência de Religamentos Automáticos (RA).

Visando prestar um serviço de qualidade, as concessionárias de energia elétrica possuem sistema de proteção. Um deles é a função do RA, que visa integrar a seletividade elétrica e lógica, para diminuir os momentos de interrupções. Esses religadores, no sistema de subtransmissão são posicionados nas subestações e identificam as interrupções ao longo da linha. São configurados para religar automaticamente três vezes num intervalo de tempo, se o problema persistir a rede é desligada (CAMPITELLI, 2007).

No período em que os eletricitistas necessitam executar manutenção no decorrer da rede, o RA é desligado. Pois em caso de acidente, ao identificar um problema o desligamento é realizada na primeira vez da identificação da falha.

A rede de subtransmissão de Araçuaí possui uma vantagem de interligar com as linhas de Itaobim e de Padre Paraíso. A linha que interliga Itaobim a Padre Paraíso, abrange 205 estruturas metálicas em 60.3 Km, como mostra a Figura 6 a seguir.

Figura 6- Interligação das subestações entre as cidades de Araçuaí, Itaobim e Padre Paraíso



Fonte: Dados da própria pesquisa (2018)

Esta rede tem um sistema em anel, que consiste num circuito que tem flexibilidade e permite dar continuidade ao sistema, dependendo do sistema em uso. Além de aumentar a confiabilidade, tem a possibilidade de alimentação em casos de emergência por duas fontes, de mesma SE ou SE diferente. (HELDWEIN, 2012).

A importância da linha de subtransmissão tem suas características influenciadas no momento de análise da inspeção. Características como ser a malha principal, secundária, quantidade de consumidores, carregamento e condições de operação.

A linha de Carlos Chagas interliga as cidades de Teófilo Otoni e Nanuque, como mostra a Figura 7.

Figura 7- Interligação das redes de Teófilo Otoni, Carlos Chagas e Nanuque



Fonte: Dados da própria pesquisa (2018)

A saída da SE de Teófilo Otoni para Carlos Chagas, possui 92.3Km, com 204 torres metálicas. As inspeções terrestres são realizadas anualmente, pois devido

sua proximidade com o mar, a salinidade corroi as peças metálicas da estrutura da torre. Em linha reta as cidades de Carlos Chagas e Nanuque são próximas do mar, a salinidade atinge principalmente as cadeias de isoladores. Além de ter casos de árvores tocando os cabos. A rede de subtransmissão de Nanuque a Carlos Chagas tem extensão de 45.7Km e composta por 111 torres metálicas.

Ambas as linhas tem conexões com redes que não são de responsabilidade da concessionária. Na SE Nanuque chega uma linha de 138KV da Usina hidrelétrica (UHE) Santa Clara, que é de responsabilidade de uma empresa privada. Já na SE de Carlos Chagas é conectada a Pequena central hidrelétrica (PCH) Mucuri de 138kv, que também é de responsabilidade de uma empresa privada. Contudo, a geração de ambas não suporta muita carga, e essas linhas são quase consideradas um sistema radial.

A linha de subtransmissão de Frei Inocência tem extensão de 92.17 Km, com 330 torres de madeira que interliga a SE de Teófilo Otoni à SE de Frei Inocência. Os materiais das torres são de madeira, e durante as inspeções são identificadas um poste podre, como a Figura 8.

Figura 8: Poste de estrutura de linha de subtransmissão podre



Fonte: CEMIG (2018)

A Imagem 8 mostra o estado em que a cruzeta de condutor com material de madeira fica com o decorrer dos anos, com exposição às intempéries.

Nessa linha durante a inspeção, os eletricitistas reapertam os parafusos e aterram as ferragens, pois em época da seca é uma linha onde há reincidência de efeito capacitivo, também conhecido como efeito corona, que é um fenômeno de ionização em torno dos condutores, surgindo um campo elétrico, causado por perdas no meio de emissão de luz e ruídos (MELO, 2016).

A rede de subtransmissão de Governador Valadares, interliga a SE de Teófilo Otoni a SE de Governador Valadares 2. Essa linha tem tensão de 138 KV com 292 torres de material metálico, com extensão de 125 km.

As inspeções terrestres são realizadas de acordo com as incidências de problemas, pois se trata de uma torre metálica onde apenas vegetações e vandalismo são recorrentes. O vandalismo geralmente ocorre nas proximidades das áreas urbanas. Nestas áreas é comum ter quebra de isoladores, e furto de parafusos e treliças nas torres. A maioria das redes de subtransmissão próximas a cidades estão sujeitas ao vandalismo. A Figura 9 mostra um exemplo de uma torre, onde teve alguns isoladores quebrados.

Figura 9- Torre de subtransmissão com isoladores quebrados



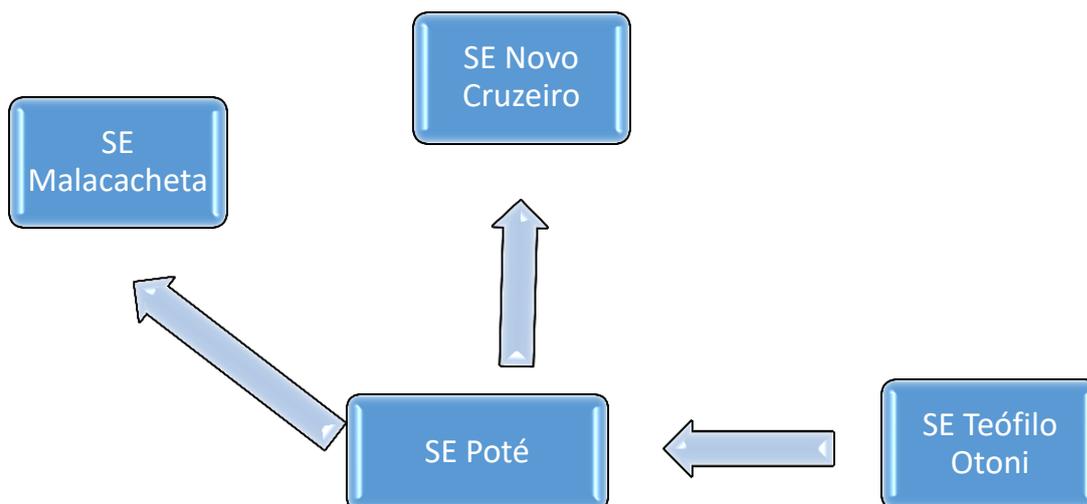
Fonte: CEMIG (2018)

O vandalismo é um caso recorrente nas redes elétricas, comumente feito por disparos de armas de fogo. Quando os isoladores são quebrados, reduz o isolamento da cadeia ocasionando interrupções, e em casos onde todas as saias de isoladores são quebradas, é obrigatório o desligamento da rede para troca (WERNECK et. al., 2008).

A linha que liga Padre Paraíso a Teófilo Otoni é muito importante, pois ela interliga o sistema de geração de Irapé com Sistema Interligado por Governador Valadares. Possui uma extensão de 90.69Km, com 170 estruturas metálicas. Devido sua relevância, a inspeção é feita anualmente, dependendo da demanda a subestação de Teófilo Otoni, em época de cheia, recebe energia de Irapé; em época de seca fornece energia para o vale do Jequitinhonha, que geralmente é abastecido por Irapé. Este abastecimento é feito nessa linha, onde normalmente a vegetação e os eucaliptos são as causas de interrupções.

A linha de subtransmissão de Poté se encontra num local importante na transmissão de energia. A Figura 10 mostra a interligação nas subestações.

Figura 10- Estrutura das redes de Malacacheta, Novo Cruzeiro, Poté e Teófilo Otoni-MG.



Fonte: Dados da própria pesquisa (2018)

A linha de Poté liga na SE Teófilo Otoni, na SE Malacacheta e na SE Novo Cruzeiro. Da SE Poté a SE Teófilo Otoni, possui 62 torres de material metálico com extensão de 29.8 km. É uma linha muito importante, pois, havendo alguma interrupção, não chega energia nas SE de Malacacheta e nem na SE de Novo Cruzeiro, por isso as inspeções são realizadas anualmente, tornando muito importantes as inspeções com câmera de termo visão, pois há descargas elétricas frequentes e os pontos quentes tem que ser identificados.

De Poté a Malacacheta, a linha tem sistema radial, possui 141 torres de madeira ao longo de 45.9 km, anualmente as inspeções são realizadas devido à reincidência de vegetação nas torres, principalmente nas últimas 30 torres chegando a SE de Malacacheta.

A linha de Poté a Novo Cruzeiro possui 43.58 km, e é caracterizada como um sistema radial com 106 torres metálicas. As inspeções são executadas regularmente, pois nessa região a vegetação costuma chegar à rede e o vandalismo com quebra de cadeia de isoladores é constante.

As linhas e redes aéreas de energia elétrica possuem uma faixa de terra, cujo seu domínio permanece com o proprietário, porém tem restrições de uso. Para garantir a qualidade da energia fornecida ao consumidor, à inspeção, manutenção e segurança das instalações de terceiros é primordial, e é estabelecido na NBR 5422, na NBR 12304, na Lei 11934 de cinco de maio de 2009 e na Resolução n.º 442 da Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL) de 21 de julho de 2006. A concessionária tem direito de passagem livre com largura da faixa de segurança e é proibido dentro desse espaço plantar árvores de porte grande, como eucalipto (ANEEL, 2018). A Figura 11 exibe a vegetação alcançando a estrutura da torre.

Figura 11- Torre 31 com trepadeira na estrutura na linha de Subtransmissão de Novo Cruzeiro a Poté



Fonte: CEMIG (2018)

A Figura 11 representa a importância de sempre ter uma faixa de servidão, para que a vegetação não alcance a estrutura e que não ocorram interrupções de energia.

#### **4.2 Tipos de inspeção em linhas de subtransmissão**

Segundo Dias (2009) a manutenção do sistema de distribuição, possui duas grandes áreas responsáveis para uma energia de qualidade, quais sejam: a gestão e a execução. Para uma execução bem sucedida, a inspeção é importante visando resultado satisfatório. Esse resultado é o espelho de uma equipe treinada e ferramentas adequadas para execução. Um dos principais focos da inspeção é avaliar o prazo para regularizar as anormalidades ou defeitos na rede elétrica, categorizando-as das mais urgentes às menos urgentes.

A periodicidade de inspeção nas linhas da malha de Teófilo Otoni – MG é no intervalo de 02 anos para linhas com estruturas de madeiras e 03 anos com estruturas metálicas, entretanto, é necessário ter conhecimento do seu desempenho. A avaliação específica do local de trabalho implica um desempenho adequado para a execução de uma manutenção preventiva e preditiva, com eficácia e sem gerar desperdícios da mão de obra dos especialistas na área.

O tipo de inspeção é definido de acordo a necessidade do local, as falhas transitórias e pertinentes no decorrer da linha. Uns fatores são relevantes para essa análise, como a frequência e intensidade de descargas elétricas, ventos, poluição e a posição geográfica. A localização geográfica é levada em consideração à área de concentração demográfica, acesso da torre, topografia, corrosão e se o local é urbano ou rural. O tempo em que a estrutura foi construída também influencia na periodicidade da inspeção, o grau de degradação física, reformas, manutenções e envelhecimento da estrutura são considerados na hora da avaliação.

O material em que as estruturas e características eletromecânicas, como as ferragens, condutores, para-raios, isoladores e aterramentos são formadas, são importantes para análise. As linhas de subtransmissão construídas com madeira tem uma periodicidade maior. Tem como vantagem o custo, pois o valor é menor para construção se comparado às metálicas, porém, sua manutenção tem o custo maior. As torres são mais baixas, pois as madeiras não têm estrutura para altitude, chegam a até 18 metros de comprimento e a vegetação alcança facilmente. O material utilizado nas torres é propício a queimadas, a podridão dos postes, a cruzetas de para raio e a cruzeta de condutor, por ser um material orgânico. A maioria das linhas de madeiras é antiga, atualmente as construídas são metálicas.

As torres construídas com material metálico em caso de queda demoram mais o reestabelecimento da energia, pois uma torção no pé da estrutura inutiliza-a completamente.

Em época de seca, o risco de queimadas nas torres de madeiras é frequente, pois a maioria das linhas se encontra em zonas rurais próximas a vegetações mais suscetíveis de queimadas. Nas estruturas metálicas também há consequências, devido aos incêndios rompe o isolamento do dielétrico do ar, exemplo na linha de Frei Inocência a Teófilo Otoni.

Já nas épocas de chuva são comuns descargas elétricas, mesmo tendo cabo de para raio, este evento pode quebrar as cadeias de isolador, como exemplo

ocorrido nas linhas de Poté a Teófilo Otoni. É comum ter uma descarga e quebrar apenas um isolador, como também quebrar a cadeia toda.

Considerando-se as características da rede de subtransmissão e os fatores relevantes para a execução, há dois tipos de inspeção: terrestre e aérea.

#### 4.2.1 Inspeção terrestre

As inspeções variam de acordo com a forma que são executadas. As inspeções terrestres possui diferenciação pela sua forma de execução.

A inspeção estrutural é planejada para ser executada a olho nu ou com auxílio de um binóculo, já que as estruturas das linhas de distribuição em alta, média e baixa são aéreas (LIMA FILHO, 2015).

A inspeção básica consiste em analisar visualmente todos os componentes das linhas de distribuição, através da qual o executante não dispõe de equipamentos auxiliares para visualização; no que se refere à inspeção especial, além de ser realizada visualmente, existe o auxílio de equipamentos para ampliar e colaborar de forma mais precisa em sua execução.

Em locais onde o acesso é viável, as formas de inspeção citadas são utilizadas, porém, as linhas de subtransmissão, nem sempre estão em locais de fácil acesso, a topografia diverge de região para região, tornando as inspeções aéreas mais viáveis.

#### 4.2.2 Inspeção aérea

As linhas de subtransmissão da malha de Teófilo Otoni – MG passam por inspeções aéreas anualmente, com câmeras de termo visão, para identificação de pontos quentes, principalmente nas ancoragens, talas do jumper e nas emendas dos cabos. Nestes casos, o uso da câmera de termo visão otimiza e dá mais validade ao processo de inspeção. Com a preocupação e a obrigatoriedade das concessionárias de entregar uma energia de qualidade, a vistoria nas linhas é importante.

A utilização de sistemas infravermelhos para medir temperaturas dos componentes dos equipamentos e dos processos da rede de distribuição, define a inspeção termográfica. Portanto, as diferentes formas de inspeção têm como único objetivo realizar manutenções preventivas para a continuidade do fornecimento de

energia elétrica. É uma técnica não destrutiva, que é executada por sistemas de infravermelhos, onde são medidas as temperaturas e/ou a observação de mudanças na distribuição de calor, obtendo informações de todos componentes, equipamentos ou processo da rede de distribuição de energia (Veratti, 2011).

Para Santana et. al. (2017) a inspeção termográfica gera bons resultados e tende a ser uma das principais ferramentas para verificar o sistema elétrico, porém, existem vários fatores que precisam ser avaliados antes de se concluir uma inspeção termográfica, como os efeitos ambientais e a condição dos equipamentos inspecionados, para não resultar em decisões incorretas.

A inspeção termográfica está ganhando espaço nas empresas que realizam este serviço, pois busca atender os limites regulatórios de interrupção em quantidade e tempo. Também possui característica preditiva, identificando os problemas antes mesmo que aconteçam (SANTIAGO e SILVA, 2016).

Para as inspeções aéreas que são executadas na malha de Teófilo Otoni – MG , um helicóptero sai de Belo Horizonte com um piloto e um copiloto, para acompanhar a inspeção junto com dois eletricitistas da região, treinados para este trabalho. Os eletricitistas ao decorrer da linha preenche um formulário, conforme a Figura 12, onde mostra o exemplo do relatório de inspeção da linha de subtransmissão de Padre Paraíso a Teófilo Otoni – MG, que contém informações sobre a torre, os inspetores e os tipos de serviços que foram executadas.

Figura 12- Exemplo de relatório de inspeção aérea da linha de subtransmissão de Padre Paraíso a Teófilo Otoni – MG

| ESTRUTURA |     |      |      |     | SERVIÇO A EXECUTAR                                 | OBSERVAÇÃO | DECISÃO    |       |    |    |    |    |
|-----------|-----|------|------|-----|--|------------|------------|-------|----|----|----|----|
| Nº        | #Nº | TIPO | FASE | ALT |  |            | M. OBR. HH | Nº OM | PR | LV | LM | LE |
| 03        |     | ANC  | C    |     | SUBSTITUIR 01 ISOLADOR QUEBRADO                    |            |            |       |    |    |    |    |
| 09        |     | SUS  | C/B  |     | SUBSTITUIR 01 ISOLADOR QUEBRADO                    |            |            |       |    |    |    |    |
| 30        |     | SUS  | C    |     | SUBSTITUIR 01 ISOLADOR QUEBRADO                    |            |            |       |    |    |    |    |
| 38        |     | ANC  | B    |     | SUBSTITUIR 01 ISOLADOR QUEBRADO                    |            |            |       |    |    |    |    |
| 44        |     | SUS  | C    |     | SUBSTITUIR 01 ISOLADOR QUEBRADO                    |            |            |       |    |    |    |    |
| 46        |     | ANC  |      |     | JUMPER COM CONECTORES DE APERTO                    |            |            |       |    |    |    |    |
| 12        |     |      |      |     | CORTAR CIPÓ  |            |            |       |    |    |    |    |
| 16        |     |      |      |     | FAZER FAIXA NO VÃO                                 |            |            |       |    |    |    |    |
| 21        |     | SUSP | SOL  |     | SUBSTITUIR 01 ISOLADOR QUEBRADO                    |            |            |       |    |    |    |    |
| 33        |     | SUSP |      |     | INSPECIONAR ARVORES NO VÃO                         |            |            |       |    |    |    |    |
| 37        |     | SUSP |      |     | INSPECIONAR ARVORES(EUCALIPTOS) NO VÃO             |            |            |       |    |    |    |    |
| 39        |     | SUSP |      |     | CORTAR CIPÓ  |            |            |       |    |    |    |    |
| 46        |     |      |      |     | ESFERA SINALIZAÇÃO AEREA ABRINDO (TRAVESSIA DE BR) |            |            |       |    |    |    |    |
| 59        |     | SUS  | A    |     | SUBSTITUIR 01 ISOLADOR QUEBRADO                    |            |            |       |    |    |    |    |
| 62        |     | SUS  |      |     | INSPECIONAR ARVORES                                |            |            |       |    |    |    |    |
| 62        |     | SUS  | A    |     | SUBSTITUIR 01 ISOLADOR QUEBRADO                    |            |            |       |    |    |    |    |
| 63        |     | SUS  | A    |     | SUBSTITUIR 01 ISOLADOR QUEBRADO                    |            |            |       |    |    |    |    |
| 71        |     | ANC  | A    |     | SUBSTITUIR 01 ISOLADOR QUEBRADO                    |            |            |       |    |    |    |    |
| 72        | 75  |      |      |     | RECEBER FAIXA DOS VÃOS                             |            |            |       |    |    |    |    |
| 82        |     | SUS  | C    |     | SUBSTITUIR 01 ISOLADOR QUEBRADO                    |            |            |       |    |    |    |    |
| 83        | 85  |      |      |     | INSPECIONAR EUCALIPTOS                             |            |            |       |    |    |    |    |
| 92        | 91  |      |      |     | INSPECIONAR EUCALIPTOS                             |            |            |       |    |    |    |    |
| 93        |     | SUS  | C    |     | SUBSTITUIR 01 ISOLADOR QUEBRADO                    |            |            |       |    |    |    |    |
| 100       | 102 |      |      |     | INSPECIONAR EUCALIPTOS                             |            |            |       |    |    |    |    |

Fonte: CEMIG (2018)

Após o voo, com os dados do relatório descrito é elaborado outro relatório, conforme o Anexo A, onde mapeiam as anomalias visíveis que com auxílio da câmera com termo visor, conhecida como Gimbo, foram identificadas os pontos quentes.

#### 4.2.3 Inspeção com drones

Segundo Rangel (2009) a utilização de um veículo aéreo não tripulado (VANT), com acoplamento de uma câmera de vídeo, equipamentos de telemetria e de controle para inspecionar áreas de difícil acesso em tempo real, caracteriza um tipo de inspeção. Este tipo de inspeção, mesmo existindo limitações quanto ao raio de proximidade, pode ser executada para substituir as inspeções com veículos aéreos tripulados.

A inspeção com drones ainda é pouco utilizada em linhas de energia no Brasil, por se tratar de uma tecnologia de ponta, cujo mercado de empresas que realizam esse tipo de serviço ainda é relativamente pequeno, mas em franca expansão.

Em relação à segurança não há proximidade de uma pessoa à rede elétrica, apenas o drone que chega ao máximo na distância de 2 metros sem perda na qualidade das imagens e sem interferências, como por exemplo, umidade relativa do ar e fenômenos de campo eletromagnéticos durante o voo.

O resultado, otimizado pela forma segura, rápida, de visão clara, baixo custo e possível de se realizar em locais de difícil acesso torna a inspeção com drones mais segura e viável economicamente.

### **4.3 Análise técnica e financeira de inspeção em linhas de subtransmissão**

A competência de analisar as informações e de identificar a situação técnica e financeira de uma empresa é primordial para escolhas futuras. Os dados apresentados pela empresa foram avaliados considerando os custos financeiros e questões de segurança na execução de inspeção nas linhas subtransmissão.

#### **4.3.1 Análise técnica**

A viabilidade técnica abordada no presente trabalho é a segurança, tendo em vista que a segurança do trabalho está relacionada ao conjunto de ciências e tecnologias que visam a proteção do trabalho no seu ambiente de trabalho.

Os trabalhos de inspeção realizados pelos colaboradores da CEMIG seguem por etapas analisando os riscos do serviço a ser executado. A análise de risco é realizada em três etapas: Preliminar, análise de risco e análise pós-tarefa, onde todas as etapas são evidenciadas com assinaturas dos envolvidos, datadas e com o preenchimento do relatório de inspeção.

1. Preliminar: Antes de sair para o campo há um momento de preparação contemplando riscos que a equipe será submetida, lista de materiais, riscos ao separar materiais, provisionamento, dimensionamento da

equipe, dimensionamento de materiais, nivelamento da equipe antes de sair para o campo e etc.

2. Análise de risco: No pé da estrutura é contemplado os riscos adicionais não previstos na análise preliminar, os riscos propriamente ditos da atividade (e seus controles), como queda de altura, choque elétrico, radiação solar, ataque de animais, multas e acidentes de trânsito, falha na comunicação, entre outros.
3. Pós-tarefa: É realizado quando termina a execução do serviço, onde é descrito e discutido pela equipe o andamento da atividade, pontos positivos e negativos, se o dimensionamento foi adequado, houve incidentes, todas as ferramentas permanecem em boas condições de uso, e afins.

Os trabalhos realizados em linhas elétricas são normatizados por resoluções da ANEEL, onde as concessionárias, buscando a qualidade da energia, seguem alguns indicadores que sinalizam as distribuidoras quanto a desempenho satisfatório e esperado do trabalho dos colaboradores.

Os indicadores resumem quanto aos acidentes e fatalidades relacionadas à segurança do trabalho na distribuidora e nas instalações que afetam a sociedade.

Anualmente as concessionárias possui um relatório onde mostra os números dos indicadores. A Cemig em 2017 obteve os dados da tabela 2, com valores dos indicadores de segurança do trabalho e das instalações.

Tabela 2- Indicadores de segurança do trabalhado e das instalações no ano 2017

| <b>MÊS</b>       | <b>TXFQAC</b> | <b>TXGRAC</b> | <b>NMOFUPR</b> | <b>NMOFUTE</b> | <b>NACTER</b> | <b>NMOTER</b> |
|------------------|---------------|---------------|----------------|----------------|---------------|---------------|
| <b>JANEIRO</b>   | 1.32          | -             | -              | -              | 5.00          | 1.00          |
| <b>FEVEREIRO</b> | 7.15          | 46.00         | -              | -              | 4.00          | 2.00          |
| <b>MARÇO</b>     | 6.31          | 5.00          | -              | -              | 16.00         | 5.00          |
| <b>ABRIL</b>     | 5.91          | 5.00          | -              | -              | 5.00          | 1.00          |
| <b>MAIO</b>      | 1.60          | 11.00         | -              | -              | 3.00          | -             |
| <b>JUNHO</b>     | 4.18          | -             | -              | -              | 8.00          | 1.00          |
| <b>JULHO</b>     | 4.48          | 1.00          | -              | -              | 6.00          | 1.00          |
| <b>AGOSTO</b>    | 4.67          | 23.00         | -              | -              | 6.00          | 1.00          |
| <b>SETEMBRO</b>  | -             | -             | -              | -              | 3.00          | -             |
| <b>OUTUBRO</b>   | 6.09          | 23.00         | -              | 1.00           | 5.00          | 1.00          |
| <b>NOVEMBRO</b>  | 5.02          | 12.00         | -              | -              | 4.00          | 2.00          |
| <b>DEZEMBRO</b>  | 4.66          | 290.00        | -              | -              | 14.00         | 5.00          |

#### Legenda

- TXGRAC: Taxa de gravidade de acidentes do trabalho.
- TXFQAC: Taxa de frequência de acidentes do trabalho.
- NMOFUPR: Número de mortes decorrentes de acidentes do trabalho (funcionários próprios).
- NMOFUTE: Número de mortes decorrentes de acidentes do trabalho (funcionários terceirizados).
- NACTER: Número de acidentes com terceiros envolvendo a rede elétrica e demais instalações.
- NMOTER: Número de mortes decorrentes de acidentes com terceiros envolvendo a rede elétrica.

Fonte: ANEEL (2018)

Vale ressaltar que os dados da tabela inclui acidentes e fatalidades ocorridos durante as inspeções nas linhas de subtransmissão. Com a obrigatoriedade da empresa de cumprir as regras de segurança da NR-10, que consiste nas normas regulamentadoras de segurança e saúde no trabalho para os colaboradores que trabalham com eletricidade.

#### 4.3.2 Análise financeira e *Payback*

Delimitando-se a análise financeira como a avaliação ou estudo da viabilidade e estabilidade nos custos inspeções realizadas na concessionária de energia elétrica aqui estudada, foi realizado o diagnóstico dos gastos no ano 2017 pautado nos dados fornecidos, de acordo o Anexo B.

A CEMIG divide os gastos de inspeção, em aérea, com subida e sem subida. A inspeção com subida, a empresa teve gasto em média de R\$485.000,00 e em inspeção sem subida R\$ 194.000,00.

Já com inspeção aérea nas linhas de subtransmissão da malha de Teófilo Otoni - MG R\$35.000,00. Nesta inspeção considera a rapidez da execução, bem como, a utilização da inspeção termográfica. Na Tabela 3 mostra o total gasto pela empresa no ano de 2017.

Tabela 3- Custo total com inspeção em linhas de subtransmissão na malha de Teófilo Otoni – MG no ano de 2017

| Tipo de inspeção    | Custo da inspeção |
|---------------------|-------------------|
| Inspeção com subida | R\$485.000,00     |
| Inspeção sem subida | R\$ 194.000,00    |
| Inspeção aérea      | R\$35.000,00      |
| TOTAL               | R\$714.00,00      |

Fonte: CEMIG (2018)

Os gastos com inspeção na CEMIG são levados em conta o planejamento e a execução do serviço num tempo de 168 horas trabalhadas no mês em 21 dias úteis.

O planejamento do serviço de inspeção incluem reuniões para que a execução seja da forma programada. A Tabela 4 mostra a quantidade média de reuniões necessárias para preparação de uma inspeção em redes de energia.

Tabela 4- Quantidades de reuniões necessárias para planejamento de inspeção por mês no ano de 2017 na CEMIG

| Reunião                         | Horas | Dias | Total |
|---------------------------------|-------|------|-------|
| Reflexão Semanal de Segurança   | 0,5   | 4    | 2     |
| Momento de segurança            | 1,5   | 1    | 1,5   |
| Reunião de processo             | 6     | 0,5  | 3     |
| Reunião de planejamento semanal | 1,5   | 4    | 6     |

Fonte: CEMIG (2018)

Na Tabela 4 totaliza 12,5 horas no mês reuniões para programação de inspeção em 2017, que são acrescidas no tempo gasto para análise de risco preliminar e no planejamento inicial das atividades. Na execução do serviço, incluem variantes como a preparação e o suporte do serviço mostrado na Tabela 5.

Tabela 5- Tipos de preparação e suporte de inspeções consideradas pela CEMIG.

|                          | Hora | Dias | Total |
|--------------------------|------|------|-------|
| Deslocamento             | 3    | 21   | 63    |
| Prontidão                | 0,25 | 21   | 5,25  |
| Plataforma               | 0,5  | 21   | 10,5  |
| Aprovisionamento semanal | 1,5  | 4    | 6     |

Fonte: CEMIG (2018)

Os dados da Tabela 5, mostram as variantes onde considera o deslocamento da equipe para o local do serviço, a disponibilidade da equipe, o tempo que os executantes ficam no escritório e as horas em que a equipe tem para separar os materiais para realizar a inspeção.

Para a construção do *payback* foram solicitados orçamentos a 6 empresas nacionais, entretanto por se tratar de tecnologia de ponta a inspeção com drones,

bem como a limitação do número de empresas no mercado, obteve-se no apenas 3 orçamentos. Outro dificultador para obtenção de mais orçamentos foi o tipo de inspeção com drones para uma distribuidora de energia elétrica estatal e cujos orçamentos foram solicitados por pessoa física para a realização de um trabalho científico.

Os orçamentos foram instrumentos para o planejamento e perspectivas, buscando evidenciar a viabilidade financeira. Segundo Kuhnen (1996) o orçamento tem como objetivo de atingir um resultado final, para direcionar a gestão de uma empresa em termos financeiros.

As especificações solicitadas para as empresas apresentarem os orçamentos foram:

Orçamento para inspeção com drones nas linhas de subtransmissão da região de Teófilo Otoni - MG.

Área de abrangência das inspeções:

- Teófilo Otoni a Carlos Chagas - 92.3 km com 204 torres metálicas- Linha 138 KV
- Teófilo Otoni a Governador Valadares - 125 km com 292 torres metálicas - Linha 138 KV
- Teófilo Otoni a Frei Inocêncio - 92.17 km com 330 torres de madeira - Linha 138 KV
- Teófilo Otoni a Poté - 29.87 km com 62 torres metálicas - Linha 69 KV
- Poté a Novo Cruzeiro - 45.38 km com 106 torres metálicas - Linha 69 KV
- Poté a Malacacheta - 45.9 km com 141 torres de madeira - Linha 69 KV
- Carlos Chagas a Nanuque - 45.7 km com 111 torres metálicas - Linha 138KV
- Padre Paraíso a Águas Formosas - 63.9 km com 204 torres de madeira- Linha 69 KV
- Padre Paraíso a Itaobim - 60.3 km com 205 torres metálicas - Linha 138 KV
- Padre Paraíso a Araçuaí - 63.73 km com 138 torres metálicas - 138 KV

O orçamento 1, conforme Anexo C, apresentado pela empresa A totaliza o valor de R\$ 843.000,00 para inspecionar a área descrita com qualidade de imagem e vídeo de 4K, realizadas em diversos ângulos e alturas, conforme a necessidade e

viabilidade técnica. Já o orçamento 2, conforme Anexo D, apresentado por outra empresa B totaliza o valor de R\$526.000,00.

O orçamento 3, conforme Anexo E, apresentado pela empresa C apresentou de forma detalhada demonstrando maior confiança nas informações, por isso, foi o orçamento utilizado como base nas informações técnicas e financeiras neste trabalho. A Tabela 6 exibe informações e valores da inspeção com drone da linha de subtransmissão da malha de Teófilo Otoni- MG.

Tabela 6- Variáveis e valores de orçamento de inspeção com drone em linhas de subtransmissão da malha de Teófilo Otoni - MG

| Linha de subtransmissão     | Teófilo Otoni a Carlos Chagas | Teófilo Otoni a Governador Valadares | Teófilo Otoni a Frei Inocência | Teófilo Otoni a Poté | Poté a Novo Cruzeiro |
|-----------------------------|-------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|----------------------|----------------------|
| Tensão                      | 138 KV                        | 138 KV                               | 138 KV                         | 69 KV                | 69 KV                |
| Extensão da rede            | 92.3 km                       | 125 km                               | 92.17 km                       | 29.87 km             | 45.38 km             |
| Material da torre           | Metálica                      | Metálica                             | Madeira                        | Metálica             | Metálica             |
| Quantidade de torres        | 204                           | 292                                  | 330                            | 62                   | 106                  |
| Tempo de inspeção           | 8 dias úteis                  | 12 dias úteis                        | 13 dias úteis                  | 5 dias úteis         | 5 dias úteis         |
| Valor da inspeção com drone | R\$35.000,00                  | R\$50.000,00                         | R\$54.500,00                   | R\$15.000,00         | R\$23.500,00         |

Fonte: Orçamento empresa C (2018)

As tabelas 6 e 7 exibem informações do orçamento da empresa C, onde mostra as variáveis e os custos para inspecionar com drone as linhas de subtransmissão descritas. As inspeções tem foco em visualizar as cadeias de isoladores, conexões, condutores, estrutura metálica e de madeira.

O serviço prestado pela empresa C oferece em média 5 a 10 fotos por estrutura em resolução 4K que está dentro do orçamento apresentado, porém,

podendo estender a filmagem com a mesma qualidade. O relatório final é disponibilizado para a empresa contratante que avaliará a manutenção de acordo com o material e a demanda de serviços. Vale ressaltar que a contratante é responsável pelos programas e/ou aplicativos para visualização da execução do serviço.

Tabela 7- Variáveis e valores de orçamento de inspeção com drone em linhas de subtransmissão da malha de Teófilo Otoni - MG

| Linha de subtransmissão     | Poté a Malacacheta | Carlos Chagas a Nanuque | Padre Paraíso a Águas Formosas | Padre Paraíso a Itaobim | Padre Paraíso a Araçuaí |
|-----------------------------|--------------------|-------------------------|--------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Tensão                      | 69 KV              | 138 KV                  | 69 KV                          | 138 KV                  | 138 KV                  |
| Extensão da rede            | 45.9 km            | 45.7 km                 | 63.9 km                        | 60.3 km                 | 63.73 km                |
| Material da torre           | Madeira            | Metálica                | Madeira                        | Metálica                | Metálica                |
| Quantidade de torres        | 141                | 111                     | 204                            | 205                     | 205                     |
| Tempo de inspeção           | 6 dias úteis       | 5 dias úteis            | 9 dias úteis                   | 9 dias úteis            | 6 dias úteis            |
| Valor da inspeção com drone | R\$27.000,00       | R\$23.500,00            | R\$40.500,00                   | R\$40.500,00            | R\$27.000,00            |

Fonte: Orçamento empresa C (2018)

O custo total para inspecionar a malha de Teófilo Otoni - MG totaliza o valor de R\$ 336.500,00 conforme o orçamento da empresa C. Este serviço tem um período de em média de 76 dias, considerando 1 drone, 8h horas diárias de trabalho com 5 horas efetivas de inspeção; O drone utilizado pela empresa da marca DJI e o modelo Phantom 4 Pro-plus, conforme a Figura 13.

Figura 13- Drone utilizado pela empresa C para inspecionar as linhas de subtransmissão



Fonte: Orçamento empresa C (2018)

O drone da Imagem 11 usado pela empresa C é homologado pela ANATEL e cadastrado pela ANAC e tem capacidade de cumprir as programações com as variações de relevo, comum na região de Teófilo Otoni – MG.

De acordo as informações da empresa C, para realizar as inspeções a empresa contratante terá que disponibilizar um profissional que conheça os acessos das torres para facilitar e otimizar o tempo para inspecionar as linhas de subtransmissão.

A programação da execução de inspeção nas linhas de subtransmissão segue uma leitura de instrução de voo, na instrução de inspeção, análise de riscos, listar materiais, planejar logística, inspecionar o local junto com um colaborador da CEMIG, entregar as fotos e filmagens e analisar o caso inspecionado.

Comparando-se com os dados financeiros apresentados pela concessionária e o orçamento descrito, o *payback* simples é representado na Tabela 8.

Tabela 8 - *Payback* simples dos valores gastos anualmente em inspeções na CEMIG e orçamentos apresentados.

| INVESTIMENTO           |                | R\$ 336.500,00 |               |
|------------------------|----------------|----------------|---------------|
| <i>PAYBACK SIMPLES</i> |                |                |               |
| ANO                    | FLUXO DE CAIXA | PERIODO        | SALDO         |
| <b>2018</b>            | R\$714.00,00   | 0              | R\$714.00,00  |
| <b>2019</b>            | R\$336.500,00  | 1              | R\$755.000,00 |

Fonte: Dados da própria pesquisa (2018)

De acordo os dados da Tabela 8, identificam os gastos totais que a CEMIG utiliza com inspeção em linhas de subtransmissão na malha de Teófilo Otoni – MG e o custo do orçamento da empresa C, onde o *payback* simples apresentando retorno financeiro no primeiro ano de investimento.

## 5 CONCLUSÃO

Após comparar as diferentes formas de inspeção utilizadas atualmente em linhas de subtransmissão de energia elétrica pela CEMIG, foi realizada a análise de viabilidade técnica e financeira de inspeção com drones e aplicado *payback*. Conclui-se que o investimento será recuperado no primeiro ano após a adoção deste tipo de inspeção.

A introdução de novas tecnologias provoca modificações estruturais na execução de tarefas regulamentadas e necessárias para a manutenção, qualidade e perenidade da energia elétrica. Deste modo o uso de drones nas inspeções em linhas de subtransmissão supera o caráter financeiro e técnico, pois abrange também a sustentabilidade.

Necessita-se levar em consideração a estrutura atual de inspeção dispensada à tarefa, tendo em vista a modificação conceitual que a utilização dos drones proporcionará, pois a exemplo do descrito na execução da inspeção aérea com uso do helicóptero, não só os equipamentos atuais se tornarão obsoletos, como haverá necessidade de adaptação de mão de obra para o manuseio e entendimento da inspeção realizada com drones.

Os dados fornecidos pela CEMIG, bem como os orçamentos apresentados possibilitaram a análise à luz das referências bibliográficas permitindo a expansão de conhecimento numa área em franco desenvolvimento, utilização dos drones nas inspeções de redes elétricas.

O retorno financeiro comparado aos gastos da CEMIG com inspeção e os orçamentos enviados pelas empresas que executam inspeções em linhas de subtransmissão com drones, terá viabilidade no primeiro ano, pois o custo que a CEMIG tem atualmente é maior que o custo com a terceirização deste serviço com drone. Há viabilidade técnica em questão de segurança, devido a distância em que é executado o serviço, causando menos acidentes.



## REFERÊNCIAS

ABRADEE. Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica. *Redes de energia elétrica*. Brasília, 2018. Disponível em: < <http://www.abradee.com.br/setor-eletrico/redes-de-energia-eletrica>. Acesso em: 24 de abril de 2018.

\_\_\_\_\_. Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica. *A distribuição de energia elétrica*. Brasília, 2018. Disponível em: < <http://www.abradee.org.br/setor-de-distribuicao/a-distribuicao-de-energia>. Acesso em: 18 de novembro de 2018.

ANAC. Agência Nacional de Aviação Civil. *Regulamento Brasileiro de Aviação Civil Especial – RBAC –E nº 94*. Brasília, 2017.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. *Atlas da energia elétrica do Brasil*. 2 ed. Brasília, 2005.

\_\_\_\_\_. *Compensação pela Transgressão dos Limites de Continuidade*. Brasília, 2018. Disponível em: < <http://www.aneel.gov.br/indicadores-de-compensacao-de-continuidade>. Acesso em: 14 de junho de 2018.

\_\_\_\_\_. *Norma sobre limites de continuidade e compensação para geradoras é aprovada*. Brasília, 2017. Disponível em: < [http://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao-2/-/asset\\_publisher/zXQREz8EVIZ6/content/norma-sobre-limites-de-continuidade-e-compensacao-para-geradoras-e-aprovada/656877?inheritRedirect=false](http://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao-2/-/asset_publisher/zXQREz8EVIZ6/content/norma-sobre-limites-de-continuidade-e-compensacao-para-geradoras-e-aprovada/656877?inheritRedirect=false). Acesso em: 24 de abril de 2018.

\_\_\_\_\_. Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST. *Módulo 2: Planejamento da Expansão da Distribuição*. Brasília, 2016.

\_\_\_\_\_. Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST. *Módulo 8: Qualidade da Energia Elétrica. Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional*. Brasília, 2018.

\_\_\_\_\_. Resolução Normativa ANEEL n. 674, de 11 de agosto de 2010. *Parte da rede de operação, constituída dos sistemas troncos de transmissão aos centros de carga e das interligações com distribuidoras e consumidores ligados diretamente à rede básica, cujos fenômenos repercutem predominantemente de forma regional e local*. Diário Oficial, Brasília, 18 ago. 2010, seção 1, p. 82.

\_\_\_\_\_. *Regulação dos serviços de distribuição*. Brasília, 2018. Disponível em: <  
[http://www.aneel.gov.br/regulacao-da-distribuicao/-/asset\\_publisher/nHNpDfkNeRpN/content/regulacao-dos-servicos-de-distribuicao/656827?inheritRedirect=false&redirect=http%3A%2F%2Fwww.aneel.gov.br%2Fregulacao-da-distribuicao%3Fp\\_p\\_id%3D101\\_INSTANCE\\_nHNpDfkNeRpN%26p\\_p\\_lifecycle%3D0%26p\\_p\\_state%3Dnormal%26p\\_p\\_mode%3Dview%26p\\_p\\_col\\_id%3Dcolumn-2%26p\\_p\\_col\\_count%3D4](http://www.aneel.gov.br/regulacao-da-distribuicao/-/asset_publisher/nHNpDfkNeRpN/content/regulacao-dos-servicos-de-distribuicao/656827?inheritRedirect=false&redirect=http%3A%2F%2Fwww.aneel.gov.br%2Fregulacao-da-distribuicao%3Fp_p_id%3D101_INSTANCE_nHNpDfkNeRpN%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_mode%3Dview%26p_p_col_id%3Dcolumn-2%26p_p_col_count%3D4). Acesso em: 25 de abril de 2018.

ARAUJO, J. L. e OLIVEIRA, A. *Diálogos da energia: Reflexões sobre a última década, 1994-2004*. 7 Letras, 2005. 250 p.

BARROS, B. F.; BORELLI, R.; GEDRA, R. L. *Geração, transmissão e consumo de energia elétrica*. 1. ed. São Paulo: Érica, 2014.

BIASOTTO, E. *Um procedimento de análise para repotenciação de linhas de subtransmissão de 34,5 KV para 69,5 KV*. São Carlos, 2009, p.134. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

BRASIL. Decreto nº 2.335, de 6 de outubro de 1997. *Constitui a agência nacional de energia elétrica-ANEEL*. Brasília, 1997.

\_\_\_\_\_. *Boletim mensal de monitoramento do sistema elétrico brasileiro*. Brasília, 2018. Disponível em: <  
[http://www.mme.gov.br/documents/1138781/1435504/Boletim+de+Monitoramento+do+Sistema+El%C3%A9trico+-+Fevereiro+-+2018\\_rev1.pdf/ab245323-e28c-42ce-a076-69b7fd8a9243](http://www.mme.gov.br/documents/1138781/1435504/Boletim+de+Monitoramento+do+Sistema+El%C3%A9trico+-+Fevereiro+-+2018_rev1.pdf/ab245323-e28c-42ce-a076-69b7fd8a9243). Acesso em: 25 de abril de 2018

\_\_\_\_\_. *Entenda como a energia elétrica chega a sua casa*. Brasília, 2014. Disponível em: < <http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2014/08/entenda-como-a-energia-eletrica-chega-a-sua-casa>. Acesso em: 25 de abril de 2018.

BRUNI, A. L; RUBENS, F. *As Decisões de Investimentos - Com aplicações na HP12C e Excel*. São Paulo: Atlas, 2003.

CAMPITELLI, E. M. *Análise e estudos para alocação e ajustes de dispositivos de proteção em redes de média tensão de energia elétrica com geração distribuída*. Ilha Solteira, 2007. 99 f Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira.

CELLARD, A. A análise documental. In: POUPART, J. et al. A pesquisa qualitativa: enfoques epistemológicos e metodológicos. Petrópolis, Vozes, 2008.

CEMIG. Companhia Energética de Minas Gerais. *Cemig geração e transmissão*. Belo Horizonte, 2018. Disponível em:<  
[http://ri.cemig.com.br/static/ptb/cemig\\_geracao\\_transmissao.asp?idioma=ptb](http://ri.cemig.com.br/static/ptb/cemig_geracao_transmissao.asp?idioma=ptb).  
 Acesso em: 24 de abril de 2018.

\_\_\_\_\_. *Earnings release: Cemig GT*. Belo Horizonte, 2018. Disponível em:<  
[http://cemig.foinvest.com.br/ptb/8828/Earnings\\_Release\\_Cemig\\_GT.pdf](http://cemig.foinvest.com.br/ptb/8828/Earnings_Release_Cemig_GT.pdf). Acesso  
 em: 24 de abril de 2018.

\_\_\_\_\_. *Transmissão*. Belo Horizonte, 2018. Disponível em:<  
[https://www.cemig.com.br/pt-br/a\\_cemig/nossos\\_negocios/Paginas/transmissao.aspx](https://www.cemig.com.br/pt-br/a_cemig/nossos_negocios/Paginas/transmissao.aspx). Acesso em: 25 de abril de 2018.

DIAS, Edimilson José. *Inspeção filmada em redes de distribuição aéreas de energia elétrica*. Belo Horizonte, 2009. Disponível em:<  
<http://www.abraman.org.br/arquivos/129/129.pdf>. Acesso em: 20 de abril de 2018.

ELETROBRÁS. *Desempenho do Sistema de Distribuição*. Rio de Janeiro. Editora Campos. Volume 4. 160p. 1982.

FONSECA, Ana. Et. al. Encontro Luso-brasileiro de degradação de estruturas de Betão, 2, 2016, Lisboa. *Aplicação de metodologias processamento digital de imagens à inspeção visual de obras engenharia*. Lisboa, 2016. Disponível em:<  
[https://www.researchgate.net/profile/Maria\\_Henriques5/publication/317620960\\_APLICACAO\\_DE\\_METODOLOGIAS\\_DE\\_PROCESSAMENTO\\_DIGITAL\\_DE\\_IMAGENS\\_A\\_INSPECAO\\_VISUAL\\_DE\\_OBRAS\\_DE\\_ENGENHARIA/links/5944102caca2722db49d0ed9/APLICACAO-DE-METODOLOGIAS-DE-PROCESSAMENTO-DIGITAL-DE-IMAGENS-A-INSPECAO-VISUAL-DE-OBRAS-DE-ENGENHARIA.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Maria_Henriques5/publication/317620960_APLICACAO_DE_METODOLOGIAS_DE_PROCESSAMENTO_DIGITAL_DE_IMAGENS_A_INSPECAO_VISUAL_DE_OBRAS_DE_ENGENHARIA/links/5944102caca2722db49d0ed9/APLICACAO-DE-METODOLOGIAS-DE-PROCESSAMENTO-DIGITAL-DE-IMAGENS-A-INSPECAO-VISUAL-DE-OBRAS-DE-ENGENHARIA.pdf). Acesso em: 20 de junho de 2018.

FONSECA, J. J. S. Metodologia da pesquisa científica. Fortaleza: UEC, 2002.

FRANZEN, G. *Análise para elaboração de um programa de condições e meio ambiente de trabalho em construções de linhas de subtransmissão de energia*. Ijuí, 2014. Disponível:<  
[http://bibliodigital.unijui.edu.br:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/2172/00\\_TCC.pdf?sequence=1](http://bibliodigital.unijui.edu.br:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/2172/00_TCC.pdf?sequence=1). Acesso em: 26 de abril de 2018.

GIL, Antonio Carlos. *Como elaborar projetos de pesquisa*. São Paulo: Atlas, 2010.  
HELDWEIN, M. L. *Introdução às redes de distribuição Eletrônica de Potência para Redes Ativas de Distribuição*. Santa Catarina, 2012. Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em:< <http://heldwein.prof.ufsc.br/files/2012/09/Aula-05-Sistemas-de-distribuicao.pdf> Acesso em: 25 de setembro de 2018.

JACOBSEN, Luíza Rocha. *Drones: A evolução da tecnologia militar e os desafios do direito internacional humanitário*. Brasília, 2014, p.60. Monografia (Graduação em Direito) – Faculdade de Direito, Universidade de Brasília.

KAGAN, N.; OLIVEIRA, C. C. B.; ROBBA, E. J. *Introdução aos Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica*. São Paulo: Edgard Blucher, 2005. 328p

KUHNEN, O. L; BAUER, U. R. *Matemática Financeira Aplicada e Análise de Investimentos*. 6ª edição. São Paulo: Atlas, 1996.

LAKATOS, Eva Maria, MARCONI, Marina de Andrade. *Metodologia científica*. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2001.

LIMA FILHO, A. S. *Manutenção em redes de distribuição de energia elétrica*. Lages, 2015 p.78. Relatório de estágio (Engenharia Elétrica) – Universidade do Planalto Catarinense.

MELO, M. V. E. S. *Linhas de transmissão e descargas atmosféricas: análise de avarias, perdas técnico-financeiras e sistemas de proteção*, Brasília, 2016. UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA Faculdade de Tecnologia Departamento de Engenharia Elétrica.

NAPOLEÃO, N. *Drones na inspeção de redes de energia elétrica*. São Paulo, 2016. Disponível:< <http://doctordrone.com.br/drones-na-inspecao-de-linhas-de-energia/>. Acesso em: 26 de abril de 2018.

ONS. Operador Nacional do Sistema Elétrico. *O sistema interligado nacional*. Brasília, 2018. Disponível em:< <http://ons.org.br/pt/paginas/sobre-o-sin/o-que-e-o-sin>. Acesso em: 24 de abril de 2018.

\_\_\_\_\_. *Notas técnicas do ONS relativas aos serviços de transmissão*. Brasília, 2018. Disponível em:< <http://ons.org.br/pt/paginas/energia-no-futuro/transmissao>. Acesso em: 24 de abril de 2018.

\_\_\_\_\_. *Sistemas isolados*. Brasília, 2018. Disponível em:<  
<http://ons.org.br/pt/paginas/sobre-o-sin/sistemas-isolado>. Acesso em: 24 de abril de 2018.

PAZZINI, L. H. A. et. al. *Inspeção de cooperativas de eletrificação rural de São Paulo – um passo para regularização*, 2003. Disponível em:<  
[http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC0000000022000000100041&script=sci\\_arttext](http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC0000000022000000100041&script=sci_arttext). Acesso em: 25 de abril de 2018.

POLIT, D. F.; et. al.. *Fundamentos de pesquisa em enfermagem: métodos, avaliação e utilização*. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

RANGEL, R. K. Brazilian symposium on aerospace Eng. & applications, 3, 2009, São José dos Campos. *Sistema de inspeção de linhas de transmissão de energia elétrica utilizando veículos aéreos não-tripulados*. São José dos Campos: ABB September,2009. P.14-16.

REIS, Lineu Belico dos ; SILVEIRA, Semida. *Energia Elétrica para o desenvolvimento sustentável: introdução de uma visão multidisciplinar*. 2 ed – São Paulo: Editora Universidade de São Paulo, 2001.

RICHARDSON, Roberto Jarry. *Pesquisa social, métodos e técnicas*. 3 Ed. São Paulo: Atlas, 2010. p.344.

RONCOLATTO, R. A. Redes subterrâneas. In: Seminário de Redes Subterrâneas de Condomínios: Associação Catarinense de Engenharia, 3, 2012, Florianópolis. *Inspeção preventiva de redes elétricas de distribuição subterrânea em condomínios*. Florianópolis: Atitude editorial, 2012. p. 50-55.

SANTANA, T. S. et. al. Soluções para o desenvolvimento do país. In: Congresso Internacional Sodebras, 12, 2016, Belo Horizonte. *A termografia aplicada à manutenção de transformadores de potência a seco*. Belo Horizonte: Anais do XXXVI, 2017. p. 155-160.

SANTIAGO, P. M. e SILVA, E. D. *Termografia aplicada em redes de distribuição*. Belo Horizonte, 2016. Disponível em:<  
[http://www.ceel.eletrica.ufu.br/artigos/ceel2016\\_artigo084\\_r01.pdf](http://www.ceel.eletrica.ufu.br/artigos/ceel2016_artigo084_r01.pdf). Acesso em: 25 de abril de 2018.

SENAI. Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial. *Eletricidade*. São Paulo: SENAI-SP Editora, 2014.

VERATTI A. B. *Sistema Básico de Inspeção Termográfica - Um novo patamar na relação custo / benefício em Termografia*. 2011. WEG, 2010. Manual Transformadores Seco. , p.26.

VERGARA, Sylvia Constant. *Projetos e relatórios de pesquisa em administração*. 9 ed. São Paulo: Atlas, 2007.

Werneck M.M., et. al. UFRJ1 E.P. *Desenvolvimento de Sistema de Supervisão de Vandalismo em Isoladores de Linhas de Transmissão*. Rio de Janeiro, 2008. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Disponível em:< <http://www.mfap.com.br/pesquisa/arquivos/20081124115948-110.pdf> 2008. Acesso em: 25 de setembro de 2018.

ZANETTA JÚNIOR, Luiz Cera. *Fundamentos de sistemas elétricos de potência*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006.

## ANEXO A - DADOS TÉCNICOS DA CEMIG COM RELAÇÃO A INSPEÇÃO



CLASSIFICAÇÃO: RESERVADO

Ilmo(a) Sr(a)  
Lishany Vasconcelos Oliveira Satos  
Rua Maria Celeste Nascimento Reiter - 146, Cs  
39801-466 - Teófilo Otoni – MG

Nossa Referência: NS 1121125268 Data: 14/11/2018  
Sua Referência: Carta recebida em 12/11/2018  
Assunto: Solicitação

Prezado(a) Senhor(a):

Registramos o recebimento da correspondência através da qual V. Sa. solicita informações referentes a Inspeção em Linhas de Subtransmissão na região de Teófilo Otoni, , Poté – Novo Cruzeiro, Poté – Malacacheta, Carlos Chagas – Nanuque, Aguas Formosas – Padre Paraíso, Padre Paraíso – Itaobim e Araçuaí 2 – Padre Paraíso.

Sobre o assunto, respondemos os seguintes questionamentos:

### Quais as linhas de subtransmissão que compõe a malha de Teófilo Otoni?

Por distribuição geográfica, as mais próximas de Teófilo Otoni são: Frei Inocência a Teófilo Otoni, Gov. Valadares a Teófilo Otoni, Poté a Teófilo Otoni, Malacacheta a Poté, Novo Cruzeiro a Poté, Carlos Chagas a Teófilo Otoni, Carlos Chagas a Nanuque, Padre Paraíso a Teófilo Otoni, Águas Formosas a Padre Paraíso, Araçuaí a Padre Paraíso, Itaobim a Padre Paraíso.

### Qual a tensão, o material da torre e a extensão destas linhas?

- Frei Inocência a Teófilo Otoni – 138 Kv, torres de madeira, cabo 4/0 (CAA 107 mm<sup>2</sup>), 92 km de extensão, 330 estruturas.
- Gov. Valadares a Teófilo Otoni – 138 kv, torres metálicas, cabo CAA 336 mm<sup>2</sup>, 125 km de extensão, 292 estruturas.
- Poté a Teófilo Otoni – 69 kv, torres metálicas, cabo 4/0 (CAA 107 mm<sup>2</sup>), 29 km de extensão, 62 estruturas.
- Malacacheta a Poté – 69 kv, torres de madeira, cabo 2 AWG, 45 km de extensão, 143 estruturas.
- Novo Cruzeiro a Poté – 69 kv, torres metálicas, cabo 4/0 (CAA 107 mm<sup>2</sup>), 45 km de extensão, 106 estruturas.
- Carlos Chagas a Teófilo Otoni – 138 kv, torres metálicas, cabo 4/0 (CAA 107 mm<sup>2</sup>), 92 km, 204 estruturas.
- Carlos Chagas a Nanuque – 138 kv ,torres metálicas, cabo 4/0 (CAA 107 mm<sup>2</sup>), 45 km, 111 estruturas.

- Padre Paraíso a Teófilo Otoni – 138 kv, torres metálicas, cabo 4/0 (CAA 107 mm<sup>2</sup>), 90 km, 179 estruturas.
- Águas Formosas a Padre Paraíso – 69 kv, torres de madeira, cabo 2 AWG, 64 km de extensão, 205 estruturas.
- Araçuaí a Padre Paraíso – 138 kv , 138 kv, torres metálicas, cabo 4/0 (CAA 107 mm<sup>2</sup>), 64 km, 138 estruturas.
- Itaobim a Padre Paraíso - - 138 kv , 138 kv, torres metálicas, cabo 4/0 (CAA 107 mm<sup>2</sup>), 60 km, 143 estruturas.

### **Quais tipos de inspeções são realizados nestas linhas?**

Inspeção detalhada terrestre, com e sem subida. Na CEMIG há uma instrução para esse trabalho, a MT-LD-00033 (Inspeção Terrestre Detalhada em Linhas de Distribuição Aéreas), constando o detalhamento de itens a serem inspecionados de modo que toda a força de trabalho da CEMIG realizem tal inspeção de maneira padronizada. Além de conter uma análise de risco de tal tarefa com seus respectivos controles.

Inspeção aérea com uso de helicóptero, onde é adaptada uma câmera de termo-visão, que faz a leitura da temperatura da linha e registra anomalias técnicas.

### **Quais as recorrências, que levam a realizar inspeções nestas linhas?**

Os defeitos mais recorrentes são:

Levantamento da situação da faixa, podridão dos componentes da estrutura, corrosão nas torres e isoladores, vandalismo (com quebra de isoladores, furto de fio de descida, furto de treliças), erosão no terreno nas proximidades do pé da torre, aceiro, via de acesso, situação do cabo condutor, espiras rompidas nele e no cabo para raio.

A análise de risco é feita pela equipe em três etapas: Preliminar, análise de risco e análise pós tarefa. Todas essas etapas são evidenciadas com data e assinatura dos participantes diariamente, em formulário próprio e arquivadas pela empresa. É uma determinação legal da NR-10, toda atividade no SEP seja antecedida pela análise de risco.

Antes de sair para o campo: no momento de preparação (Análise preliminar de risco) contemplando riscos que a equipe será submetido, lista de materiais, riscos ao separar materiais, provisionamento, dimensionamento da equipe, dimensionamento de materiais, nivelamento da equipe antes de sair para o campo e etc..

No pé da estrutura (Análise de risco): é contemplado os riscos adicionais não previstos na análise preliminar, os riscos propriamente ditos da atividade (e seus controles), como queda de altura, choque elétrico, radiação solar, ataque de animais, multas e acidentes de trânsito, falha na comunicação, entre outros...

E é realizado a análise pós tarefa, onde é descrito e discutido pela equipe o andamento da atividade, pontos positivos e negativos, se o dimensionamento foi adequado, houve incidentes, todas as ferramentas permanecem em boas condições de uso, e afins.

### Exemplo de relatório de inspeção aérea.

inspeção aérea 2018 concluído - (Salvo automaticamente).xslm - Excel

ARQUIVO PÁGINA INICIAL INSERIR LAYOUT DA PÁGINA FÓRMULAS DADOS REVISÃO EXIBIÇÃO

Colar Fonte Alinhamento Número Estilo Células

G23 FAZER FAIXA NO VÃO

| ESTRUTURA |      | SERVIÇO A EXECUTAR |      |     |  | OBSERVAÇÃO | DECISÃO |   |       |    |    |    |    |
|-----------|------|--------------------|------|-----|--|------------|---------|---|-------|----|----|----|----|
| Nº        | a Nº | TIPO               | FASE | ALT |  |            | M. OBRA | H | Nº OM | PR | LV | LM | LE |
| 03        |      | ANC                | C    |     | SUBSTITUIR 01 ISOLADOR QUEBRADO                    |            |         |   |       |    |    |    |    |
| 09        |      | SUS                | C/B  |     | SUBSTITUIR 01 ISOLADOR QUEBRADO                    |            |         |   |       |    |    |    |    |
| 30        |      | SUS                | C    |     | SUBSTITUIR 01 ISOLADOR QUEBRADO                    |            |         |   |       |    |    |    |    |
| 38        |      | ANC                | B    |     | SUBSTITUIR 01 ISOLADOR QUEBRADO                    |            |         |   |       |    |    |    |    |
| 44        |      | SUS                | C    |     | SUBSTITUIR 01 ISOLADOR QUEBRADO                    |            |         |   |       |    |    |    |    |
| 46        |      | ANC                |      |     | JUMPER COM CONECTORES DE APERTO                    |            |         |   |       |    |    |    |    |
| 12        |      |                    |      |     | CORTAR CIPÓ  |            |         |   |       |    |    |    |    |
| 16        |      |                    |      |     | FAZER FAIXA NO VÃO                                 |            |         |   |       |    |    |    |    |
| 21        |      | SUSP               | SOL  |     | SUBSTITUIR 01 ISOLADOR QUEBRADO                    |            |         |   |       |    |    |    |    |
| 33        |      | SUSP               |      |     | INSPECIONAR ARVORES NO VÃO                         |            |         |   |       |    |    |    |    |
| 37        |      | SUSP               |      |     | INSPECIONAR ARVORES(EUCALIPTOS) NO VÃO             |            |         |   |       |    |    |    |    |
| 39        |      | SUSP               |      |     | CORTAR CIPÓ  |            |         |   |       |    |    |    |    |
| 46        |      |                    |      |     | ESFERA SINALIZAÇÃO AEREA ABRINDO (TRAVESSIA DE BR) |            |         |   |       |    |    |    |    |
| 59        |      | SUS                | A    |     | SUBSTITUIR 01 ISOLADOR QUEBRADO                    |            |         |   |       |    |    |    |    |
| 62        |      | SUS                |      |     | INSPECIONAR ARVORES                                |            |         |   |       |    |    |    |    |
| 62        |      | SUS                | A    |     | SUBSTITUIR 01 ISOLADOR QUEBRADO                    |            |         |   |       |    |    |    |    |
| 63        |      | SUS                | A    |     | SUBSTITUIR 01 ISOLADOR QUEBRADO                    |            |         |   |       |    |    |    |    |
| 71        |      | ANC                | A    |     | SUBSTITUIR 01 ISOLADOR QUEBRADO                    |            |         |   |       |    |    |    |    |
| 72        | 75   |                    |      |     | RECEBER FAIXA DOS VÃOS                             |            |         |   |       |    |    |    |    |
| 82        |      | SUS                | C    |     | SUBSTITUIR 01 ISOLADOR QUEBRADO                    |            |         |   |       |    |    |    |    |
| 83        | 85   |                    |      |     | INSPECIONAR EUCALIPTOS                             |            |         |   |       |    |    |    |    |
| 92        | 91   |                    |      |     | INSPECIONAR EUCALIPTOS                             |            |         |   |       |    |    |    |    |
| 93        |      | SUS                | C    |     | SUBSTITUIR 01 ISOLADOR QUEBRADO                    |            |         |   |       |    |    |    |    |
| 100       | 102  |                    |      |     | INSPECIONAR EUCALIPTOS                             |            |         |   |       |    |    |    |    |

TOTU-PDP PDP-AUI AUI-MNV MNV-CAPELINHA POTE-MCH TOTU-POTE PC ...

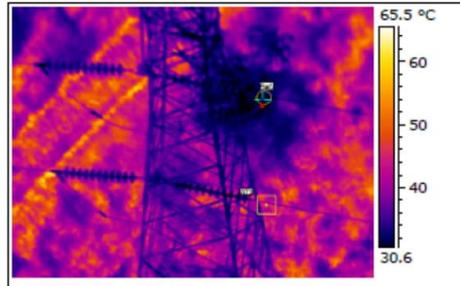
## Relatório de Inspeção Aérea Termográfica em Linhas - MD/MM

## IDENTIFICAÇÃO

|   |
|---|
| RIAT: 001 - 2018 - Leste 2 LD's               |
| Termografista: Edson Wander - 53516           |
| Linha: Padre Paraíso / Teófilo Otoni          |
| Sentido de voo: Teófilo Otoni / Padre Paraíso |
| Estrutura/Vão: 109                            |
| Condutor: Penguin 4/0                         |
| Fase: Inferior                                |
| Tensão: 138 kV                                |

## CONDIÇÕES

|  |
|--|
| Imagem.Data 11/09/2018                                       |
| Imagem.Hora 12:10:01   |
| Imagem.Tipo de Câmara FLIR SC660                             |
| Imagem.Número de Série 404004206                             |
| Certificado de Calibração: FLIR SC660                        |
| Calibrado em: Maio - 2018                                    |
| Imagem.Nome do arquivo 0016_Lt17*22.3649S-Ln041*31.4571W.jpg |



## ANÁLISE

|                 |           |
|-----------------|-----------|
| AT1 (°C): 66.1  | ΔT1: 31.9 |
| AT2 (°C): 0.0   | ΔT2: 0.0  |
| AT3 (°C): 0.0   | ΔT3: 0.0  |
| AT4 (°C): 0.0   | ΔT4: 0.0  |
| AT5 (°C): 0.0   | ΔT5: 0.0  |
| Ref. (°C): 34.2 |           |

## PARÂMETROS

|                           |
|---------------------------|
| Emissividade: 0.75        |
| Dist. Objeto (m): 23      |
| Temp.Atmosférica (°C): 20 |
| Umidade Rel. (%): 50      |
| Carga (%): 17             |
| Corrente COD: 69 A        |

## DESCRIÇÃO E LOCALIZAÇÃO DA ANOMALIA TÉRMICA

Anomalia térmica na pala do jumper da fase inferior, posterior a estrutura, conforme imagem e sentido de voo.

| Entre com os valores dos pesos de acordo com as tabelas ao lado |         |                      |        | ΔT (°C)     |      | % de Carga                             |      | Localização              |      |
|---|---------|----------------------|--------|-------------|------|--|------|--------------------------|------|
| ΔT  | % Carga | Localização          | *Total | Temp (°C)   | peso | Carreg (%)                             | peso | Tipo                     | peso |
| 5   | 15      | 9                    | 67,5   | <=10        | 2    | < 20                                   | 15   | Grampo Susp              | 150  |
|   |         |                      |        | >10 a <= 20 | 3    | > 20 e <= 30                           | 11   | Emenda Pref              | 13   |
|   |         |                      |        | >20 a <= 30 | 4    | > 30 e <= 40                           | 8    | Emenda Comp              | 11   |
|   |         |                      |        | >30 a <= 40 | 5    | > 40 e <= 50                           | 6    | Pala do Jumper           | 9    |
|   |         |                      |        | >40 a <= 50 | 6    | > 50 e <= 60                           | 5    | Emenda/conexão no Jumper | 8    |
|   |         |                      |        | >50 a <= 60 | 8    | > 60 e <= 70                           | 4    |                          |      |
|   |         |                      |        | >60 a <= 70 | 11   | > 70 e <= 80                           | 3    |                          |      |
|   |         |                      |        | >70         | 15   | > 80                                   | 2    |                          |      |
| <b>Intervenção imediata</b>                                     |         |                      |        | Intervalo   |      | Recomendação                           |      |                          |      |
|   |         |                      |        | <10         |      | Reavaliar anomalia na próxima inspeção |      |                          |      |
|   |         |                      |        | ≥10 <30     |      | Intervenção em até 90 dias             |      |                          |      |
|   |         |                      |        | ≥30 <50     |      | Intervenção em até 30 dias             |      |                          |      |
| ≥50   |         | Intervenção imediata |        |             |      |  |      |                          |      |

Nota: Este critério foi desenvolvido e aprovado pela MD/PE e MD/MM em 04/05/2017.

\*Resultados da Fórmula: (ΔT x % de carga x localização)/10

## RECOMENDAÇÕES:

**Atenção:** Conforme critérios estabelecidos pela MD/PE, a intervenção na anomalia térmica deverá ocorrer de forma imediata.

## Exemplo de relatório de inspeção aérea.

inspeção aérea 2018 concluído - (Salvo automaticamente).xlsm - Excel

ARQUIVO PÁGINA INICIAL INSERIR LAYOUT DA PÁGINA FÓRMULAS DADOS REVISÃO EXIBIÇÃO

Colar Arial 12 A A Geral

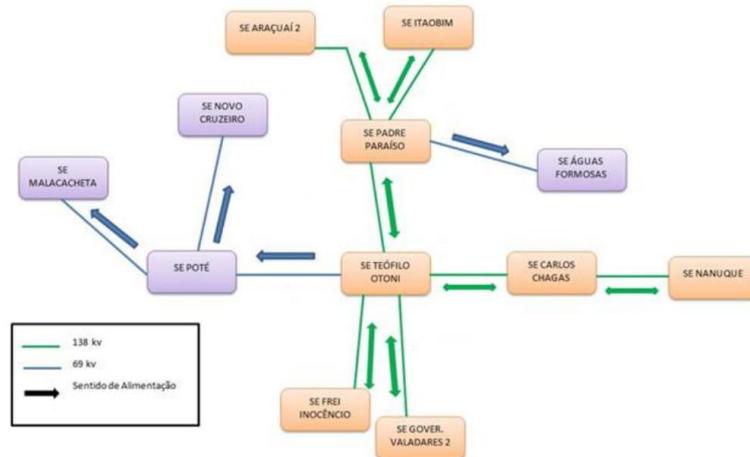
Área de Transferência Fonte Alinhamento Número

G23 FAZER FAIXA NO VÃO

| ESTRUTURA |      |      |      |     | SERVIÇO A EXECUTAR                                 | OBSERVAÇÃO | DECISÃO |   |       |    |    |    |
|-----------|------|------|------|-----|--|------------|---------|---|-------|----|----|----|
| Nº        | a Nº | TIPO | FASE | ALT |  |            | M. OBRA | H | Nº DM | PR | LY | LM |
| 03        |      | ANC  | C    |     | SUBSTITUIR 01 ISOLADOR QUEBRADO                    |            |         |   |       |    |    |    |
| 09        |      | SUS  | C/B  |     | SUBSTITUIR 01 ISOLADOR QUEBRADO                    |            |         |   |       |    |    |    |
| 30        |      | SUS  | C    |     | SUBSTITUIR 01 ISOLADOR QUEBRADO                    |            |         |   |       |    |    |    |
| 38        |      | ANC  | B    |     | SUBSTITUIR 01 ISOLADOR QUEBRADO                    |            |         |   |       |    |    |    |
| 44        |      | SUS  | C    |     | SUBSTITUIR 01 ISOLADOR QUEBRADO                    |            |         |   |       |    |    |    |
| 46        |      | ANC  |      |     | JUMPER COM CONECTORES DE APERTO                    |            |         |   |       |    |    |    |
| 12        |      |      |      |     | CORTAR CIPÓ  |            |         |   |       |    |    |    |
| 16        |      |      |      |     | FAZER FAIXA NO VÃO                                 |            |         |   |       |    |    |    |
| 21        |      | SUSP | SOL  |     | SUBSTITUIR 01 ISOLADOR QUEBRADO                    |            |         |   |       |    |    |    |
| 33        |      | SUSP |      |     | INSPECIONAR ARVORES NO VÃO                         |            |         |   |       |    |    |    |
| 37        |      | SUSP |      |     | INSPECIONAR ARVORES(EUCALIPTOS) NO VÃO             |            |         |   |       |    |    |    |
| 39        |      | SUSP |      |     | CORTAR CIPÓ  |            |         |   |       |    |    |    |
| 46        |      |      |      |     | ESFERA SINALIZAÇÃO AEREA ABRINDO (TRAVESSIA DE BR) |            |         |   |       |    |    |    |
| 59        |      | SUS  | A    |     | SUBSTITUIR 01 ISOLADOR QUEBRADO                    |            |         |   |       |    |    |    |
| 62        |      | SUS  |      |     | INSPECIONAR ARVORES                                |            |         |   |       |    |    |    |
| 62        |      | SUS  | A    |     | SUBSTITUIR 01 ISOLADOR QUEBRADO                    |            |         |   |       |    |    |    |
| 63        |      | SUS  | A    |     | SUBSTITUIR 01 ISOLADOR QUEBRADO                    |            |         |   |       |    |    |    |
| 71        |      | ANC  | A    |     | SUBSTITUIR 01 ISOLADOR QUEBRADO                    |            |         |   |       |    |    |    |
| 72        | 75   |      |      |     | RECEBER FAIXA DOS VÃOS                             |            |         |   |       |    |    |    |
| 82        |      | SUS  | C    |     | SUBSTITUIR 01 ISOLADOR QUEBRADO                    |            |         |   |       |    |    |    |
| 83        | 85   |      |      |     | INSPECIONAR EUCALIPTOS                             |            |         |   |       |    |    |    |
| 92        | 91   |      |      |     | INSPECIONAR EUCALIPTOS                             |            |         |   |       |    |    |    |
| 93        |      | SUS  | C    |     | SUBSTITUIR 01 ISOLADOR QUEBRADO                    |            |         |   |       |    |    |    |
| 100       | 102  |      |      |     | INSPECIONAR EUCALIPTOS                             |            |         |   |       |    |    |    |

TOTU-PDP PDP-AUI AUI-MNV MNV-CAPELINHA POTE-MCH TOTU-POTE PC ...

## Imagens de problemas na linha encontradas com inspeção e demais.



Imagens de problemas na linha encontradas com inspeção e demais.





**Como é realizada a análise de risco para inspeção.**

A análise de risco é feita pela equipe em três etapas: Preliminar, análise de risco e análise pós tarefa. Todas essas etapas são evidenciadas com data e assinatura dos participantes diariamente, em formulário próprio e arquivadas pela empresa. É uma determinação legal da NR-10, toda atividade no SEP seja antecedida pela análise de risco.

Antes de sair para o campo: no momento de preparação (Análise preliminar de risco) contemplando riscos que a equipe será submetido, lista de materiais, riscos ao separar materiais, provisionamento, dimensionamento da equipe, dimensionamento de materiais, nivelamento da equipe antes de sair para o campo, e etc..

No pé da estrutura (Análise de risco): é contemplado os riscos adicionais não previstos na análise preliminar, os riscos propriamente ditos da atividade (e seus controles), como queda de altura, choque elétrico, radiação solar, ataque de animais, multas e acidentes de trânsito, falha na comunicação, entre outros...

E é realizado a análise pós tarefa, onde é descrito e discutido pela equipe o andamento da atividade, pontos positivos e negativos, se o dimensionamento foi adequado, houve incidentes, todas as ferramentas permanecem em boas condições de uso, e afins.

À disposição de V.Sa., agradecemos.

Atenciosamente,

Gerência de Suporte aos Processos Comerciais

## ANEXO B – DADOS TÉCNICOS E FINANCEIROS DA CEMIIG COM RELAÇÃO A INSPEÇÃO



CLASSIFICAÇÃO: RESERVADO

Ilmo(a) Sr(a)  
Lishany Vasconcelos Oliveira Satos  
Rua Maria Celeste Nascimento Reiter - 146, Cs  
39801-466 - Teófilo Otoni – MG

Nossa Referência: NS 1120759830

Data: 06/11/2018

Sua Referência: Carta recebida em 31/10/2018

Assunto: Solicitação

Prezado(a) Senhor(a):

Registramos o recebimento da correspondência através da qual V. Sa. solicita informações referentes a Inspeção em Linhas de Subtransmissão na região de Teófilo Otoni, , Poté – Novo Cruzeiro, Poté – Malacacheta, Carlos Chagas – Nanuque, Aguas Formosas – Padre Paraíso, Padre Paraíso – Itaobim e Araçuaí 2 – Padre Paraíso:

Sobre o assunto, prestamos as seguintes informamos, conforme os tópicos solicitados:

Os tipos de inspeções realizadas nessas Linha são Inspeções aéreas, terrestre com subida e terrestre sem subida.

### **Custo financeiro:**

Esclarecemos que o custo financeiro arcado pela Cemig com cada tipo de inspeção em Linhas de Distribuição e as variáveis consideradas nas Linhas citadas, os custos das inspeções terrestres, são de acordo com o tipo, conforme a seguir:

- Terrestres com subida: R\$ 485.000,00/ano
- Terrestres sem subida: R\$ 194.000,00/ano

Para definir a periodicidade de inspeção em Linhas, em geral, usa-se o intervalo de 02 anos e para Linhas com estruturas de madeira e 03 anos Linhas com estrutura de concreto e metálica.

Para definição do intervalo de tempo entre inspeções de uma Linha de Distribuição é necessário um conhecimento preciso de seu desempenho. Um estudo detalhado de diversos fatores definirá uma periodicidade de inspeção que assegure um desempenho adequado e uma manutenção preditiva e preventiva eficazes, sem desperdício de mão-de-obra.

### **Fatores a serem observados para definição da periodicidade de inspeções:**

- Histórico de falhas transitórias e permanentes da Linha de Distribuição considerando o nível cerâmico da região (frequência e intensidade de descargas atmosféricas), ventos, poluição e posição geográfica (urbana, rural, área de concentração demográfica, acesso, topografia e corrosão);

- Material das estruturas (madeira, metal ou concreto) e características eletromecânicas (ferragens, condutores, para-raios, isoladores e aterramento);
- Tempo de operação (grau de degradação física, reformas, manutenções, envelhecimento e surgimento de novos problemas);
- Importância da Linha de Distribuição (malha principal, secundária, quantidade de consumidores, carregamento e condições de operação).

**Sobre o custo anual de inspeção aérea para a Cemig e quais as variáveis são levadas em consideração:**

O custo médio para inspecionar as Linhas relacionadas é de 35.000,00/ano.

Na inspeção aérea são consideradas a rapidez da execução, bem como, é também utilizada a inspeção termográfica.

**Sobre Inspeção com Drones:**

Na Cemig, não é utilizada a inspeção com drones.

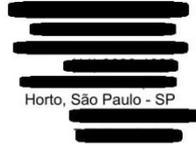
Essa questão ainda está em estudo, pela Engenharia da Empresa, onde estão verificando a praticidade e custo.

À disposição de V.Sa., agradecemos a compreensão.

Atenciosamente,

Gerência de Suporte aos Processos Comerciais

## ANEXO C – PRPOSTA DIDÁTICA/ACADÊMICA DA EMPRESA A



### Proposta Comercial Nº 14116

Para  
LISHANY VASCONCELOS

LOCAL DO SERVIÇO: linhas de subtransmissão da região de Teófilo Otoni - MG.  
DATA: NA.  
NF: Inclusa no valor;

Teófilo Otoni a Carlos Chagas - 92.3 km com 204 torres metálicas- Linha 138 kv  
Teófilo Otoni a Governador Valadares - 125 km com 292 torres metálicas - Linha 138 kv  
Teófilo Otoni a Frei Inocêncio - 92.17 km com 330 torres de madeira - Linha 138 kv  
Teófilo Otoni a Poté - 29.87 km com 62 torres metálicas - Linha 69 kv  
Poté a Novo Cruzeiro - 45.38 km com 106 torres metálicas - Linha 69 Kv  
Poté a Malacacheta - 45.9 km com 141 torres de madeira - Linha 69kv  
Carlos Chagas a Nanuque - 45.7 km com 111 torres metálicas - Linha 138kv  
Padre Paraíso a Águas Formosas - 63.9 km com 204 torres de madeira- Linha 69 kv  
Padre Paraíso a Itaobim - 60.3 km com 205 torres metálicas - Linha 138 kv  
Padre Paraíso a Araçuaí - 63.73 km com 138 torres metálicas - 138 kv

Esse serviço captará fotos e vídeos em até 4k.  
Realizadas de diversos ângulos e alturas, conforme necessidade do cliente e viabilidade técnica.

#### Itens de produto ou serviço

| Item   | Cód (SKU) | NCM | Qtd  | Un | Preço un               | Total      |
|--|-----------|-----|------|----|------------------------|------------|
| TORRES   |           |     | 1,00 |    | 380.000,00             | 380.000,00 |
| LINHAS   |           |     | 1,00 |    | 463.000,00             | 463.000,00 |
| Número de itens: 2<br>Soma das quantidades: 2,00 |           |     |      |    | <b>Total dos itens</b> | 843.000,00 |

#### Outros itens ou serviços

|   |      |
|---|------|
| <p><b>FORMAS DE PAGAMENTO</b></p> <p><b>Drone Visual optantepelo simples Nacional</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pagamento à vista (transferência bancário ou boleto à vista)</li> <li>• Faturado para até 30DDL, mediante consulta do CNPJ (transferência bancária, boleto a vista)</li> <li>• Parcelado via PagSeguro ematé 12x com acréscimo de <b>2,99%</b> por parcela</li> </ul> <p><b>DADOS PARA DEPÓSITO</b></p> <p>Conta [REDACTED]<br/>CNPJ: [REDACTED]<br/>[REDACTED]<br/>[REDACTED]</p> |      |
| <b>Total outros itens</b>   | 0,00 |

| Data       | Total dos itens | Total da proposta |
|------------|-----------------|-------------------|
| 01/11/2018 | 843.000,00      | 843.000,00        |

#### Condições comerciais

|             |
|-------------|
| OBSERVAÇÕES |
|-------------|

- A diária poderá ser reagendada com até 24 horas de antecedência, por motivos de chuva ou ventos de grande intensidade e não acarreta ônus ao cliente.
- Nossos equipamentos estão todos regulamentados nos órgãos competentes: ANAC e ANATEL;
- A operação em cada localidade depende de aprovação do DECEA, as solicitações serão encaminhadas pela Drone Visual ao órgão regulador para aprovação após o entendimento de todo o projeto com o cliente, lembrando que a operação pode ser negada.
- A Drone Visual atua em conformidade com a regulamentação e está devidamente homologada e cadastrada junto aos órgãos ANAC, ANATEL e DECEA.  
Antes de contratar serviços especializados confirme se o prestador de serviços é uma empresa que cumpre com todas as exigências regulatórias.  
Empresas que contratam serviços e voos irregulares são coniventes e solidárias a esta operação com responsabilidade civil e penal em caso de acidentes!

#### RESTRIÇÕES DE VOO

- Falta de sinal de satélite para voos que necessitem de GPS;
- Voar em área sem contato visual do piloto com o Drone;
- Sobrevoos em grandes centros/cidades, precisamos fazer uma vistoria prévia do local para verificar o tráfego aéreo;
- Áreas com alta interferência de ondas eletromagnéticas, como torres de transmissão de TV;
- Voos próximos a pessoas ou em áreas de risco, caberá ao piloto realizar ou não ao seu critério o voo;
- Conforme regulamentação da Anac, a altura máxima permitida é de 120 metros e 30 metros de distância de pessoa;

#### Condições gerais

|                             |         |
|-----------------------------|---------|
| <b>Validade da proposta</b> | 30 dias |
|-----------------------------|---------|

Atenciosamente,

██████████ Departamento de Vendas

## ANEXO D – PRPOSTA DIDÁTICA/ACADÊMICA DA EMPRESA B



Pré-orçamento Nº 1539458807

São Paulo, 13 de outubro de 2018 16:26:47

### Apresentação

A [REDACTED] possui uma rede de pilotos em todo o Brasil, oferecendo a você e sua empresa, um serviço de qualidade e segurança garantidas em contrato, respeitando sempre a Regulamentação. Nossos pilotos são qualificados e treinados para realizar seu voo com segurança, alta qualidade, 100% dentro da lei.

**Solicitação para:** Lishany Vasconcelos Oliveira Santos

**Data da ação:** 20 de dezembro de 2018

**Local da ação:**

- Teófilo Otoni a Carlos Chagas - 92.3 km com 204 torres metálicas- Linha 138 KV
- Teófilo Otoni a Governador Valadares - 125 km com 292 torres metálicas - Linha 138 KV
- Teófilo Otoni a Frei Inocêncio - 92.17 km com 330 torres de madeira - Linha 138 KV
- Teófilo Otoni a Poté - 29.87 km com 62 torres metálicas - Linha 69 KV
- Poté a Novo Cruzeiro - 45.38 km com 106 torres metálicas - Linha 69 KV
- Poté a Malacacheta - 45.9 km com 141 torres de madeira - Linha 69 KV
- Carlos Chagas a Nanuque - 45.7 km com 111 torres metálicas - Linha 138KV
- Padre Paraíso a Águas Formosas - 63.9 km com 204 torres de madeira- Linha 69 KV
- Padre Paraíso a Itaobim - 60.3 km com 205 torres metálicas - Linha 138 KV
- Padre Paraíso a Araçuaí - 63.73 km com 138 torres metálicas - 138 KV

**Plano oferecido:** Plus Max Drone – **Validade:** 20 dias corridos

**Descrição:** Realizar inspeção com drone descritas no local da ação

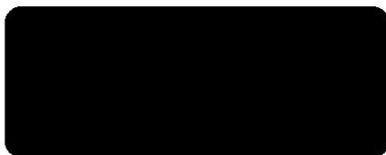
### Estimativa de Investimento:

**R\$526.000,00** à vista ou em 3 parcelas sem juros

Este pré-orçamento trata-se de uma estimativa de custos, os valores aqui informados podem sofrer alterações, de acordo com análise obrigatória de viabilidade e riscos para seu projeto.

### Diferenciais

PJ fundada em 2002 com **EXCLUSIVA GARANTIA DE QUALIDADE** em contrato;  
 Trabalhamos **APENAS** com pilotos profissionais, treinados e experientes;  
**Diretor** de vídeo e Equipe de **edição e arte**, para impressionar em seu vídeo;  
 Analisamos **cada projeto** com nossa equipe de Marketing para atingir **seu objetivo**;  
 Seguro contra terceiros e **Análise de risco** para **TODOS** os projetos realizados;  
 Melhor **custo x benefício** do mercado. Respeitamos e seguimos a regulamentação!





**ANEXO E – PRPOSTA DIDÁTICA/ACADÊMICA DA EMPRESA C**

**PROPOSTA – DIDÁTICO/ACADÊMICA**



*NOVEMBRO/2018*



## PROPOSTA COMERCIAL DE SERVIÇO DE INSPEÇÃO AÉREA DE LINHAS DE DISTRIBUIÇÃO, UTILIZANDO DRONE

**Para:** Trabalho acadêmico (Faculdades Unificadas de Teófilo Otoni)

**Curso:** Engenharia Elétrica

**Aos cuidados de:** Lishany Vasconcelos Oliveira Santos

Sra. Lishany, atendendo à sua solicitação, segue abaixo, proposta comercial didática para realização de Inspeção Aérea em Linhas de Distribuição de 69 kV a 138 kV na regional leste (Teófilo Otoni e região), utilizando DRONE, através da Empresa Natanael Carvalho-ME (CTST-Centro de Treinamento e Serviços Técnicos) CNPJ: 28.916.584/0001-69.

### SERVIÇO:

Inspeção aérea em Linhas de Distribuição de 69 Kv a 138 kV, utilizando Drones, com fotos e ou filmagens de acordo com planejamento e programa de inspeções entre as partes (contratante e contratada).

### Itens a serem inspecionados (fotografados):

- a. Cadeia de isoladores completa.
- b. Conexões.
- c. Condutores (em casos especiais).
- d. Estrutura metálica (casos especiais).
- e. Partes de estrutura de madeira.

### Observações:

- Média de 5 a 10 fotos válidas por estrutura em resolução 4k.
- Pode-se considerar casos especiais para filmagens em 4 k, a tratar com a Empresa contratante.
- Os resultados das inspeções serão disponibilizados para a contratante que avaliará o material e utilizará as fotos/filmagens para demanda de serviços e correções através de manutenção específica nos circuitos inspecionados.
- Os aplicativos ou programas digitais para visualização dos materiais disponibilizados serão definidos pela contratante, de acordo com os critérios do setor de TI da Empresa e configuração dos programas e softwares disponíveis.
- Os valores aqui apresentados refletem a realidade praticada na prestação deste tipo de serviço.

### Local de realização:

Instalações da Empresa CEMIG DISTRIBUIÇÃO S.A. (Leste, Teófilo Otoni-MG e região), e no SEP da concessão regional, como especificado nessa proposta.

As Linhas de Distribuição que estão sendo analisadas são as seguintes:

#### 1. Teófilo Otoni a Carlos Chagas

- 92.3 km com 204 torres metálicas - Linha 138 kV.
- Média de 450 metros-vão.
- Média de 25 torres por dia.
- Tempo: 8 dias úteis
- Valor do trecho: R\$ 35.000,00



CNPJ: 

**2. Teófilo Otoni a Governador Valadares**

- 125 km com 292 torres metálicas - Linha 138 kV.
- Média de 428 metros-vão.
- Média de 25 torres por dia.
- Tempo: 12 dias
- Valor do trecho: R\$ 50.000,00

**3. Teófilo Otoni a Frei Inocêncio**

- 92.17 km com 330 torres de madeira - Linha 138 kV.
- Média de 450 metros-vão.
- Média de 25 torres por dia.
- Tempo: 13 dias
- Valor do trecho: R\$ 54.500,00

**4. Teófilo Otoni a Poté**

- 29.87 km com 62 torres metálicas - Linha 69 kV.
- Média de 481 metros-vão.
- Média de 25 torres por dia.
- Tempo: 3 dias
- Valor do trecho: R\$ 15.000,00

**5. Poté a Novo Cruzeiro**

- 45.38 km com 106 torres metálicas - Linha 69 KV.
- Média de 428 metros-vão.
- Média de 25 torres por dia.
- Tempo: 5 dias
- Valor do trecho: R\$ 23.500,00

**Poté a Malacacheta**

- 45.9 km com 141 torres de madeira - Linha 69kV.
- Média de 325 metros-vão.
- Média de 25 torres por dia.
- Tempo: 6 dias
- Valor do trecho: R\$ 27.000,00

**6. Carlos Chagas a Nanuque**

- 45.7 km com 111 torres metálicas - Linha 138kV.
- Média de 411 metros-vão
- Média de 25 torres por dia.
- Tempo: 5 dias
- Valor do trecho: R\$ 23.500,00

**Padre Paraíso, a Águas Formosas**

- 63.9 km com 204 torres de madeira- Linha 69 kV.
  - Média de 313 metros-vão.
  - Média de 25 torres por dia.
  - Tempo: 9 dias
  - Valor do trecho: R\$ 40.500,00
- 

CNPJ: [REDACTED]

**Padre Paraíso, a Itaobim**

- 60.3 km com 205 torres metálicas - Linha 138 kV.
- Média de 297 metros-vão.
- Média de 25 torres por dia.
- Tempo: 9 dias
- Valor do trecho: R\$ 40.500,00

**Padre Paraíso, a Araçuaí**

- 63.73 km com 138 torres metálicas - 138 kV.
- Média de 461 metros-vão.
- Média de 25 torres por dia.
- Tempo: 6 dias
- Valor do trecho: R\$ 27.000,00

**Valor total: R\$ 336.500,00****Considerações para orçamento, de acordo com os trechos acima, considerando ainda os relevos dos trechos:**

- Elevações e morros (relevo) por trecho. Média de 80% de morros por trechos;
- Condições atmosféricas favoráveis;
- Velocidade de ventos considerada normal (média de 20 km/h)
- Somente fotos;
- Utilização de um Drone;
- Disponibilidade de um veículo da empresa contratante;
- Disponibilidade de um profissional que conheça os acessos e deslocamentos;
- Carga horária média de inspeção efetiva **por dia**, desconsiderando deslocamentos, planejamentos, deslocamentos, alimentação, avaliações, correções, etc.: **5 horas**.
- Acessibilidade das propriedades e estradas;

**Variantes que poderão influenciar no tempo de execução dos trabalhos e no valor:**

- Serviços de filmagens e fotos. Serviços com filmagens altera o valor para mais.
- Somente fotos, os valores são mais baratos como no presente orçamento.
- Número de circuitos (alimentadores) a serem inspecionados, Km de LTs a serem inspecionados (aproximado) e o número de LTs a serem inspecionadas também podem influenciar no preço. Quanto maior o número de torres a serem inspecionadas, mais pode-se abater nos preços praticados, como um desconto por demanda maior de serviços.
- Os acessos terrestres: bom, regular ou ruim.
- Solicitação do técnico de inspeção. Verificar com o Técnico de inspeção, qual a demanda. Exemplo: Itens de inspeção:
  - ✓ Cadeia de isoladores completa.
  - ✓ Conexões.
  - ✓ Estrutura de madeira (cruzetas e ponta de postes). Não inspecionar pé de poste.
  - ✓ Condutores (casos especiais demandados pelos Técnicos de Inspeção).
  - ✓ Estrutura (torre) metálica em casos especiais.
- Meteorologia no período: chuvoso, ensolarado ou Nublado.
- Número de Drones e de Técnicos da CTST disponíveis para inspeção.
- Conhecimento dos acessos e do circuito, por parte do agente de inspeção da empresa contratante.

[REDACTED]  
[REDACTED]  
CNPJ: [REDACTED]



**Responsável da CTST:** [REDACTED] (CREA nº [REDACTED]).

**Período (total):**

76 dias (média), considerando um (1) Drone para executar todas as inspeções.

**Nota:** Considerar 8 horas diárias de trabalho e 5 horas efetivas de inspeção.

**Data/Período:** a tratar. (Preferencialmente em período não chuvoso).

**Valor total:**

R\$ 336.500,00 (TREZENTOS E TRINTA E SEIS MIL E QUINHENTOS REAIS).

**VALORES AGREGADOS:**

**a. Nos riscos eliminados para os profissionais de eletricidade e envolvidos:**

- ✓ Altura.
- ✓ Eletricidade.
- ✓ Queda e danos de materiais.
- ✓ Integridade física e ergonômica do profissional em eletricidade. (Diminuída em até 95%).
- ✓ Possíveis danos em EPIs e EPCs.
- ✓ Menor exposição ao risco com transito.

**b. Na Programação:**

- ✓ Menor tempo de inspeção, tendo disponibilidade de tempo para investir em outros projetos e serviços, devido a agilidade do processo de inspeção com drones.
- ✓ Diminuição da mão de obra (homem/hora) da concessionária.
- ✓ Tempo menor de inspeção em LTs, comparado com método atual e tradicional de escalada e inspeção aérea.
- ✓ Precisão nos dados, por fotos e alguns vídeos.
- ✓ Resolução de alta qualidade para visualização e análise dos dados (fotos e vídeos).
- ✓ Diminuição das Rotas e deslocamentos de veículos para inspeção em até 10%.

**c. Nos Custos**

- ✓ Menor custo aplicado, comparado com métodos tradicionais de escalada e inspeção aérea.
- ✓ Maior rendimento na produção dos serviços.
- ✓ Terceirização dos serviços sem ônus trabalhistas.
- ✓ Vantagens contratuais de acordo com regras vigentes da empresa.

CNPJ: [REDACTED]



**EQUIPAMENTO.** Utilização de equipamento da contratada:

(VANT) Veículo Aéreo Não Tripulável – DRONE

**Marca:** DJI - **Modelo:** Phantom 4 Pro-plus

Homologado pela ANATEL e Cadastrado pelo ANAC.

**Observação:** Pela CTST, os pilotos treinados. Empresa (CNPJ) credenciada para ministração de treinamentos técnicos. A CTST está cadastrada na CEMIG.



#### **PROGRAMA DE INSPEÇÃO**

- Leitura de instrução de plano de voo.
- Leitura de instrução de inspeção.
- Análise de riscos.
- Lista de materiais e logística.
- Inspeções de campo, juntamente com pelo menos um representante da contratante.
- Entrega de todas as fotos e filmagens.
- Análise de casos.

#### **Condições gerais:**

*A Contratante irá custear as despesas do Instrutor com viagens, hospedagens, lavagem de roupas, deslocamentos internos durante horário de trabalho, e alimentação.*

*(Para efeito de estimativa acadêmica, recomendamos considerar os custos de cada piloto técnico de inspeção com Drone no valor médio de R\$ 300,00 diários.)*

**Esta proposta é válida por 30 dias a contar desta data. Os valores poderão ser alterados após esse período, caso não for confirmada a proposta.**

Sete Lagoas, 10 de novembro de 2018.

Cordialmente,

**Consultor e Instrutor Técnico**

