

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

EDUARDO GEIKE DE ANDRADE

**GEIKE: APLICATIVO PARA AUXÍLIO DE INSPEÇÃO DE REDES DE
DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**

VIÇOSA
2017

EDUARDO GEIKE DE ANDRADE

**GEIKE: APLICATIVO PARA AUXÍLIO DE INSPEÇÃO DE REDES DE
DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Elétrica do Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade Federal de Viçosa, para a obtenção dos créditos da disciplina ELT 490 – Monografia e Seminário e cumprimento do requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Mauro de Oliveira Prates

VIÇOSA
2017

EDUARDO GEIKE DE ANDRADE

**GEIKE: APLICATIVO PARA AUXÍLIO DE INSPEÇÃO DE REDES DE
DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**

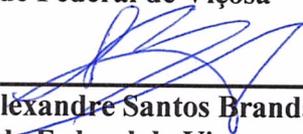
Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Elétrica do Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade Federal de Viçosa, para a obtenção dos créditos da disciplina ELT 490 – Monografia e Seminário e cumprimento do requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Aprovada em 24 de Novembro de 2017.

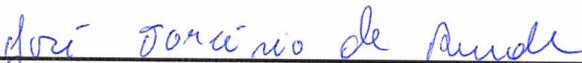
COMISSÃO EXAMINADORA



Prof. Dr. Mauro de Oliveira Prates - Orientador
Universidade Federal de Viçosa



Prof. Dr. Alexandre Santos Brandão - Membro
Universidade Federal de Viçosa



Prof. Dr. José Tarcísio de Resende - Membro
Universidade Federal de Viçosa

“Little by little, one travels far”

J.R.R. Tolkien

Dedico este trabalho a minha família que, independentemente
de onde esteja, sempre me apoia.

Agradecimentos

Inicialmente agradeço a minha família por sempre me apoiar e me ajudar a perseguir meus sonhos e almejos, dando todo o amor e carinho do mundo.

Também agradeço a minha namorada, Jessica Lemos por estar ao meu lado independentemente da situação, sempre sendo o meu complementar e extraíndo o melhor de mim.

Agradeço também aos meus professores, em especial ao Prof. Mauro Prates por todos os ensinamentos em sala e exemplos de ótima conduta de um profissional.

Resumo

Este trabalho propõe e desenvolve um aplicativo de celular para facilitar o mapeamento e identificação dos principais elementos que necessitam de reparos na rede de distribuição de energia elétrica analisada. Utilizando desse aplicativo e disponibilizando-o para mais de 150 colaboradores de uma empresa de distribuição de energia elétrica no interior de São Paulo, foi possível identificar e mapear uma vasta gama de problemas e eventos. Esses eventos foram posteriormente avaliados, categorizados e em parte resolvidos, gerando confiabilidade e robustez para o sistema de distribuição elétrica das cidades alvos deste estudo.

Abstract

This paper proposes and develops a mobile application to facilitate the mapping and identification of the main elements that need repairs in the electricity distribution network analyzed. Using the application and making available to more than 150 employees of an electric distribution company in the interior of São Paulo, it was possible to identify and manage a wide range of problems and events. These events were studied, categorized and in some cases solved, creating reliability for the electric distribution system of the studied cities.

Sumário

1	Introdução.....	15
1.1	Distribuição de Energia Elétrica.....	16
1.1.1	Procedimentos de Distribuição no Sistema Elétrico Nacional.....	17
1.1.2	Indicadores de Qualidade de Energia Elétrica.....	18
1.2	Redes de Distribuição de Energia Elétrica.....	19
1.2.1	Rede Primária de Distribuição.....	19
1.2.2	Rede Secundária de Distribuição.....	20
1.3	Inspeção e Manutenção.....	21
1.3.1	Tipos de Manutenção.....	21
1.3.2	Inspeções de Redes de Distribuição.....	22
1.4	Motivação do trabalho.....	23
1.5	Objetivo Geral.....	23
2	Materiais e Métodos.....	24
2.1	Aplicativo de Celular e Banco de Dados.....	24
2.2	Mapa Georreferenciado.....	28
3	Resultados e Discussões.....	31
4	Conclusões.....	38
	Referências Bibliográficas.....	39
	Apêndice A – Links para Mapa Georreferenciado.....	40
A.1	Mapas de apontamentos realizados.....	40
A.2	Mapas de ações concluídas.....	40
	Apêndice B – Exemplos de apontamentos.....	41

Lista de Figuras

Figura 1- Geração, Transmissão e Distribuição de energia elétrica. Fonte: Energypro	16
Figura 2 - Rede Primária Convencional. Fonte: Acervo do Autor.	19
Figura 3 - Rede Primária Compacta. Fonte: Acervo do Autor	20
Figura 4 - Rede Primária Isolada. Fonte: Acervo do Autor.	20
Figura 5 - (A) Tela inicial do aplicativo (B) Tela do Formulário Olho Vivo. Fonte: Acervo do Autor.	25
Figura 6 - Tela do formulário de Ação Concluída. Fonte: Acervo do Autor.	27
Figura 7 - Estrutura do fluxo de informações do processo de apontamento desenvolvido.	28
Figura 8 - Mapa Georreferenciado do total de apontamentos realizados em 3 cidades do interior de São Paulo e arredores. Fonte: Acervo do Autor.	29
Figura 9 - Padronização utilizada para definir os ícones e cores utilizado nos mapas criados. Fonte: Acervo do Autor.	29
Figura 10 - Exemplo de como são mostradas as informações nos mapas. Fonte: Acervo do Autor.	30
Figura 11 - Porcentagem de apontamentos por categoria. Fonte: Acervo do Autor.	32
Figura 12 - Mapa Georreferenciado com os apontamentos realizados na cidade de Tatuí-SP. Fonte: Acervo do autor.	34
Figura 13 - Mapa Georreferenciado com os apontamentos realizados na cidade de Piedade-SP. Fonte: Acervo do autor.	34
Figura 14 - Mapa Georreferenciado com os apontamentos realizados na cidade de Tietê-SP. Fonte: Acervo do autor.	35
Figura 15 - (A) Cruzeta de madeira podre (B) Cruzeta polimérica após substituição. Fonte: Acervo do Autor.	35
Figura 16 - (A) Derivação sem espaçadores (B) Derivação após instalação de espaçadores. Fonte: Acervo do Autor.	36
Figura 17 - (A) Árvore em espaço privado crescendo em direção a rede primária (B) Árvore após a poda. Fonte: Acervo do Autor.	37
Figura 18 - (A)Árvore em espaço público entorno do condutor primário (B)Árvore após a poda em formato de V. Fonte: Acervo do Autor.	37
Figura 19 - Cruzeta de madeira podre em um poste que possui angulação entre os condutores. Fonte: Acervo do Autor.	41
Figura 20 - Cabo da rede primária na eminência de rompimento. Fonte: Acervo do Autor.	41
Figura 21 - Espaçador losangular quebrado em rede compacta. Fonte: Acervo do Autor.	42
Figura 22 - Poste abalroado por caminhão. Fonte: Acervo do Autor.	42
Figura 23 - Poste de madeira com rachadura na ponta do poste. Fonte: Acervo do Autor.	43

Figura 24 - Poste de madeira fora de prumo. Fonte: Acervo do Autor.	43
Figura 25 - Vegetação sobre a rede primária de energia elétrica. Fonte: Acervo do Autor.	44
Figura 26 - Vegetação entrelaçado com a rede secundária de energia elétrica. Fonte: Acervo do Autor.	44
Figura 27 - Ninho de pássaro em chave faca. Fonte: Acervo do Autor.	45

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Número de colaboradores por Cidade.	31
Tabela 2 - Quantitativo dos apontamentos realizados utilizando o aplicativo (considerando as 3 cidades analisadas).	32
Tabela 3 - Links para consulta dos mapas georreferenciados com os apontamentos realizados	40
Tabela 4 - Links para consulta dos mapas georreferenciados com os apontamentos que tiveram ações corretivas executadas.	40

Lista de abreviaturas e siglas

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
DEC	Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora
FEC	Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora
PRODIST	Procedimentos de Distribuição
SE	Subestação
SEP	Sistema Elétrico de Potência
UC	Unidade Consumidora
CHI	Consumidor Hora Interrompido
V	Volts (Unidade de Tensão)

1 Introdução

O consumo de energia elétrica é indispensável para a sociedade atualmente. Existe um macroprocesso para que a energia elétrica saia do local em que foi gerada (hidrelétricas, termoelétricas e etc.) até o local de consumo, utilizando para isso as redes de transmissão e distribuição de energia elétrica. Essas mesmas redes sofrem deteriorações devido ao tempo e intempéries, o que gera uma necessidade constante de se realizar manutenções. Devido ao fato de existirem milhares de quilômetros de redes elétricas no Brasil, onde a maior parte da geração está afastada das unidades consumidoras, torna-se um desafio identificar, mapear, planejar e executar tais manutenções nas redes.

Diante disso, encontra-se na tecnologia ferramentas que podem ser utilizadas para superar tais desafios. Uma destas são os celulares inteligentes ou *smartphones*, que trazem uma gama de ferramentas para o cotidiano, sendo considerado um objeto indispensável para grande parte da população. Os aplicativos para tais celulares possibilitam desde trocas rápidas de informações até resolver problemas complexos, tornando esses dispositivos atraentes na solução do desafio de manutenções de redes de distribuição elétrica.

Para que a energia das fontes geradoras de energia elétrica do país cheguem até o local em que irá ser consumida, é necessária uma forma de transmiti-la. As redes de energia elétrica de transmissão e distribuição desempenham essa função. No Brasil, o sistema de distribuição de energia elétrica é em grande parte composto por redes de distribuição aéreas, que para seu devido funcionamento, necessitam receber manutenções periódicas.

Estes sistemas elétricos são formados essencialmente por elementos condutores de corrente elétrica. Entretanto, elementos não condutores são essenciais para o seu funcionamento, tais como postes, espaçadores, cruzetas e demais estruturas[1].

Estes elementos formam as redes de distribuição aérea amplamente utilizadas no Brasil para transmitir energia elétrica das unidades geradoras aos consumidores. Um bom funcionamento destas redes depende em grande parte de uma adequada e eficiente manutenção. Contudo, como o Brasil possui uma quantidade elevada de quilômetros de rede de distribuição e os recursos das distribuidoras são limitados, torna-se um desafio inspecionar e mapear todos os pontos que necessitam de manutenção.

1.1 Distribuição de Energia Elétrica

O sistema elétrico de potência é dividido em quatro etapas, sendo elas: geração, transmissão, distribuição e consumo de energia elétrica, conforme ilustra a Figura 1. Quando se fala em setor elétrico, refere-se ao Sistema elétrico de Potência (SEP), definido como o conjunto de todas as instalações e equipamentos destinados à geração, transmissão e distribuição de energia elétrica até a medição.

O sistema de transmissão e distribuição de energia elétrica no Brasil é regulado pela Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, que também fiscaliza as concessionárias de energia com objetivo de manter a qualidade e continuidade do fornecimento de energia elétrica e investimentos necessários para expansão e melhoria no sistema elétrico nacional.

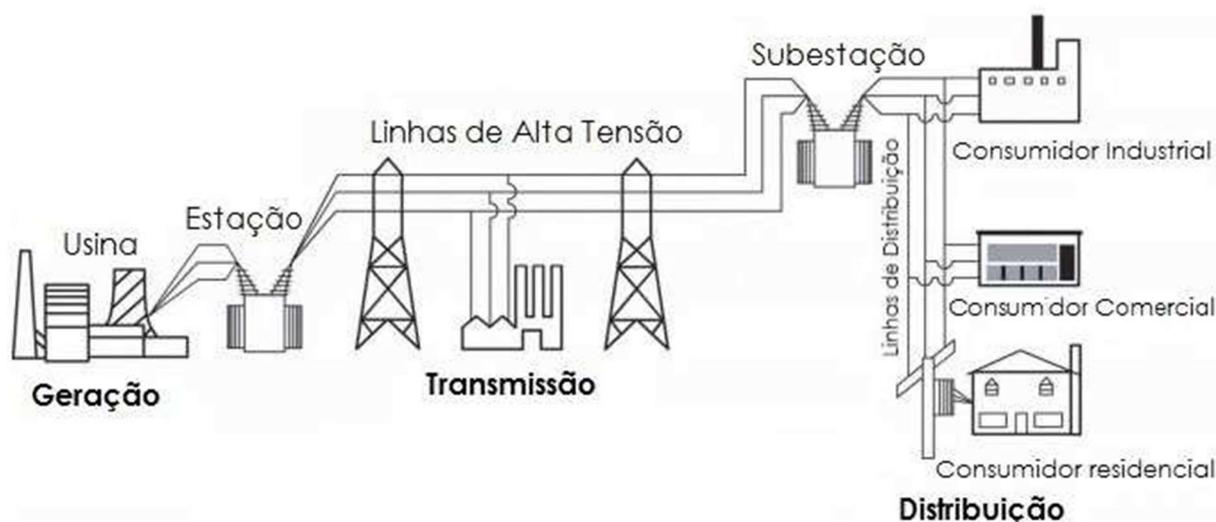


Figura 1- Geração, Transmissão e Distribuição de energia elétrica.

No Brasil, segundo dados da ANEEL atualizados em 2017, a geração de energia elétrica é 61% produzida a partir de hidrelétricas, 16.5% por termoeletricas, que utilizam como combustível de origem fóssil, e o restante por outros processos [2]. Após a geração nas usinas, a energia é transformada em subestações elétricas elevadoras, aumentando a tensão para que possa ser transportada em redes de transmissão, em corrente alternada (60 Hertz), através de cabos elétricos até as subestações abaixadoras.

A distribuição está localizada nos centros urbanos de consumo, onde a energia vinda da rede de transmissão é rebaixada nas subestações. Com seu nível de tensão rebaixado e sua qualidade controlada, a energia é transportada por redes elétricas aéreas ou subterrâneas,

constituídas por estruturas (postes, torres, dutos subterrâneos e seus acessórios), cabos elétricos e transformadores para novos rebaixamentos, e por fim entregue as unidades consumidoras industriais, comerciais, de serviço e residenciais de tensão variáveis de acordo com a capacidade de consumo instalada de cada consumidor [1].

1.1.1 Procedimentos de Distribuição no Sistema Elétrico Nacional

A ANEEL é responsável, junto com os demais agentes de distribuição e entidades associadas com o setor elétrico nacional, pela criação dos documentos que normatizam e padronizam as atividades técnicas relacionadas ao funcionamento e desempenho dos sistemas de distribuição de energia elétrica brasileiro [3].

Para padronizar a forma com que as concessionárias entregam energia elétrica no Brasil tem-se o Procedimento de Distribuição de Energia (PRODIST). Neste documento, estão contidos módulos que regem e organizam o relacionamento entre as distribuidoras de energia elétrica e demais agentes geradores e consumidores.

Os principais objetivos do PRODIST são:

- Garantir que os sistemas de distribuição operem com segurança, eficiência, qualidade e confiabilidade;
- Propiciar o acesso aos sistemas de distribuição, assegurando tratamento não discriminatório entre agentes;
- Disciplinar os procedimentos técnicos para as atividades relacionadas ao planejamento da expansão, à operação dos sistemas de distribuição, à medição e à qualidade da energia elétrica;
- Estabelecer requisitos para os intercâmbios de informações entre os agentes setoriais;
- Assegurar o fluxo de informações adequadas à ANEEL;
- Disciplinar os requisitos técnicos na interface com a Rede Básica, complementando de forma harmônica os Procedimentos de Rede.

Por sua vez, o PRODIST não detalha a forma e os procedimentos que devem ser seguidos para a correta realização das inspeções e manutenções de redes, o que fica a critério das distribuidoras de cada localidade.

1.1.2 Indicadores de Qualidade de Energia Elétrica

Para que as concessionárias de energia elétrica avaliem seus desempenhos são utilizados alguns indicadores definidos em [3]. Esses indicadores podem ser econômicos, de qualidade do produto, ou serviço. Dois dos indicadores mais significativos são o DEC e o FEC, descritos a seguir:

- DEC - Duração equivalente de interrupção por Unidade Consumidora (UC), indica a média de horas que um consumidor fica sem energia em um determinado período.

$$DEC = \sum_i^k \frac{Ca(i) \times t(i)}{Cc} \quad (1)$$

Onde:

- Ca (i): número de UCs interrompidas em um evento i, no período;
- t(i): duração de cada evento i, no período;
- i: índice de eventos ocorridos no sistema;
- k: número máximo de eventos no período considerado;
- Cc: número total de UCs, do conjunto considerado, ao final do período.

- FEC - Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora (UC), indica o número médio de vezes que uma UC fica sem energia em um determinado período.

$$FEC = \sum_i^k \frac{Ca(i)}{Cc} \quad (2)$$

Onde:

- Ca (i): número de UCs interrompidas em um evento i, no período;
- i: índice de eventos ocorridos no sistema;
- k: número máximo de eventos no período considerado;
- Cc: número total de UCs, do conjunto considerado, ao final do período.

1.2 Redes de Distribuição de Energia Elétrica

1.2.1 Rede Primária de Distribuição

A rede primária da distribuição é um conjunto de linhas elétricas com equipamentos e materiais diretamente associados, destinados à distribuição de energia elétrica em média tensão [4][5].

As redes primárias aéreas possuem diversos elementos que a compõem, entre eles: postes, cruzetas, condutores, isoladores, para-raios, transformadores, reguladores de tensão, religadores e chaves de operação. Já em relação ao método construtivo, existem três padrões mais utilizados de rede aéreas primárias, são eles: rede convencional, rede compacta protegida e rede isolada.

No Brasil predomina-se a rede convencional que se caracteriza pelo uso de condutores de alumínio ou cobre nu, possuindo assim um baixo fator de blindagem quanto as descargas atmosféricas e tensões induzidas. Entretanto, por utilizar cabeamento sem proteção, esta rede pode sofrer com vegetações de grande porte que venham a encostar em seus elementos causando curtos no sistema. A Figura 2 demonstra um exemplo de rede convencional.



Figura 2 - Rede Primária Convencional. Fonte: Acervo do Autor.

Já a rede aérea compacta é composta por condutores cobertos com uma camada de material isolante que protege a rede de distribuição quanto a toques eventuais, aumentando a confiabilidade em áreas com arborização. Além disso, por ser uma rede que ocupa menos espaço, possui um ganho significativo para a área urbana, diminuindo a poluição visual e

evitando acidentes com terceiros. A grande maioria das redes novas no Brasil estão sendo construídas nesse padrão. A Figura 3 mostra uma imagem com a rede compacta.



Figura 3 - Rede Primária Compacta. Fonte: Acervo do Autor

A rede aérea primária isolada, ilustrada na Figura 4, é constituída por três cabos fases isoladas dispostos em trifólio em volta de um cabo mensageiro de liga de alumínio. Esta rede é blindada, sendo o melhor tipo de rede contra descarga atmosféricas, tensões induzidas e toques eventuais. Devido ao seu custo elevado este padrão de rede é pouco utilizado.



Figura 4 - Rede Primária Isolada. Fonte: Acervo do Autor.

1.2.2 Rede Secundária de Distribuição

A rede secundária, ou rede de baixa tensão, é energizada pelo secundário dos transformadores de distribuição. Nesta rede são ligados os consumidores em baixa tensão e as luminárias instaladas nos postes de iluminação pública [4][5].

Os consumidores de baixa tensão, caracterizados pela baixa carga instalada, limita-se a 75 kW por unidade consumidora, conforme Resolução 414/2010, da ANEEL. Em sua maioria trata-se de residência e comércios. Os principais componentes das redes secundárias são os postes, condutores, isoladores, sistema de aterramento, luminárias, lâmpadas e medidores de energia. Em relação ao método construtivo, existem dois padrões mais utilizados de rede aéreas secundárias, a rede nua e a rede pré reunida. São elementos das redes de distribuição os Postes, condutores, Cruzetas, Para-raios, Isoladores, Transformadores, Reguladores de Tensão, Chaves Fusíveis e os Religadores Automáticos [6][7].

1.3 Inspeção e Manutenção

Para que o sistema elétrico de potência mantenha suas características nominais é imprescindível que se faça manutenções periódicas e de qualidade dos elementos que o compõem. Uma das partes que mais necessitam de cuidados com manutenção são as redes de distribuição, uma vez que grande parte dela fica exposta a intemperes 100% do tempo.

A base de uma boa manutenção é uma boa inspeção. É preciso conhecer o problema e saber aonde ele está para que possa ser resolvido de forma eficiente. Isto se torna um desafio quando o objeto a ser inspecionado possui quilômetros e mais quilômetros de extensão, conforme são as redes de distribuição pelo Brasil.

1.3.1 Tipos de Manutenção

Manutenção é toda ação realizada em um equipamento, conjunto de peças, componentes, dispositivos, circuitos ou estruturas que se esteja controlando, mantendo ou restaurando, a fim de que o mesmo permaneça em operação ou retorne à função requerida, ou seja, o conjunto de condições de funcionamento para o qual o equipamento foi projetado, fabricado ou instalado.

O equipamento deve desempenhar sua função requerida com segurança e eficiência, considerando as condições operativas, econômicas e ambientais [8].

Segundo [08], algumas práticas básicas definem os tipos principais de manutenção que são: Manutenção Corretiva, Manutenção Preventiva, Manutenção Preditiva e Manutenção Detectiva.

A Manutenção Corretiva, se dá quando um elemento apresenta falha ou seu desempenho está menor do que o nominal Sendo assim, a manutenção corretiva não é necessariamente, a manutenção de emergência. Sua principal função é corrigir ou restaurar as condições de funcionamento do equipamento ou sistema.

Por outro lado, a Manutenção Preventiva é a atuação realizada de forma a reduzir ou evitar a falha ou queda no desempenho, obedecendo a um plano previamente elaborado, baseado em intervalos definidos de tempo.

Já a Manutenção Preditiva é a atuação realizada com base em modificação de parâmetro de condição ou desempenho, cujo acompanhamento obedece a uma lógica pré-estabelecida. Seu objetivo é prevenir falhas nos equipamentos ou sistemas através de acompanhamento de parâmetros diversos, permitindo a operação contínua do equipamento pelo maior tempo possível.

Existe também a Manutenção Detectiva que é a atuação efetuada em sistemas de produção buscando detectar falhas ocultas ou não perceptíveis.

1.3.2 Inspeções de Redes de Distribuição

As inspeções em redes de distribuição visam identificar as irregularidades e anomalias existentes no sistema de distribuição que, se não corrigidas a tempo, resultarão em falhas e interrupções ao fornecimento de energia elétrica.

A inspeção de rede visual corretiva é realizada diretamente sobre o sistema elétrico, em troncos de alimentadores, religadores e componentes com grande concentração de consumidores, e de redes com desligamentos constantes. Esta inspeção é somente para identificar defeitos que estão prestes a causar e/ou causando desligamentos.

Uma inspeção pontual realizada diretamente sobre o sistema elétrico em troncos de alimentadores e religadores tem como objetivo identificar defeitos provocados pela ação da tempestade e que podem gerar falhas, vindo a interromper o fornecimento de energia.

Realizando essas inspeções e tomando as medidas corretivas necessárias, se evita a falha dos elementos da rede elétrica e conseqüentemente, evita-se a interrupção do fornecimento de energia elétrica.

1.4 Motivação do trabalho

Atualmente, a utilização dos *smartphone* no auxílio das inspeções de redes de distribuição vem se tornando uma coisa comum. Antes, nas cidades analisadas, era necessário preencher a mão formulários com as necessidades de manutenção emergencial na rede elétrica, a consequência disso era que muitos eletricitas esqueciam as informações importantes por não ter o formulário em mãos na hora da observação do problema. Em seguida, era necessário manter um controle desses formulários preenchidos, o que gerava a possibilidade de perdas dos mesmos. Atualmente é natural que essas informações emergências circulem em massa pelos aplicativos de mensagens instantâneas como o *WhatsApp*, porém não existe uma padronização dessas informações, o que não garante a qualidade e nem o controle das mesmas.

1.5 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo geral desenvolver e disponibilizar um aplicativo de celular que seja utilizado para garantir a qualidade das informações apontadas nas redes de distribuição, aumentar a efetividade das inspeções e maximizar a forma do uso dos recursos disponíveis para a manutenção dessas redes.

Dado o objetivo geral, têm-se como objetivos específicos:

- Melhorar o DEC e o FEC das cidades que utilizarem o aplicativo.
- Introduzir o tema de inteligência coletiva (aplicativo de celular) no ambiente de inspeções de rede de distribuição.

2 Materiais e Métodos

A principal característica dos smartphones é o fato de ele ser um “computador de mão” permitindo a instalação de aplicativos que atendam às necessidades particulares de cada pessoa. Em [9] é discutido sobre os tipos de paradigmas de desenvolvimento de aplicativos para aparelhos celulares e a importância de se fazer uma boa escolha no paradigma para garantir a construção de um aplicativo com qualidade, utilizando as ferramentas apropriadas. O paradigma básico de desenvolvimento remete a plataforma utilizada entre os aplicativos nativos e os multiplataformas. Através das APIs disponíveis para cada linguagem utilizada em cada plataforma, um aplicativo nativo pode acessar funcionalidades oferecidas por recursos nativos do sistema operacional, tais como GPS, banco de dados, SMS, e-mail, gerenciador de arquivos, entre outros. Já os aplicativos multiplataformas envolvem o desafio de desenvolver de uma vez um código que será utilizado em várias plataformas diferentes e é atualmente o maior desafio da computação móvel.

Neste trabalho optou-se por utilizar uma interface web de programação nativa para Android, o MIT App inventor [10], o qual disponibiliza gratuitamente, acesso a uma ferramenta de programação drag-and-drop para desenvolvimento de aplicações para smartphone com baixo grau de complexidade.

2.1 Aplicativo de Celular e Banco de Dados

Para coletar as informações do estudo foi criado, utilizando a plataforma gratuita de criação de aplicativos *MIT App Inventor*, uma interface gráfica em forma de aplicativo de celular, conforme Figura 5.

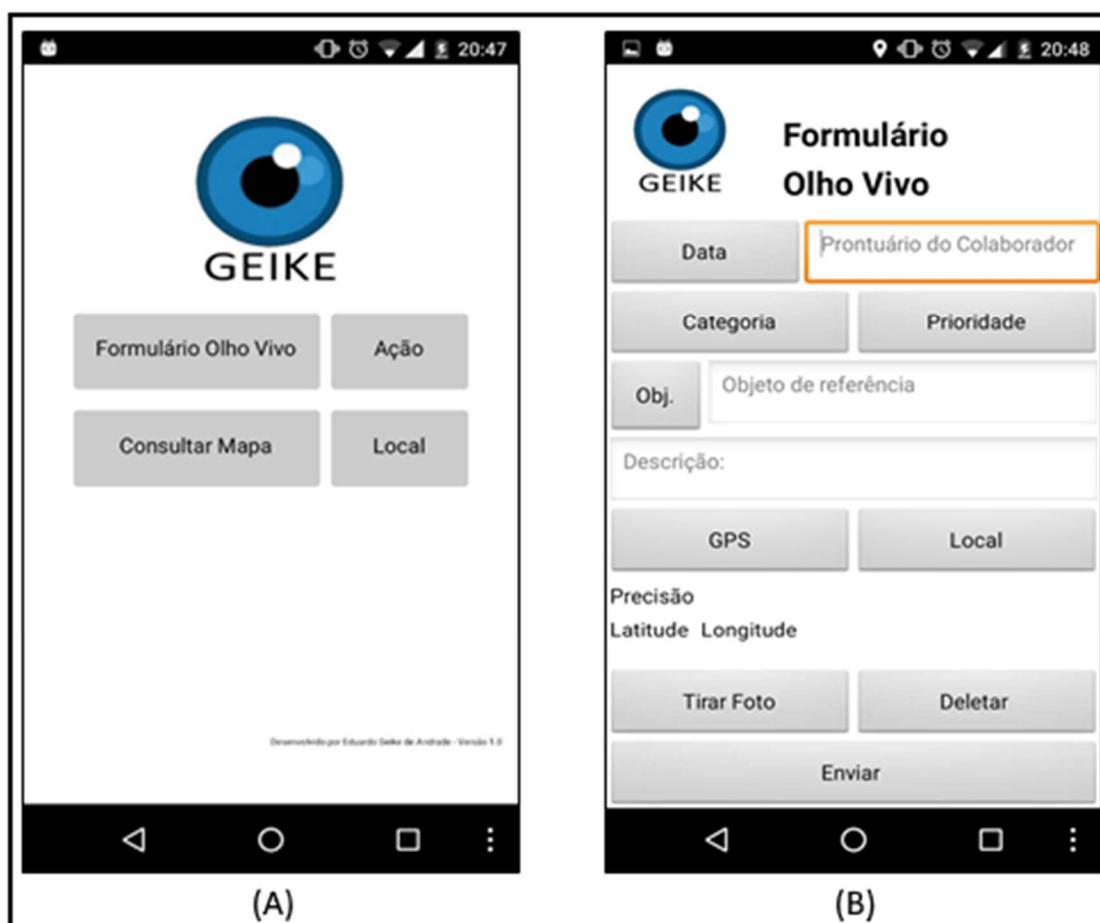


Figura 5 - (A) Tela inicial do aplicativo (B) Tela do Formulário Olho Vivo. Fonte: Acervo do Autor.

O aplicativo, nomeado de App Geike, possui os seguintes botões e suas finalidades:

- **Formulário Olho Vivo:** O formulário base para a coleta de dados deste estudo.
- **Ação:** Formulário de preenchimento para encerrar um apontamento após ação corretiva executada.
- **Consultar Mapa e Local:** Direciona para um link de internet do mapa georreferenciado de acordo com o local selecionado.

O formulário Olho Vivo foi pensando, a princípio, para ser utilizado somente por eletricitistas e pessoas relacionadas com a área de distribuição de energia elétrica, exigindo assim um conhecimento básico da rede elétrica. Assim os campos e as opções de preenchimento foram definidos conforme o público que estaria utilizando o aplicativo. A seguir uma breve descrição das escolhas possíveis em cada campo:

- **Data:** O dia em que o formulário foi preenchido.

- **Categoria:** Vegetação\ Poste\ Trafo\ Cruzeta\ Equipamento Especiais\ Chave\ Para-raios\ Cabos\ Situação de Risco\ Outros.
- **Prioridade:** Crítica\ Alta\ Média\ Baixa.
- **Obj.:** Número do Objeto de referência, podendo ser um Religador, Seccionalizadora, Chave ou Trafo.
- **Descrição:** Descrição do apontamento realizado pelo aplicativo.
- **GPS:** Utilizando o GPS do celular, coleta a latitude, longitude e precisão.
- **Foto:** Foto do problema da rede apontado.

Para garantir ao máximo uma equidade na avaliação de prioridade, visto que são vários os usuários que estariam categorizando e ditando prioridades, foi pensado em um sistema de duas validações. O primeiro, pelo usuário do aplicativo que está preenchendo o formulário e o segundo pelo técnico da distribuidora, que irá revalidar a prioridade do apontamento. Os critérios de prioridade foram definidos da seguinte forma:

- **Crítica:** Características ou falhas que coloquem vidas em risco, ou que estão na eminência de gerar uma interrupção de energia elétrica.
- **Alta:** Características ou falhas que possam gerar uma interrupção de energia elétrica em um curto espaço de tempo.
- **Média:** Características ou falhas que possam gerar uma interrupção de energia elétrica em um médio-longo prazo.
- **Baixa:** Características ou falhas que não apresentam risco de interrupção, porém podem evoluir caso ocorra um evento não programado.

Com esses campos, uma pessoa utilizando o aplicativo é capaz de preencher de forma padrão e eficiente, todos os dados necessários para uma análise do problema encontrado na rede. O formulário é preenchido na mesma hora e localização do problema encontrado, de forma online. Para cada formulário, foi criado um ID exclusivo, o qual garante a rastreabilidade de informações e a possibilidade de encerramento do mesmo.

Após enviadas, por *WhatsApp* ou e-mail, as informações do formulário são armazenadas em um banco de dados, o qual utiliza-se de uma plataforma gratuita, o Google Drive. Essas

informações são então encaminhadas para a distribuidora de energia elétrica da cidade que, após revalidar as prioridades, planeja e executa as ações corretivas necessárias.

Para garantir a confiabilidade dos dados, foi criado um sistema de retroalimentação onde, após o problema ter sido resolvido, envia-se outro formulário, chamado de Formulário de Ação Concluída e disponível através do botão “ação” na Figura 5a. A Figura 7 mostra a tela do Formulário de Ação Concluída onde é possível “dar baixa” no apontamento, após foto registrada da ação corretiva executada. Assim o banco de dados sempre estará atualizado somente com os apontamentos pendentes.

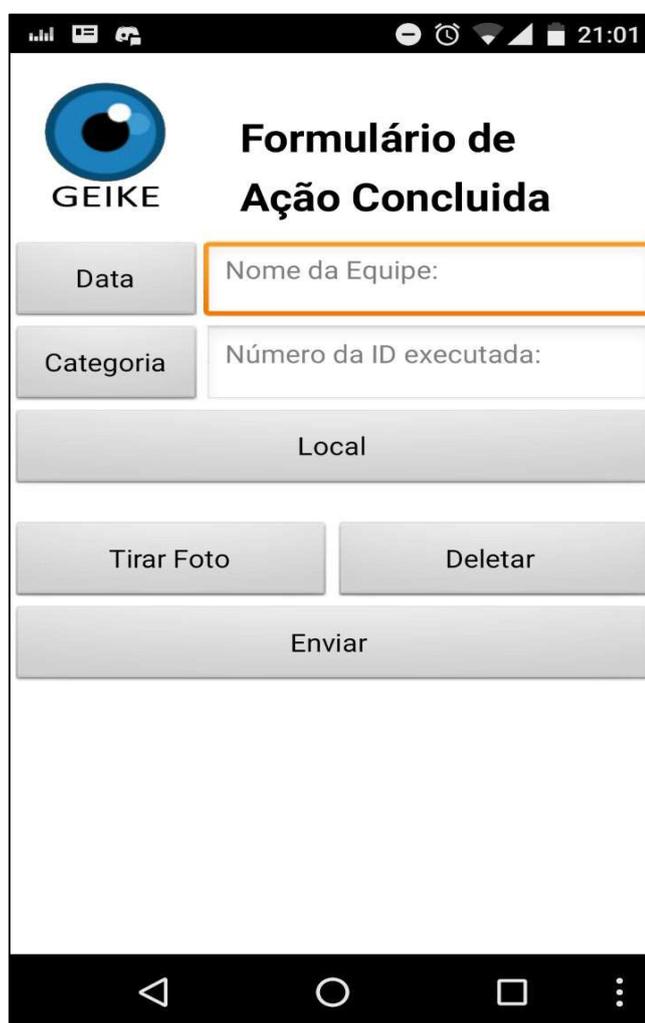
The image shows a mobile application interface for a 'Formulário de Ação Concluída' (Completed Action Form). At the top left is the GEIKE logo, a blue circle with a white dot. To its right is the title 'Formulário de Ação Concluída'. Below the logo and title are several input fields: 'Data' (with a date picker icon), 'Nome da Equipe:' (highlighted with an orange border), 'Categoria' (with a dropdown arrow), and 'Número da ID executada:'. Below these is a 'Local' field. At the bottom are three buttons: 'Tirar Foto', 'Deletar', and 'Enviar'. The interface is displayed on a smartphone screen with a black status bar at the top showing signal strength, battery, and time (21:01), and a black navigation bar at the bottom with back, home, and app drawer icons.

Figura 6 - Tela do formulário de Ação Concluída. Fonte: Acervo do Autor.

Conforme descrito nessa seção, um processo do fluxo das informações foi criado para que a utilização do aplicativo se tornasse viável, garantindo assim a qualidade e confiabilidade das informações. A Figura 7 mostra a estrutura do processo criado.

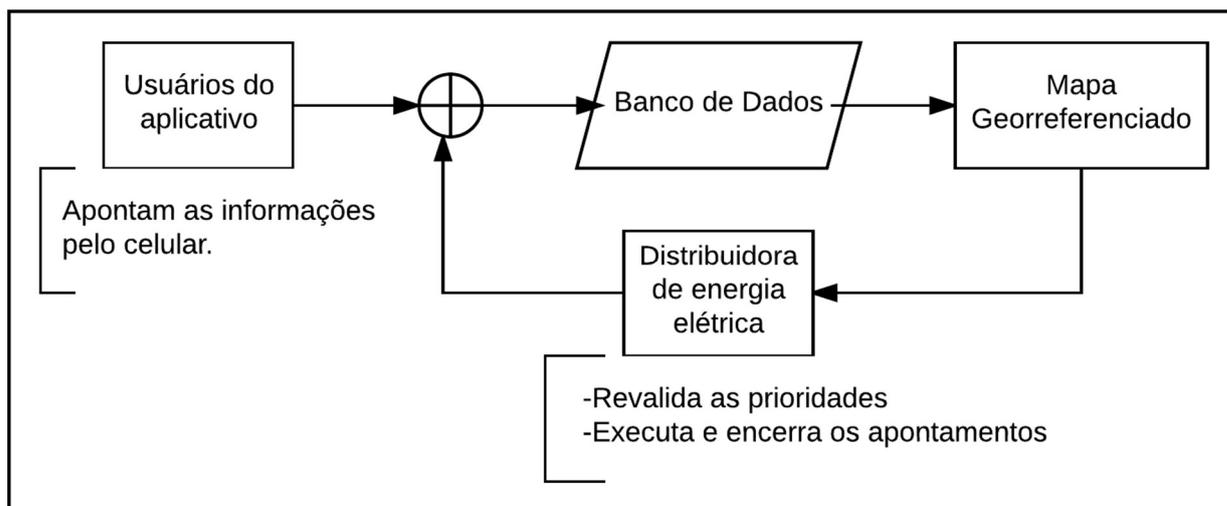


Figura 7 - Estrutura do fluxo de informações do processo de apontamento desenvolvido.

2.2 Mapa Georreferenciado

Para facilitar a consulta das informações apontadas utilizando o aplicativo, foi criado um mapa georreferenciado que pode ser acessado tanto do celular, quanto de um computador, utilizando um link de consulta. Pelo aplicativo isso é feito selecionando primeiro o “Local” e em seguida o botão “Consultar Mapa”, conforme Figura 5a. A Figura 8 traz um exemplo de mapa com todos os apontamentos realizados onde cada ícone representa um formulário preenchido. Sua cor e ícone são determinados pela categoria e prioridade conforme Figura 9.

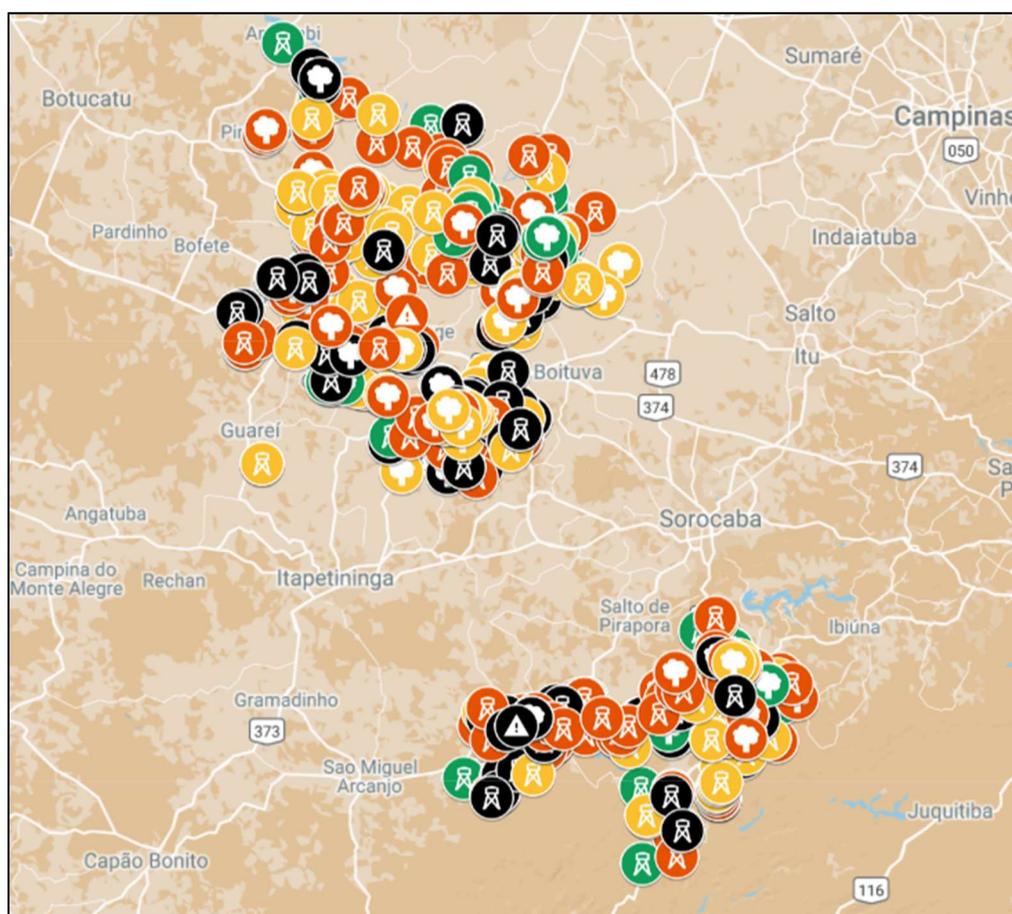


Figura 8 - Mapa Georreferenciado do total de apontamentos realizados em 3 cidades do interior de São Paulo e arredores. Fonte: Acervo do Autor.

Prioridade		Categoria	
Crítica	■	Situação de risco	⚠
Alta	■	Vegetação	🌳
Média	■	Demais Categorias	📍
Baixa	■		

Figura 9 - Padronização utilizada para definir os ícones e cores utilizado nos mapas criados. Fonte: Acervo do Autor.

Cada ícone possui anexo todas as informações que foram apontadas na hora do preenchimento do formulário olho vivo, inclusive a foto tirada. A Figura 10 demonstra como as informações são apresentadas no mapa. O que facilita na hora de tomada de decisão do que é prioritário e da otimização dos recursos limitados de execução.

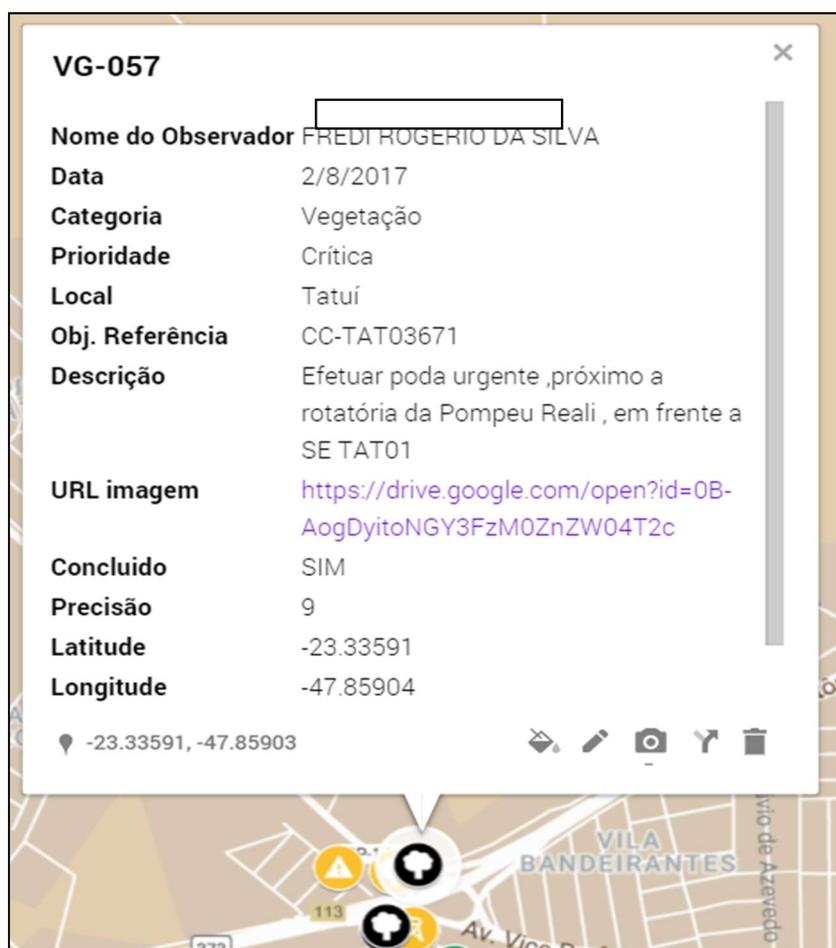


Figura 10 - Exemplo de como são mostradas as informações nos mapas. Fonte: Acervo do Autor.

O mapa também foi pensado para possibilitar que uma equipe de execução que esteja em campo, após terminar as tarefas propostas do dia, consiga verificar se há mais demanda perto do seu local.

O Apêndice A traz todos os links para consulta de todos os mapas utilizados nesse estudo.

3 *Resultados e Discussões*

O aplicativo Geike, descrito na sessão anterior, foi disponibilizado para colaboradores de uma empresa de distribuição de energia elétrica do interior de São Paulo que aceitaram, de forma voluntária, utilizar o aplicativo para coletar os dados. O número de colaboradores está discriminado por cidade, conforme Tabela 1. Os dados utilizados nesse estudo foram coletados de 01 de março de 2017 até 01 de outubro de 2017.

Tabela 1 - Número de colaboradores por Cidade.

Cidade e arredores	Nº de colaboradores do estudo
Tatuí	75
Tiete	53
Piedade	42
Total:	170

A seguir são apresentados os dados coletados durante esse período de 7 meses. Ao total foram 849 formulários preenchidos, todos com fotos e descrição conforme padrão adotado. A Tabela 2 traz as informações de todo banco de dados, detalhadas por categoria, prioridade e se foi solucionado ou não.

Dos números encontrados na Tabela 2 também é possível notar uma maior quantidade de apontamentos de vegetação e cruzetas, o que fica claro quando se observa a Figura 11.

Cruzetas e vegetação próximo da rede elétrica somam juntas uma porcentagem de 61% dos apontamentos feitos nas cidades, aqui analisadas, do interior de São Paulo. A seguir as principais discussões existentes:

A vegetação densa perto de rede de distribuição elétrica é um fator de atenção constante. Por mais que existam normas específicas que cuidam dos tipos de vegetação em cidades, muitas cidades brasileiras não atentam para esse fato, e assim é necessário um cuidado especial de podas constantes para manter a vegetação longe da rede de distribuição elétrica. Uma queda de galhos na rede primária de distribuição, ou até mesmo ventos fortes, podem produzir curtos e causar interrupções no fornecimento de energia.

Tabela 2 - Quantitativo dos apontamentos realizados utilizando o aplicativo (considerando as 3 cidades analisadas).

Prioridade	Crítica			Alta			Média			Baixa			Total Geral		
	Solucionado		Total												
Categoria	Sim	Não													
Vegetação	28	35	63	24	86	110	25	51	76	10	10	20	87	182	269
Cruzeta	22	47	69	21	80	101	11	51	62	3	8	11	57	186	243
Poste	8	25	33	4	37	41	1	26	27	0	8	8	13	96	109
Cabos	7	10	17	3	19	22	2	9	11	0	6	6	12	44	56
Chave	5	4	9	5	12	17	2	17	19	0	5	5	12	38	50
Transformador	1	4	5	1	9	10	1	17	18	1	2	3	4	32	36
Outros	1	2	3	3	4	7	3	8	11	0	5	5	7	19	26
Para-Raio	0	5	5	0	9	9	1	3	4	0	5	5	1	22	23
Equipamentos Especiais	0	1	1	3	7	10	1	5	6	0	2	2	4	15	19
Situação de Risco	2	0	2	2	10	12		3	3	1	0	1	5	13	18
Total	74	133	207	66	273	339	47	190	237	15	51	66	202	647	849

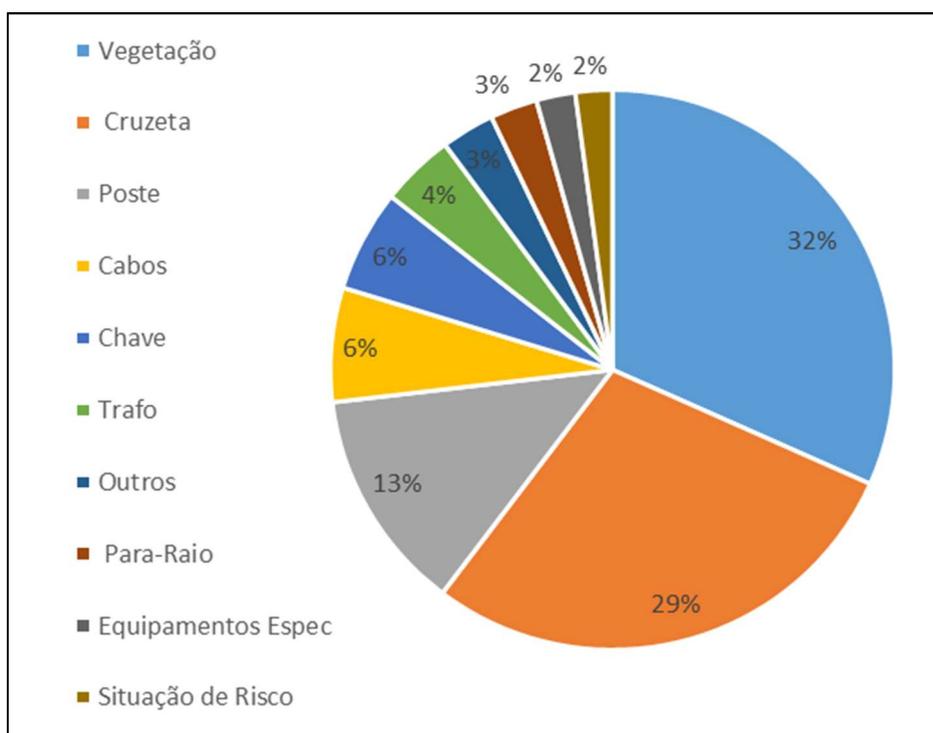


Figura 11 - Porcentagem de apontamentos por categoria. Fonte: Acervo do Autor.

Para tentar minimizar o efeito causado por vegetação perto da rede elétrica, a rede compacta, com cabo protegido, pode ser usada. Entretanto, mesmo esse tipo de rede sendo mais resistente ao contato direto com galhos, ainda assim não protege de quedas de galhos e atrito

constante. Assim, em caso de vegetação, a principal solução é a poda constante atendendo sempre as normas ambientais.

Já o caso das cruzetas reflete em sua grande maioria o fato de que algumas décadas atrás a rede de distribuição era basicamente composta de cruzetas de madeira, não se tinha outras opções desse elemento disponíveis. Com o passar dos anos e intemperes, as cruzetas de madeira vão apodrecendo e diminuindo a robustez da rede.

Para superar esse fato, atualmente as cruzetas de madeira já estão sendo substituídas por cruzetas poliméricas, cruzeta em resina poliéster com fibra de vidro, e mais recentemente por cruzetas de madeira com revestimento de fibra de vidro.

As cruzetas poliméricas são duráveis, com expectativa de vida superior a 20 anos, além de serem inertes e impermeáveis, resistente à umidade e altas alterações de temperatura, não atrai fungos, bactérias ou outros insetos que podem afetar resistência do produto.

A cruzeta de fibra de vidro de resina com base poliéster, reforçada com fibra de vidro e aditivada anti-chama possui vida útil de mais de 25 anos, e apresenta material não susceptível a corrosão, seja em névoa salina ou em áreas de poluição com ácidos e outros produtos químicos.

De todas os apontamentos realizados utilizando o aplicativo, somente uma quantidade referente a 24% tiveram ações corretivas e foram encerrados. Isto demonstra a necessidade de otimizar a capacidade produtiva de manutenção das distribuidoras, pois há muitos eventos sendo apontados, mas poucos sendo efetivamente concluídos.

O mapa georreferenciado foi desenvolvido com o propósito de entregar mais uma ferramenta que, se usado de maneira correta, pode ajudar a otimizar os recursos de execução dos apontamentos. Ou seja, é possível traçar a melhor rota das equipes, diminuindo a distância percorrida e maximizando o número de eventos que uma mesma equipe pode atender, diminuindo assim o tempo de ociosidade e o deslocamento sem serviço.

As Figuras 12, 13 e 14 trazem os apontamentos levantadas nas cidades de Tatuí, Tietê e Piedade respectivamente. Esses mapas podem ser consultados pelos links disponíveis no apêndice A.

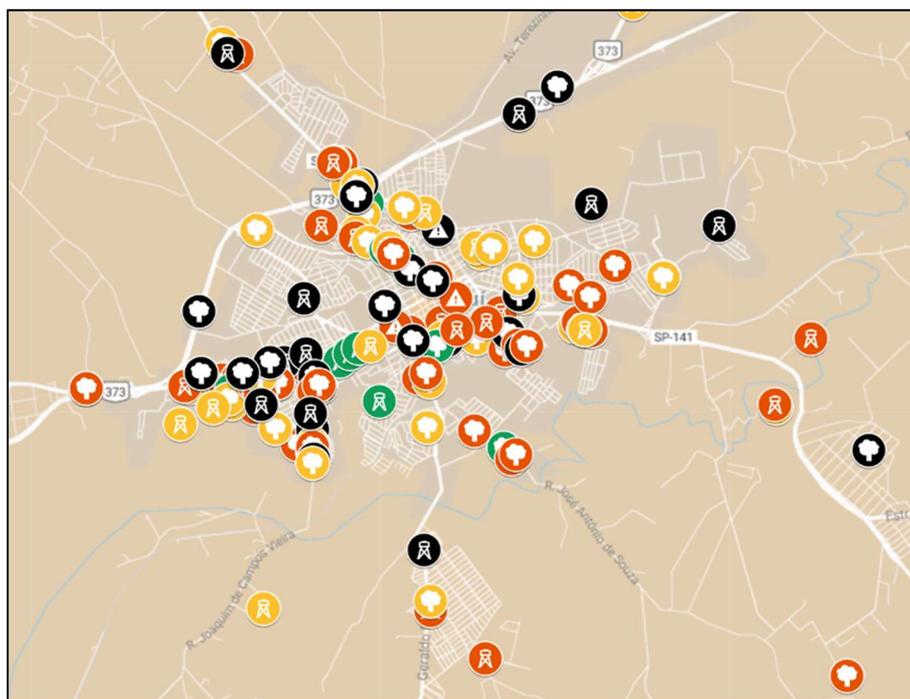


Figura 12 - Mapa Georreferenciado com os apontamentos realizados na cidade de Tatuí-SP. Fonte: Acervo do autor.

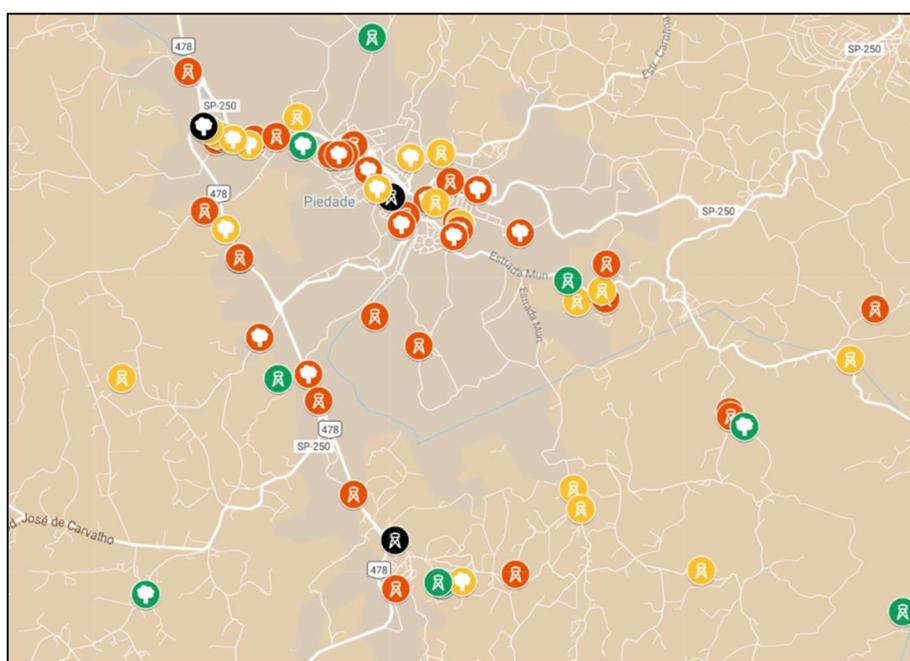


Figura 13 - Mapa Georreferenciado com os apontamentos realizados na cidade de Piedade-SP. Fonte: Acervo do autor.

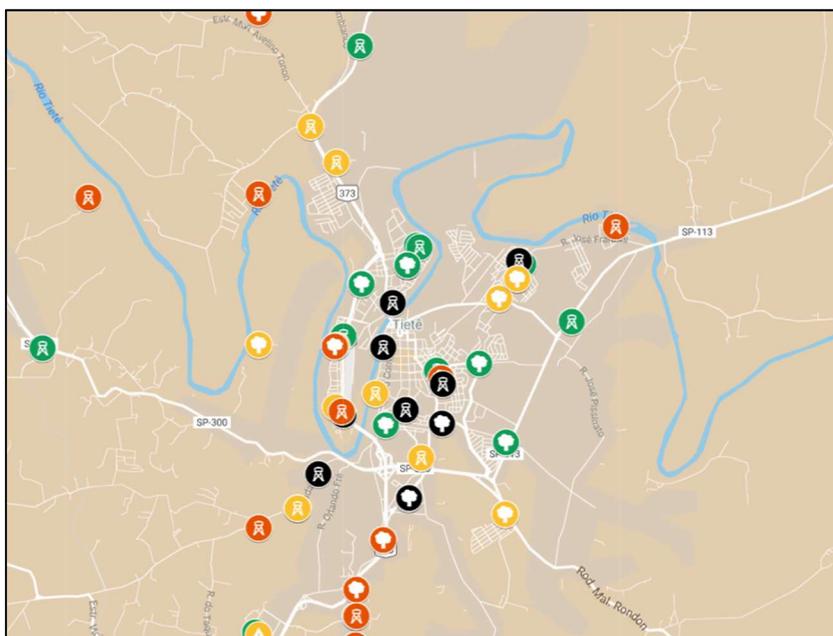


Figura 14 - Mapa Georreferenciado com os apontamentos realizados na cidade de Tietê-SP. Fonte: Acervo do autor.

Uma comparação entre o antes e o depois de alguns desses apontamentos na cidade de Tatuí foram efetuadas, e estão ilustradas nas figuras seguintes.

A Figura 15 traz um exemplo de apontamento de cruzeta podre em um tronco de um alimentador com uma grande quantidade de consumidores. Conforme Figura 15a havia o risco de a cruzeta quebrar e deslocar o cabo ao solo, o que poderia colocar vidas em risco e fechar um possível curto fase-fase ou fase-terra. Conforme Figura 15b a cruzeta foi então trocada por uma cruzeta poliméricas.

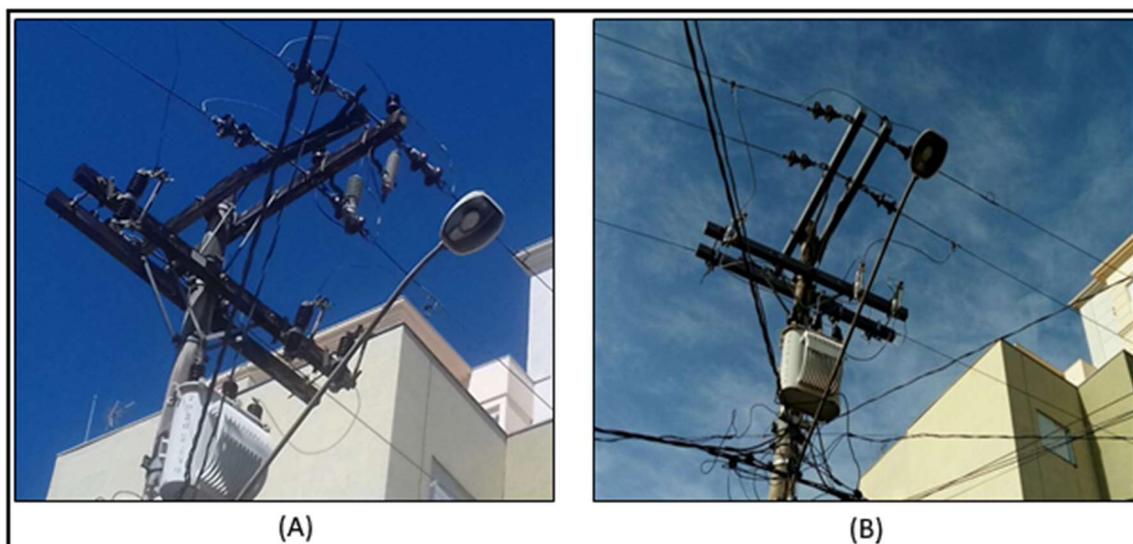


Figura 15 - (A) Cruzeta de madeira podre (B) Cruzeta polimérica após substituição. Fonte: Acervo do Autor.

Já a Figura 16 mostra um apontamento de cruzamento de rede primária de um mesmo alimentador, também chamada de uma derivação. Esse tipo de derivação é um ponto onde é necessário manter o cuidado pois é muito susceptível a balanços e rajadas de ventos que podem causar curto entre fases. Devem sempre, por segurança, vir acompanhada de espaçadores entre as fases, motivo desse apontamento.



Figura 16 - (A) Derivação sem espaçadores (B) Derivação após instalação de espaçadores. Fonte: Acervo do Autor.

Nas Figura 17 e 18, encontra-se dois casos típicos de problemas de vegetação em contato com a rede elétrica. Na Figura 17a uma árvore de grande porte dentro da residência de um cliente cresce em direção a rede, causando o risco de queda de galhos, e na Figura 17b, a árvore após a poda. Já na Figura 18a uma árvore de calçada que não é apropriada para o ambiente urbano por ser de grande porte, cresceu até ocupar todo o entorno dos condutores da rede primária, exigindo assim um cuidado e trabalho extra para ser podada. A Figura 18b mostra a árvore após poda em forma de V, evitando o crescimento rápido da vegetação em direção a rede novamente.



Figura 17 - (A) Árvore em espaço privado crescendo em direção a rede primária (B) Árvore após a poda. Fonte: Acervo do Autor.



Figura 18 - (A)Árvore em espaço público entorno do condutor primário (B)Árvore após a poda em formato de V. Fonte: Acervo do Autor.

A utilização das informações de forma padronizada e bem estruturada possibilitou que a distribuidora de energia elétrica otimizasse as resoluções dos apontamentos. Como exemplo quantitativo, foi analisado a resolução dos apontamentos demonstrados nas Figuras 15, 16, 17 e 18. Esses apontamentos, realizados dentro de na cidade de Tatuí, somaram juntos um ganho de 12.000 CHI (Consumidor Hora Interrompido) evitados, ou seja, se os 4 casos apontados nos exemplos chegassem a causar interrupções, os tempos necessário para as equipes de reestabelecimento saíssem da base e resolvessem os problemas levariam 12.000 unidades consumidoras a ficarem 1 hora sem energia elétrica.

4 Conclusões

A utilização do aplicativo por parte dos colaboradores foi de grande facilidade e adaptação, possibilitando a coleta de uma vasta quantidade de elementos com necessidade de manutenção mapeadas. Essas informações, após serem categorizadas, geraram um conhecimento da localização dos grandes causadores de interrupções, sendo eles as cruzetas de madeira podres e as vegetações tocando a rede, que juntas somaram 60% dos casos apontados. Do total de apontamento, 24% foram executadas ações corretivas pela distribuidora de energia elétrica da cidade.

Este trabalho alcançou o objetivo de desenvolver e disponibilizar um aplicativo de celular para garantir a qualidade das informações apontadas nas redes de distribuição, aumentando a efetividade das inspeções e maximizando a forma do uso dos recursos disponíveis para a manutenção dessas redes. Além disso, houve uma melhora no DEC e o FEC das cidades que utilizaram o aplicativo e o tema de Inteligência coletiva foi introduzido com sucesso no meio da distribuição de energia elétrica.

Para trabalhos futuros, com os conhecimentos aqui adquiridos, é interessante verificar, a possibilidade de incorporar o aplicativo nos sistemas integrados nas distribuidoras de energia elétrica, para aumentar a velocidade no processo. Também é válido analisar a abertura do aplicativo para os consumidores de energia elétrica, os quais poderiam inspecionar a rede em sua rua, e com um grande número de informações e vários usuários categorizando os mesmos elementos, gerar uma inteligência coletiva.

Referências Bibliográficas

- [01] COGE, Fundação. 2005. Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade. Manual de Treinamento CNSP. Disponível em: <http://www.drsergio.com.br/nr10/ARQV/> 15, 17
- [02] Página na internet acessada no dia 22 de outubro 2017:
<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/OperacaoCapacidadeBrasil.cfm> 17
- [03] Página na internet acessada no dia 22 de outubro 2017: <http://www.aneel.gov.br/prodist> 18
- [04] PRAZERES, Romildo Alves dos. Curso Técnico em Eletrotécnica. Módulo 2. Livro 13: Redes de distribuição de energia elétrica e subestação. Curitiba. Base Didáticos. 2008. 19, 20
- [05] LIMA, Moisés Gomes de, Apostila de construção de redes de distribuição. Ceará. 2011 19, 20
- [06] JEREMIAS, Gladimir. Proteção do Sistema Elétrico. Curso de Eng. Elétrica. 8ª fase. 2014. 21
- [07] Página na internet acessada no dia 22 de outubro 2017 <http://old.weg.net/br/Produtos-e-Servicos/Geracao-Transmissao-e-Distribuicao-de-Energia/Transformadores> 21
- [08] KARDEC, A; NASCIF, J. Manutenção: Função Estratégica. 2ª Ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2006. 21
- [9] Da Silva, Marcelo Moro; Santos, Marilde Terezinha Prado. Os Paradigmas de Desenvolvimento de Aplicativos para Aparelhos Celulares. In: Revista TIS, v. 3, n. 2, 2014. Disponível em: Acesso em: 26 out. 2017. 24
- [10] Página na internet acessada no dia 09 de novembro de 2017: <http://ai2.appinventor.mit.edu/> 24

Apêndice A – Links para Mapa Georreferenciado

A.1 Mapas de apontamentos realizados

A tabela 3 traz os links dos mapas, utilizados nesse estudo, os quais possuem todos os apontamentos realizados pelos colaboradores utilizando o aplicativo Geike. Os mapas podem ser acessados colando os links em um navegador de internet.

Tabela 3 - Links para consulta dos mapas georreferenciados com os apontamentos realizados

Cidades e arredores	Link do Mapa
Tatuí	https://goo.gl/8OiEzz
Tietê	https://goo.gl/MSA2ma
Piedade	https://goo.gl/yZhPeY

A.2 Mapas de ações concluídas

A tabela 4 traz os links dos mapas, utilizados nesse estudo, os quais possuem somente os apontamentos que já tiveram ações corretivas realizadas. Os mapas podem ser acessados colando os links em um navegador de internet.

Tabela 4 - Links para consulta dos mapas georreferenciados com os apontamentos que tiveram ações corretivas executadas.

Cidades e arredores	Link do Mapa
Tatuí	https://goo.gl/z39snw
Tietê	https://goo.gl/6hSNzP
Piedade	https://goo.gl/GSdyx2

Apêndice B – Exemplos de apontamentos

Exemplos de situações e defeitos são apresentados nessa seção, nas Figuras 19 a 27, que foram apontados em inspeção de rede visual utilizando o aplicativo descrito neste estudo.



Figura 19 - Cruzeta de madeira podre em um poste que possui angulação entre os condutores. Fonte: Acervo do Autor.

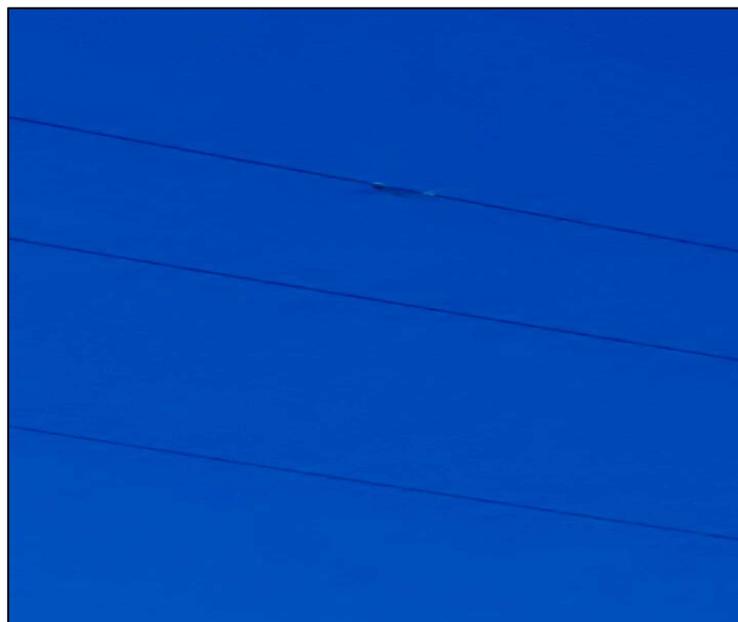


Figura 20 - Cabo da rede primária na eminência de rompimento. Fonte: Acervo do Autor.

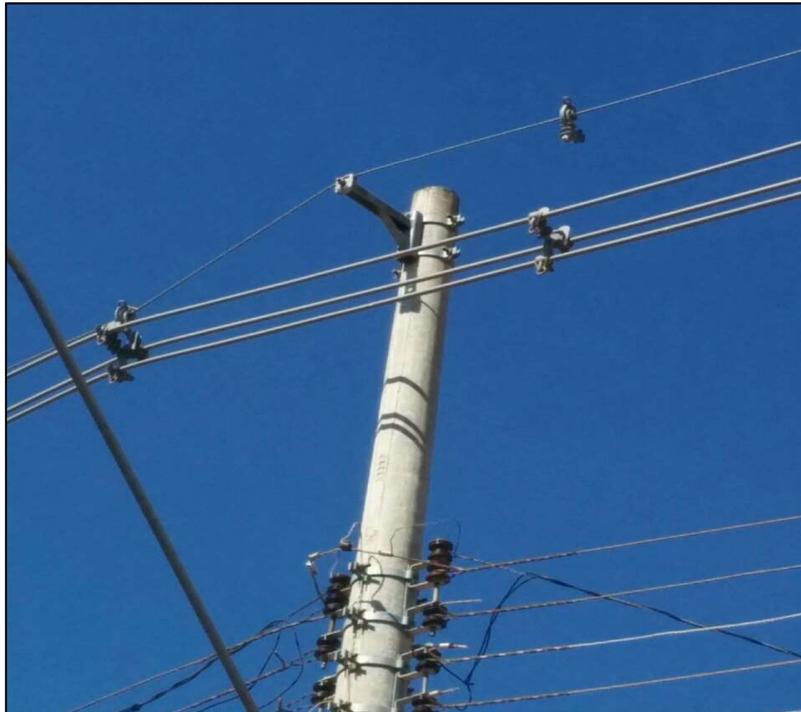


Figura 21 - Espaçador losangular quebrado em rede compacta. Fonte: Acervo do Autor.



Figura 22 - Poste abalroado por caminhão. Fonte: Acervo do Autor.



Figura 23 - Poste de madeira com rachadura na ponta do poste. Fonte: Acervo do Autor.



Figura 24 - Poste de madeira fora de prumo. Fonte: Acervo do Autor.

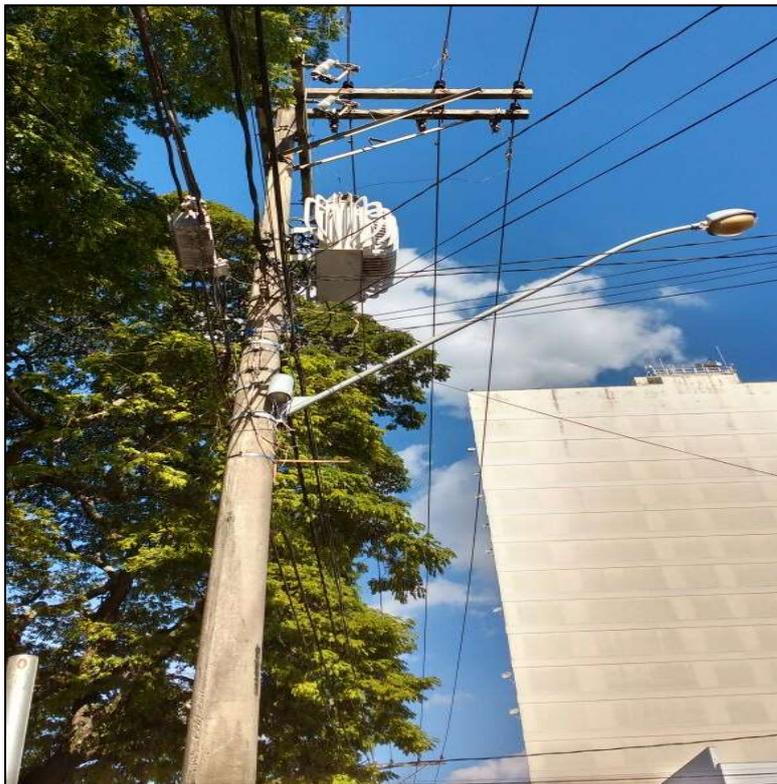


Figura 25 - Vegetação sobre a rede primária de energia elétrica. Fonte: Acervo do Autor.



Figura 26 - Vegetação entrelaçado com a rede secundária de energia elétrica. Fonte: Acervo do Autor.

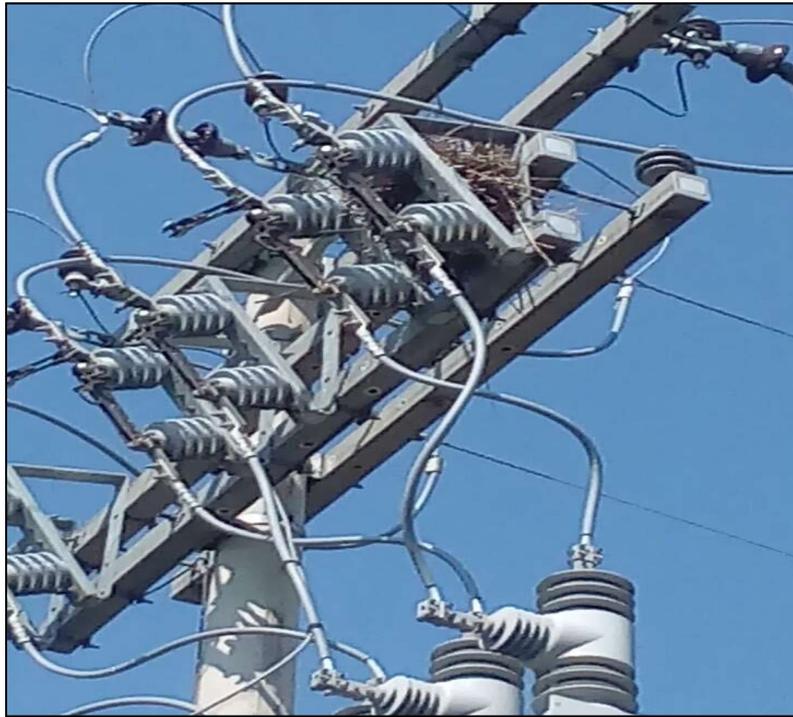


Figura 27 - Ninho de pássaro em chave faca. Fonte: Acervo do Autor.