



**FUNDAÇÃO
UNIVERSIDADE
FEDERAL DE
MATO GROSSO DO SUL**

**FACULDADE DE ENGENHARIAS,
ARQUITETURA E URBANISMO E
GEOGRAFIA**

ENGENHARIA ELÉTRICA

**Metodologia de gestão de dados e sua aplicação em compras de ativos
elétricos em sistemas de distribuição de energia elétrica.**

Luan Henrique Soares Diniz Afonso

**Campo Grande MS
20 de dezembro de 2020**



FUNDAÇÃO
UNIVERSIDADE
FEDERAL DE
MATO GROSSO DO SUL

FACULDADE DE ENGENHARIAS,
ARQUITETURA E URBANISMO E
GEOGRAFIA

ENGENHARIA ELÉTRICA

Metodologia de gestão de dados e sua aplicação em compras de ativos elétricos em sistemas de distribuição de energia elétrica.

Luan Henrique Soares Diniz Afonso

Orientador: Prof. Dr. Jéferson Meneguim Ortega

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul na Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro(a) Eletricista.

Campo Grande MS
20 de dezembro de 2020

Metodologia de gestão de dados e sua aplicação em compras de ativos elétricos em sistemas de distribuição de energia elétrica.

Monografia apresentada à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul na Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia, para obtenção da Graduação em Engenharia Elétrica.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Jéferson Meneguín Ortega.

Orientador

Prof. Dr. Jair de Jesus Fiorentino

Prof. Dr. Paulo Irineu Koltermann

Campo Grande MS
20 de dezembro de 2020

DECLARAÇÃO DE AUTORIA E RESPONSABILIDADE

Luan Henrique Soares Diniz Afonso, residente e domiciliado na cidade de Campo Grande, Estado do Mato Grosso do Sul, portador do RG de nº 1112616/RO e CPF nº 00262754223, declaro que o “Trabalho de Conclusão de Curso” apresentado, com o título “Metodologia de gestão de dados e sua aplicação em compras de ativos elétricos em sistemas de distribuição de energia elétrica.” é de minha autoria e assumo a total responsabilidade pelo seu conteúdo e pela originalidade do texto. Declaro que identifiquei e referenciei todas as fontes e informações gerais que foram utilizadas para construção do presente texto. Declaro também que este artigo não foi publicado, em parte, na íntegra ou conteúdo similar em outros meios de comunicação, tendo sido enviado com exclusividade para a Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS).

Campo Grande, 20 de dezembro de 2020.

Luan Henrique Soares Diniz Afonso

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a minha mãe, que me proporcionou tudo em minha vida para que pudesse concluir este passo em minha formação. Agradeço ao meu pai e minha vó por me dar a possibilidade de estudo. Agradeço a todos os familiares que me deram o suporte durante todos os anos do curso. Agradeço meu orientador por todo o apoio e motivação para transformar um simples relatório de estágio em um trabalho acadêmico. Por fim, agradeço a todos do meu estágio por me permitirem a oportunidade de trabalho e as ferramentas para realizar o projeto.

.

RESUMO

Com o avanço da economia e o desenvolvimento social, os centros urbanos passam por um processo de expansão e aumento de suas capacidades. Essa expansão, por sua vez também diz respeito ao aumento da demanda de energia para a realização das atividades nas cidades. Tendo em vista o cenário crescente da solicitação de energia elétrica no país, uma maior disponibilidade na rede se vê necessária, com as empresas responsáveis, sejam elas públicas ou privadas, tendo que aumentar ou atualizar suas áreas de operação, envolvendo a aquisição de ativos elétricos. O presente trabalho tem como objetivo mostrar o desenvolvimento e a aplicação de uma ferramenta de acompanhamento de ativos elétricos fazendo o uso de técnicas de metodologias ágeis, *Business Intelligence* e *softwares* de automação para computadores. O estudo teve sua necessidade no período de estágio do presente acadêmico, em uma distribuidora de energia elétrica, onde as circunstâncias revelaram que, nos processos da empresa, uma ferramenta de acompanhamento se fazia necessária para otimizar a gestão dos ativos elétricos, mais especificamente de proteção, destinados a subestações. O desenvolvimento do projeto se baseia em realizar um estudo para fundamentar teoricamente e praticamente a necessidade da ferramenta de acompanhamento em questão, a escolha dos programas de automação, o uso de ferramentas de gestão ágeis, evidenciando a escolha da metodologia ágil ao invés da tradicional e justificar os resultados adquiridos. Com o uso da metodologia ágil *Scrum* e dos programas *Excel*, *SQL Server* e *AutoHotKey* foi possível montar todo o esquema de aquisição de dados do projeto, onde os dados obtidos são analisados e um relatório disponibilizado através da plataforma *Power BI*, possibilitando às partes interessadas, um acompanhamento preciso e eficiente da aquisição de ativos elétricos.

Palavras-Chave: Ativos, Elétricos, Scrum, PowerBI.

ABSTRACT

With the advancement of technology and social development, urban centers pass through an expansion process and an increase in its capabilities. This expansion is also related to the increase on the energy demand the city needs to maintain its activities. With the rising energy demand scenario in the country, a better availability is necessary. With the responsible companies, be them public or private, having to increase or update its areas of operation that involve the acquisition of electrical assets. The present paper has as its objective to show the development and the application of an electrical asset management tool using agile management techniques, Business Intelligence and computers automation softwares. The study had its necessities in the period of the present student's internship in a power distribution company, where the circumstances revealed that in the processes of the company a management tool was required to optimize the electrical assets management, more specifically electrical protection assets destined to substations. The project's development is based on doing a study to fundament theoretically and practically the necessity of the management tool, the agile management choice instead of the traditional one and justify the obtained results. Using the agile management Scrum and the computer programs Excel, SQL Server and AutoHotKey, it was possible to mount all the data acquisition scheme where the acquired data are analyzed and a report is available through the Power BI platform, allowing the concerned parties a precise and efficient management of the electrical assets acquisition.

Keywords: *Assets, Electrical, Scrum, PowerBI*

LISTA DE FIGURAS

<i>Número</i>		<i>Página</i>
Figura 2.1	Instalação de ativos elétricos e seu tempo de manutenção.....	14
Figura 2.2	Relação de planejamento de manutenção.....	15
Figura 2.3	Relação de <i>CAPEX</i> e <i>OPEX</i> com a manutenção de subestações.....	18
Figura 2.4	Relé SEL-787 para transformadores.....	19
Figura 2.5	Relé SEL-751A de sobrecorrente.....	20
Figura 2.6	Fluxograma planejamento clássico.....	22
Figura 2.7	Exemplo de programação em AutoHotKey.....	27
Figura 2.8	Ciclo do <i>Scrum</i>	29
Figura 3.1	Interface inicial no <i>Power BI</i>	35
Figura 3.2	Interface gráfica no <i>Power BI</i>	35
Figura 3.3	Página de procura de PMA no <i>Power BI</i>	36
Figura 3.4	Interação nos gráficos de procura de PMA no <i>Power BI</i>	37
Figura 3.5	Relatório exibido no aplicativo para <i>smartphones</i>	38
Figura 3.6	Gráfico na versão <i>mobile</i>	39

SUMÁRIO

1. Introdução	9
1.1. Revisão Bibliográfica	9
1.2. Justificativa (motivação) para o desenvolvimento do trabalho	11
1.3. Objetivos.....	11
1.3.1. Objetivo Geral	11
1.3.2. Objetivos Específicos.....	12
1.4. Organização do Trabalho	12
2. Metodologia e Desenvolvimento	13
2.1. Fundamentação teórica e contextual.....	13
2.1.1. Gestão de ativos elétricos em subestações e seus custos.....	13
2.1.2. SCADA e IEDs	18
2.1.3. Método de planejamento de obras de subestação	20
2.2. Necessidade e construção da ferramenta	24
2.2.1. Criação da base de dados	24
2.2.2. Escolha da metodologia ágil	27
2.2.3. Exportação para um ambiente visual	30
2.3. Consolidação da ferramenta.....	32
3. Resultados	33
3.1. Aplicação da ferramenta	33
3.2. Aparência final	35
4. Conclusões Gerais	40
5. Referências	41

1. INTRODUÇÃO

Desde a metade do século 20 em diante, bancos de dados vêm sendo utilizados para armazenar registros e informações a respeito dos processos que ocorrem em uma determinada empresa. Estes registros, no começo, eram utilizados de forma momentânea, onde os dados, podendo eles serem crus ou informativos, eram estudados e um plano de ação era estabelecido para um futuro imediato, com os dados antigos se tornando obsoletos podendo ou não serem descartados para darem lugar a novos.

Ao decorrer dos anos, foi percebido que a efetividade de um plano de ação é composta pelas suas variáveis de estudo e que ao analisar os dados que vinham sendo adquiridos em conjunto com os dados antigos, o sucesso da estratégia adotada por uma empresa se tornava mais seguro. Com isso, foi identificada a necessidade de um estudo levando em consideração todos os dados que eram obtidos, não importando a data de sua aquisição. [1]

Com o desenvolvimento das ferramentas de criação e gerenciamento de banco de dados, se tornou possível relacionar dados de eventos separados, mas que poderiam ter informações complementares. Assim, todas as medidas de um plano estratégico de uma empresa poderiam ser analisadas a fim de se extrair a maior quantidade de informação e consequentemente um estudo eficiente envolvendo todos os dados seria possível. [1]

Este processo de analisar informações de uma base de dados, em escala geral, de uma empresa, com a finalidade de desenvolver um estudo para ajudar o plano estratégico da mesma é chamado de *Business Intelligence*, ou BI. Ao longo da história, BI ajudou o crescimento de muitas empresas e tornou possível suprir a demanda tecnológica e inovadora que crescia com passos largos a cada geração.

Firmada a importância do BI, muitos estudos acerca deste tema foram desenvolvidos e não mais era um fator diferencial, mas sim necessário para o bom andamento econômico e estratégico de uma empresa. Foram estabelecidas práticas comuns que tiravam o melhor desempenho da aplicação de BI em uma empresa. Sendo elas classificadas como análise, relatório e monitoramento. [1]

A parte de análise, como o próprio nome já diz, é a etapa na qual os dados angariados e armazenados no banco de dados são extraídos e organizados para serem estudados. A parte de relatório é onde os dados que foram organizados são mostrados de forma informativa, para que conclusões possam ser tomadas e efetivadas no plano estratégico. A parte de monitoramento é a etapa na qual os relatórios são constantemente analisados e comparados

com suas versões anteriores, obtendo assim uma noção da atual efetividade do plano adotado. [1]

O processo de criação de uma base de dados está intrinsecamente ligado ao processo de BI, pois uma ferramenta é necessária para que a outra seja efetiva. A base de dados deve ser criada de forma a colaborar diretamente com o BI e mudanças precisam ser possíveis para que um estado de harmonia seja alcançado. [1]

Quando se trata de subestações, existem vários métodos de gerenciamento de ativos elétricos presentes em uma subestação, sendo eles técnicos, baseados em pesquisas específicas na área, porém ao detectar problemas, ainda é necessário um processo de compra e aquisição de ativos elétricos. Este último processo necessita de uma análise de BI para que seu andamento não prejudique o gerenciamento dos ativos em campo e o bem estar da subestação.

1.1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O gerenciamento de ativos elétricos em uma subestação é de fundamental importância para o bom andamento da mesma e conseqüentemente do sistema conectado ao todo. Como informado em [2] e [3] existem vários métodos e estudos para analisar a condição de cada equipamento que está instalado em campo, com essas informações sendo enviadas para um banco de dados remoto e sendo processadas por um sistema de supervisão *SCADA* que então realiza cálculos e funções informando sobre a condição tanto atual quanto as passadas de um determinado conjunto de equipamentos.

Em [4] é possível ver que não somente conhecimento técnico é aplicado na área de gestão de ativos de componente de subestação, mas também há todo um estudo político numa tentativa de unificar os procedimentos para que haja troca de informações entre todas as empresas que gerenciam subestação ao redor do mundo, ampliando assim todo o conhecimento de área.

Tanto os artigos em [2] e [3], que falam sobre conhecimentos técnicos, quanto em [4] que fala sobre um estudo político tentando padronizar os métodos de gerenciamento e práticas que levam à melhores desempenhos, não falam sobre o processo de aquisição dos materiais que precisam ser substituídos, sobre a logística e a priorização por trás de uma compra desses materiais destinados à subestações.

Em [13] é possível observar que sistemas de banco de dados e seus programas gerenciadores vêm sendo usados de forma constante quando se trata de gerenciamento de

recursos em uma determinada aplicação. Apesar de existirem diversos métodos de banco de dados, não foi encontrado nenhum texto científico relacionando o uso de base de dados para gerenciar as compras de equipamentos elétricos destinados a subestação.

No processo criativo de uma base de dados, é necessário análise e modelagem do sistema sobre o qual a base obterá dados com a finalidade de aumentar sua organização e sua efetividade na hora da análise, tornando os dados muito mais fáceis de serem relacionados com eventos reais, físicos. Em [8] e [10] são mostradas regras de como utilizar o método de gerenciamento de projetos ágil a fim de obter uma maior participação de todas as áreas envolvidas no resultado final, porém são regras que precisam ser adaptadas para cada caso específico.

Não foi encontrado na literatura um trabalho similar que tenha como foco principal uma metodologia de gestão de dados e sua aplicação em compras de ativos elétricos em sistemas de distribuição de energia elétrica, como proposto neste trabalho, apenas estudos auxiliares que comprovam sua necessidade.

1.2. JUSTIFICATIVA (MOTIVAÇÃO) PARA O DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

Apesar de esforços serem feitos em favor do acompanhamento e manutenção de ativos elétricos que estão em campo, o acompanhamento da aquisição destes materiais no processo de compra, entrega, instalação e monetização não possuem um sistema tão eficaz ou estudos complexos fazendo uso de *softwares* de BI. A falta dessas ferramentas compromete o processo de acompanhamento dos ativos em campo a serem substituídos, pois se houver uma inabilidade de troca do equipamento defeituoso o sistema continuará prejudicado e a empresa não poderá monetizar o ativo suplente, causando assim um desbalanço entre *CAPEX* e *OPEX* e danos aos indicadores de qualidade DEC e FEC.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho é desenvolver uma metodologia de acompanhamento de dados sendo aplicada para monitorar e gerenciar a compra de ativos elétricos destinados a subestações de sistemas de distribuição.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Estabelecer a necessidade da ferramenta de acompanhamento
- Explicar sobre o sistema supervisório de subestações
- Vincular os tipo de manutenção com a necessidade da ferramenta
- Desenvolver o processo de consolidação da ferramenta
- Justificar as escolhas dos componentes para o projeto
- Amostrar os resultados alcançados
- Explicar a aplicação em um caso fictício
- Apresentar as dificuldades e planos futuros

1.4. ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO :

No Capítulo 2, é apresentada uma fundamentação teórica e contextual da gestão de ativos elétricos em subestações e seus custos, sua relação com o sistema SCADA e o planejamento de obras. Neste capítulo, é apresentada a importância da base de dados e de uma ferramenta ágil de gerenciamento impactando diretamente no planejamento das obras na concessionária.

No Capítulo 3 são apresentados os resultados simulados em um caso fictício da compra de ativos de uma subestação de empresas de distribuição demonstrando a eficiência da metodologia proposta no contexto do monitoramento e gerenciamento.

No Capítulo 4, são apresentadas as conclusões finais e propostas de continuidade do trabalho em planos futuros.

2. METODOLOGIA E DESENVOLVIMENTO

2.1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E CONTEXTUAL

2.1.1. *Gestão de ativos elétricos em subestações e seus custos*

Da metade para o fim do século passado novas tecnologias foram sendo implementadas afim de melhorar o sistema de fornecimento de energia elétrica [2]. Atualmente, esses sistemas precisam ser monitorados e renovados com intuito de garantir maior confiabilidade, pois o tempo de uso destes materiais influenciam diretamente nas suas capacidades elétricas.

Afim de medir a ação do tempo e de fatores externos nos materiais, diversos recursos de acompanhamento foram projetados e continuam evoluindo, sendo elas principalmente análises de tempo, condição, confiabilidade e risco dos ativos [2][3]. O principal motivo destas medições são para garantir a maior vida útil de um ativo e sua reposição quando necessária, porém tomando também como variável o custo e retorno financeiros destes equipamentos.

A operação sem risco de uma subestação é de extrema importância, pois uma subestação pode ser a entrada e saída de vários alimentadores e possui um grande número de ativos elétricos, de alto valor econômico, que geralmente funcionam em conjunto, então uma falha em um dos componentes pode levar à falhas em cascata, causando grandes perdas tanto em indicadores como financeiras.[4]

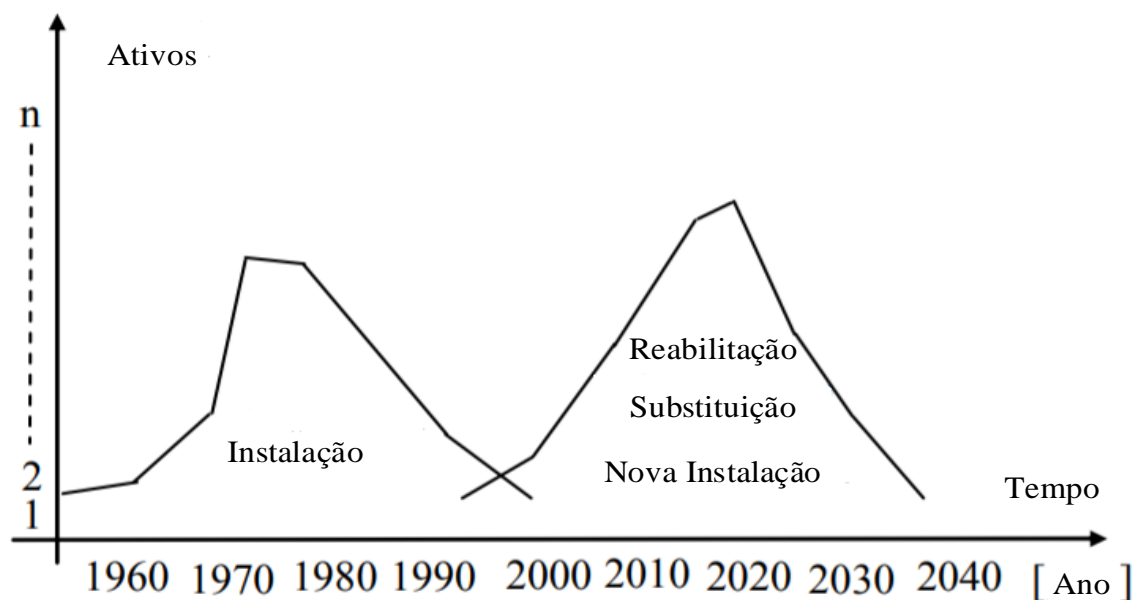
Com o objetivo de determinar qual componente precisa ter prioridade quanto ao seu monitoramento e manutenção, estudos precisam ser realizados nas empresas responsáveis pelas subestações e um plano de atuação de manutenção precisa ser elaborado como precaução e controle, baseado nos indicadores coletivos de continuidade, Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora (DEC) e Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora (FEC), e também nos valores de investimento e custo, respectivamente *Capital Expenditure (CAPEX)* e *Operational Expenditure (OPEX)*. [4] [3]

Toda a confiabilidade do sistema elétrico de uma subestação está depositada na confiabilidade de seus componentes, por este motivo subestações precisam ter seus ativos elétricos supervisionados em todos os momentos com o intuito de avaliar seu potencial operativo, se está em risco ou não. O nível de robustez de uma subestação precisa ser muito alto pois todas as partes interessadas na demanda de energia são extremamente afetados em

sua falta, como por exemplo indústrias, que têm um prejuízo enorme no caso de uma interrupção no fornecimento.

A gestão de ativos elétricos em subestações é de extrema importância e precisa ter prioridade máxima quando se trata de prevenção de falhas. Os ativos elétricos implementados em uma subestação, conforme a passagem do tempo, vão se desgastando ou ficando obsoletos pela chegada de novas tecnologias e precisam ser melhorados ou até mesmo substituídos [2]. Para manter todo o sistema em plena operação, as empresas responsáveis precisam realizar estas manutenções ou trocas em tempo hábil. A figura 2.1 ilustra a passagem do tempo indicando a época de instalação e a previsão para manutenção nos ativos.

Figura 2.1 – Instalação de ativos elétricos e seu tempo de manutenção



Fonte: [2]

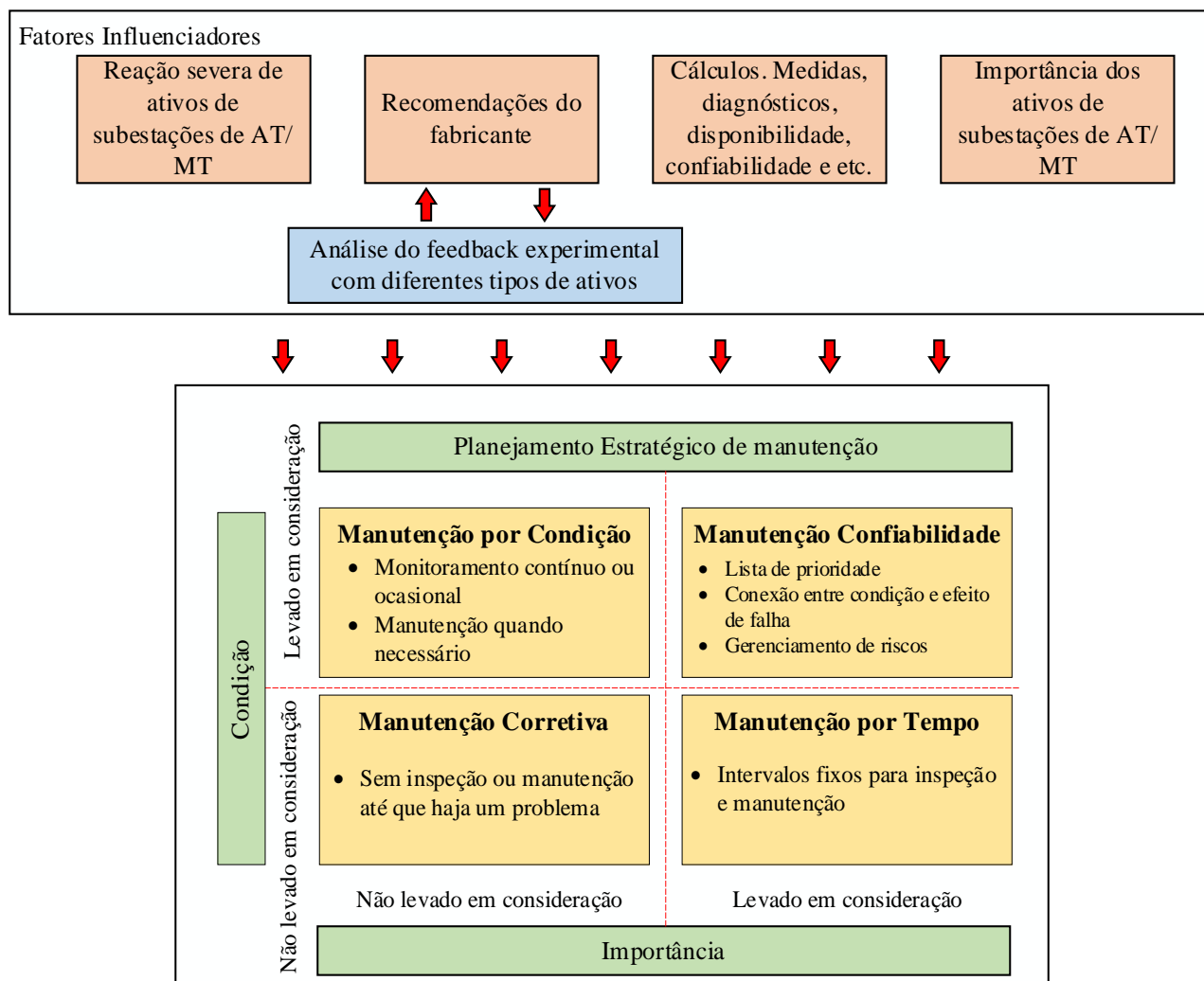
O objetivo da gestão de ativos elétricos em uma subestação é prever/identificar defeitos e otimizar os custos e tempo de manutenção, para que se aproximem das previsões citadas na figura 2.1 [3]. Os equipamentos possuem uma ordem hierárquica de prioridade de manutenção, onde cada empresa precisa montar um plano de prioridade e otimização da manutenção de cada equipamento.

Uma falha em dos ativos pode gerar uma reação em cadeia e danificar todos os outros componentes do sistema, como por exemplo uma falha em um dos sistemas de proteção pode levar à uma sobrecarga de barramento que por sua vez pode gerar muito esforço mecânico e se romper, causando danos físicos na subestação em geral.

A manutenção em uma subestação possui dois perfis, sendo eles manutenção preventiva e manutenção corretiva [3], com a preventiva adotando medidas, de tempos em tempos, para que defeitos sejam evadidos antes que aconteçam e a corretiva adotando medidas rápidas na situação após um defeito em um ativo. Neste contexto, o melhor cenário possível seria se as estratégias de monitoramento sempre identificassem problemas antes de eles acontecerem, possibilitando a aplicação de um plano previamente estabelecido de manutenção para que a subestação não ficasse comprometida.

A manutenção preventiva leva em consideração vários aspectos, relacionados em 3 categorias, manutenção por tempo, manutenção por condição e manutenção por confiabilidade. As suas relações são dadas pela figura 2.2.

Figura 2.2 – Relação de planejamento de manutenção



Fonte: [3]

A manutenção por tempo se dá pela coleta de dados do status atual de cada equipamento em uma rotina de tempo pré-determinada baseado na vida útil do componente. A manutenção por condição se utiliza dos dados angariados, verificando a condição de operação de cada equipamento e compara com dados de sua eficiência máxima, tirando assim um valor para a condição do equipamento. Por último há a análise de confiabilidade do equipamento, que leva em consideração o plano de prioridade, a confiabilidade dos equipamentos conectados a este e o fator de risco para a instalação, para tomar uma decisão de manutenção.

Vale lembrar também que dentro da categoria de manutenção preventiva existe a manutenção preditiva uma nova classificação de manutenção que ganhou força nos últimos anos e que tenta, por meios tecnológicos, inteligência artificial e redes neurais, prever a ocorrência de problemas fazendo análises de diversos fatores angariados tanto da subestação como fatores externos e dados de fabricante, como por exemplo a taxa de problemas de um equipamento baseado no histórico fornecido pelo fabricante e empresas concorrentes, e fatores climáticos como umidade e temperatura ambiente que podem diminuir a qualidade de operação de um equipamento.

Já a manutenção corretiva acontece após o defeito no equipamento e leva em consideração o plano de prioridades para reposição do ativo. No cenário contemporâneo existe uma certa precaução por parte das empresas que controlam as subestações em relação à manutenção corretiva, pois um equipamento pode entrar em um estado defeituoso imprevisivelmente, forçando as companhias a realizarem manutenções emergenciais, o que dependendo da situação pode acarretar em um prejuízo muito grande tanto nos indicadores DEC e FEC quanto em valores monetários [3]. Os indicadores DEC e FEC são dados respectivamente por (1) e (2).

$$DEC = \frac{\text{Número de horas de interrupção para os consumidores}}{\text{Número total de consumidores atendidos}} \quad (1)$$

$$FEC = \frac{\text{Número de interrupções para os consumidores}}{\text{Número total de consumidores atendidos}} \quad (2)$$

As empresas de distribuição de energia elétrica que cuidam das subestações precisam balancear o uso da manutenção preventiva com a manutenção corretiva, pois apesar da preventiva de fato evitar problemas, possui um custo muito grande de operação, fazendo uso

de muita mão de obra, enquanto que a corretiva não tem custos operacionais, porém o equipamento precisa ser removido e muitas vezes substituído, com custos muito maiores, mas em largos períodos de tempo [3].

A subestação, além de precisar de manutenção em seus equipamentos, pode passar por um processo de expansão, caso o número de consumidores aumente, necessitando novos equipamentos para suprir a nova demanda. Tanto a manutenção quanto aquisição de novos equipamentos precisam coordenados de acordo com o plano de investimento da empresa. Um relatório de custo benefício é feito ao realizar um projeto de subestação, apontando os possíveis investimentos e retornos para cada componente.

Os valores dos índices DEC e FEC são estipulados pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), para manter um certo nível de controle e qualidade de fornecimento aos consumidores e estes índices precisam ser respeitados pelas empresas de distribuição de energia elétrica. Como as empresas precisam manter o limite estipulado, um investimento muito alto para reduzir drasticamente os índices não é bom economicamente, pois para um investimento muito alto, os custos de manutenção seriam elevados, ao passo que o retorno financeiro iria saturar no limite proposto pela ANEEL. O contrário também gera problemas, pois um investimento muito baixo com baixos custos operativos iriam causar um baixo retorno e uma quebra no limite dos indicadores.

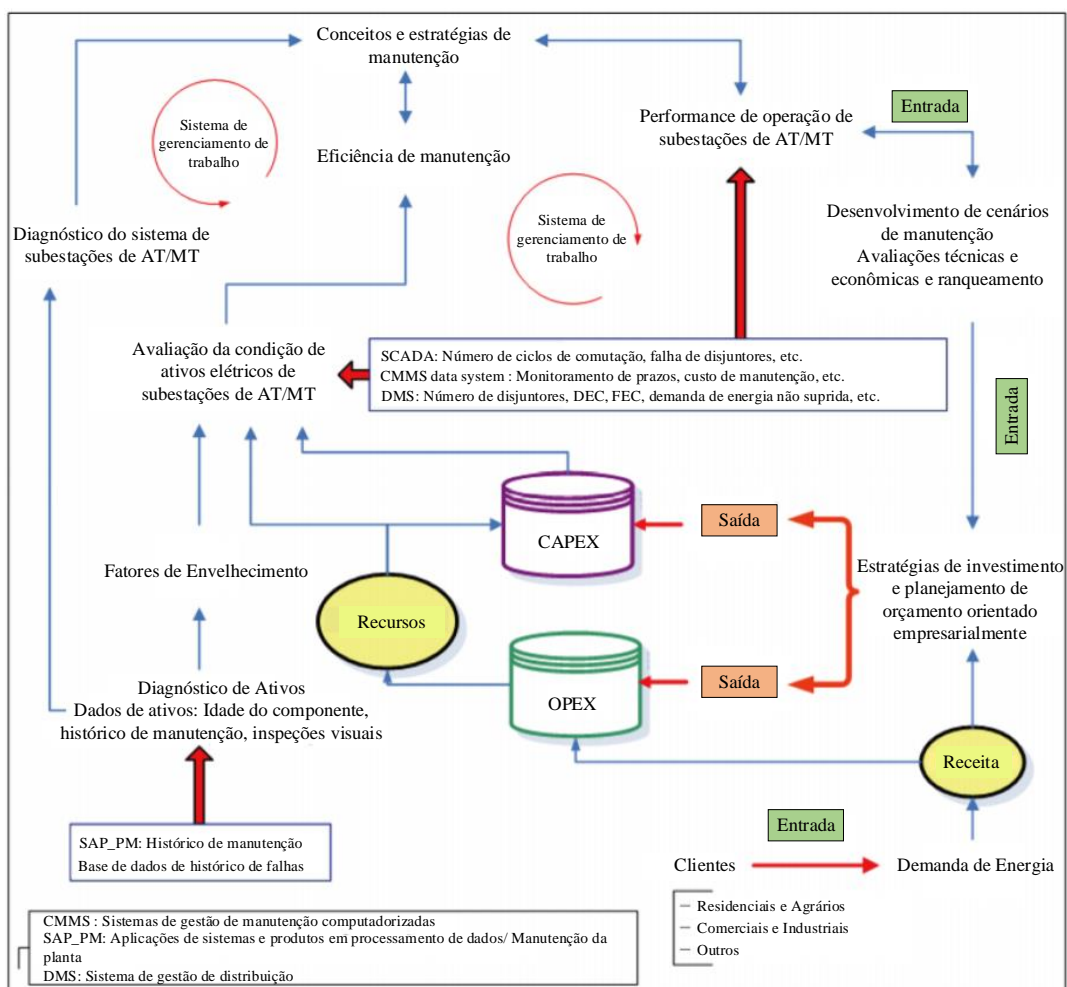
As empresas de distribuição de energia elétrica, principalmente as privadas, têm seu lucro em forma de retorno de investimento, ou seja, os lucros são pagos pela ANEEL por investimento aplicado e sua performance nos índices [5]. Este cenário requer que as empresas façam um balanço entre o investimento realizado, seu retorno econômico baseado nos índices e o custo para a operação do seu investimento. Esta relação é dada por *CAPEX* e *OPEX*, onde *CAPEX* é a quantidade do investimento e *OPEX* a quantidade do custo operativo, sendo o *CAPEX* o valor aplicado para remuneração.

Todas as alterações nas subestações precisam levar em consideração o *CAPEX* e *OPEX* a ser utilizado, a manutenção precisa ser avaliada quanto ao seu retorno e novos investimentos precisam ser avaliados de acordo com o aumento da demanda e seu possível aumento nos lucros, bem como seu impacto nos índices de qualidade. A figura 2.3. consolida todo o sistema de manutenção, expansão e operação de uma subestação com os valores de *CAPEX* e *OPEX*.

Um ponto que vale ser ressaltado é que as empresas de distribuição de energia elétrica, no Brasil, respondem à ANEEL em forma de performance ao redor dos índices estipulados. Se a taxa de um índice estipulado pela ANEEL está precária, ocorre um problema

de regulação da agência reguladora em questão. As empresas devem sim ter em mente o bom funcionamento da rede elétrica bem como empatia por seus consumidores, afinal sem os consumidores o trabalho da empresa se torna obsoleto, entretanto a remuneração de uma empresa vem quase que exclusivamente da agência reguladora, exigir que uma empresa faça mais do que será pago pela agência reguladora é explorar não só a empresa, mas também seus trabalhadores.

Figura 2.3 – Relação de CAPEX e OPEX com a manutenção de subestações



Fonte: [3]

2.1.2. SCADA e IEDs

Sistema de supervisão, controle e aquisição de dados, do inglês *Supervisory Control And Data Acquisition (SCADA)*, é uma classe de programas para realizar o que o seu próprio nome diz, supervisionar, controlar e adquirir dados de um outro sistema qualquer. Seu principal funcionamento é adquirir dados massivos em tempo real e armazená-los em uma

base de dados, sendo possível ao mesmo tempo, através do mesmo, interferir no sistema supervisionado de forma remota.

As subestações são supervisionadas por um ou mais *softwares SCADA*, que têm a função de monitorar todos os dados dos equipamentos ali presentes e alimentar uma base de dados, providenciando dados importantes para os times de manutenção [6]. Estes dados são analisados por pessoas capacitadas para entender o que está se passando com o sistema supervisionado e é daí que se dá toda a análise considerada no estudo da manutenção.

Os *IEDs*, do inglês *Intelligent Electronic Devices* ou dispositivos inteligentes eletrônicos em português, são dispositivos inteligentes geralmente a base de microprocessadores que controlam, supervisionam e atuam sobre outros componentes elétricos na subestação. O maior exemplo são os relés, que toda sua configuração de atuação é baseada na programação instalada no seu *IED* responsável. Os *IEDs* não só oferecem proteção e um método de controle robusto para outros equipamentos elétricos, mas também servem para registrar todas as alterações comportamentais destes equipamentos, que é daí onde o *SCADA* retira os dados [6]. Exemplos de *IED* podem ser vistos nas figuras 2.4. e 2.5.

Figura 2.4 – Relé SEL-787 para transformadores



Fonte: [7]

Figura 2.5 – Relé SEL-751A de sobrecorrente



Fonte: [7]

O SCADA, através dos IEDs, consegue ver em tempo real e manter um histórico de todos os eventos que aconteceram de um equipamento, como por exemplo um disjuntor que é afetado por degradação tanto elétrica quanto mecânica. No caso de uma falha de um disjuntor, ou de uma atuação errada, o SCADA também é responsável por emitir um alarme para os operadores do sistema, para que fiquem cientes de que há um problema a ser resolvido, identificando qual a parte defeituosa, seja ela mecânica ou elétrica [6]. Este sistema de alarmes também é de grande importância no estudo e planejamento da manutenção.

Dentre as funções exercidas pelo SCADA, algumas se destacam, como monitoramento de disjuntores e dispositivos de proteção, localização de falta, relatório de *trips*, automação da sequência de proteção, controle e supervisão de equipamentos, mudança de parâmetros nos IEDs remotamente e monitoramento da rede de comunicação que conecta a subestação ao centro de operação da empresa responsável [6].

2.1.3. Método de planejamento de obras de subestação

Conforme as subestações vão precisando de manutenção ou inovação, seja por defeito ou por um aumento na demanda de energia ou índices, novos planos de negócio precisam ser pensados afim de tornar todo o processo viável economicamente. O planejamento de uma obra dentro de uma subestação é um processo complexo que envolve muitas áreas e leva em consideração todo o histórico de dados angariados pelo SCADA.

No cenário contemporâneo, para maximizar a efetividade de um projeto, existem técnicas de gerenciamento de projetos que permitem aos envolvidos terem noção de todas as capacidades e recursos e utilizá-los da melhor forma possível. Estas técnicas são divididas em duas categorias o gerenciamento clássico e o gerenciamento ágil.

O gerenciamento de projetos clássico é uma série de diretrizes compiladas ao longo dos anos de forma empírica que busca o máximo desempenho do projeto, visando sempre o respeito aos prazos estipulados para cada etapa do projeto. O gerenciamento clássico tem sua principal característica o planejamento robusto e muita coleta de informação antes ou no começo do projeto, ou seja, todo o projeto é planejado no seu início e o plano deve seguir aqueles conformes e o projeto só é entregue quando é totalmente finalizado, tendo pouco poder de mutação ao longo do tempo.

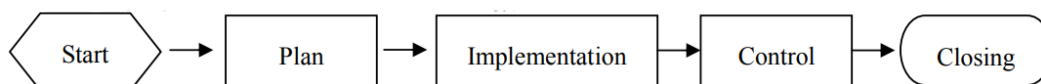
A gestão ágil segue em outra direção, sendo o oposto da gestão clássica, nesta todo o planejamento vai sendo feito conforme o projeto segue. É realizado um planejamento de necessidade inicial e então algumas demandas, ou marcos, são estipulados, sendo estes baseados nas prioridades do projeto. Esses marcos são as entregas que serão feitas às partes interessadas e a cada entrega parcial do projeto as partes interessadas enviam um *feedback* e a equipe responsável pelo projeto pode realizar alterações ou partir para planejar a próxima entrega, tendo como base o *feedback*. Em suma, o projeto vai sendo entregue aos poucos e o planejamento vai mudando a gosto das partes interessadas a cada entrega.

A escolha entre gestão clássica e ágil varia pra cada projeto, mas para o projeto de subestações a melhor escolha é a gestão clássica. Uma obra de subestação necessita de um grande planejamento para ser realizada, desde o motivo da obra até a escolha dos seus componentes. A gestão clássica se sobressai neste quesito, pois o planejamento inicial feito para uma obra de subestação também leva em consideração uma previsão para o aumento da demanda após o projeto ser concluído, não tendo uma mudança significativa de necessidade a cada momento do projeto, então a gestão ágil trabalharia com entregas mais rápidas porém iria precisar realizar diversos planejamentos desnecessários ao longo do tempo pois as mudanças de uma entrega para outra permanecem as mesmas.

A gestão clássica começa com uma reunião inicial onde se definem as necessidades para o projeto e as suas características técnicas e financeiras. Após este salto inicial o projeto passa por uma análise das partes interessadas para confirmarem se tudo está de acordo com o interesse comum e então é iniciada a fase de planejamento. Com os planos documentados começa a fase de implementação dos componentes do projeto, seguida da fase de controle, onde tudo passa por uma verificação de qualidade. Com todos os testes feitos, o projeto é

finalizado na fase de encerramento, onde o projeto é entregue e todos os processos que ainda estão abertos precisam ser finalizados [8].

Figura 2.6 – Fluxograma planejamento clássico



Fonte: [7]

Com o intuito de manter todo o processo organizado, é necessário um líder de operação, que será o gestor de todo o projeto e encarregado de concluir seus objetivos trabalhando com os recursos disponíveis, aplicando eficientemente todo o conhecimento das áreas participantes [8]. Este líder é chamado de Gerente de Projeto (GP) e tem o dever de gerir o escopo, tempo, custo, recursos humanos, riscos, informação, integração e controle de qualidade do projeto [8]. O GP de um projeto não trabalha sozinho, mas sim harmonizando os setores da empresa que farão parte da execução sendo auxiliado pelo *Project Management Office (PMO)*, em português escritório de gerenciamento de projetos, que tem o dever de definir e garantir a aplicação de padrões gerenciais dentro de uma empresa.

O *Kick-Off Meeting (KOM)*, em português reunião de partida, é um planejamento básico inicial onde as partes interessadas junto com o GP e o *PMO* definem os papéis que cada integrante vai assumir, o escopo do projeto, os riscos de operação detalhando seu possível impacto no tempo de entrega do projeto e priorização das execuções das atividade junto às partes interessadas.

A fase de planejamento é onde todos os integrantes devem assumir seus papéis e todos os dados precisam ser compilados de forma a gerar um relatório sucinto que relaciona ação por necessidade e definir o método de sua aplicação. Nesta etapa é onde todos os dados armazenados pelo *SCADA* entram, o relatório de planejamento possui informações que justificam uma manutenção ou expansão de uma subestação, ou seja, os dados dos equipamentos são mostrados aqui para justificar a ação a ser tomada em uma subestação, bem como os equipamentos que devem ser adquiridos.

A implementação consiste em de fato implementar tudo aquilo que foi planejado na fase anterior, onde tudo aquilo que foi definido no relatório de planejamento é aplicado. Neste ponto do gerenciamento de projeto de subestações é que se dá a necessidade do trabalho em questão, pois todo o planejamento inicial precisa ser implementado porém devido a problemas

de logística e comunicação, os equipamentos não chegam e esta etapa é consideravelmente prejudicada, comprometendo assim toda a entrega do projeto e indiretamente prejudicando todo o orçamento e índices da empresa.

A etapa de controle é quando toda a implementação é realizada e o projeto em si passa por uma análise qualitativa, para garantir que nada foi implementado erroneamente e que o sistema está em pleno funcionamento. É nesta etapa também onde o planejamento de risco vem à tona, pois aqui ele toma forma e os processos de prevenção de riscos são executados e ao fim disto um plano de contenção e resposta de riscos é implementado, garantindo que na fase de encerramento o projeto esteja nos conformes [8].

A última etapa do gerenciamento de projetos clássico é o seu encerramento, onde todas as operações que tiveram início na fase de implementação devem ser finalizadas para que o projeto possa ser entregue funcionando corretamente. Ao final, um relatório de como o projeto foi entregue é redigido junto uma equipe de verificação para checar todos os aspectos, conferindo as premissas originais e comparando com os resultados entregues, garantindo a qualidade da entrega final. Esta última e fundamental etapa também é prejudicada pelo não acompanhamento dos materiais no processo de compra, pois se a compra não puder ser finalizada, o projeto não pode ser entregue.

2.2. NECESSIDADE E CONSTRUÇÃO DA FERRAMENTA

2.2.1. Criação da base de dados

Após toda a reunião inicial das obras em subestações, o GP do projeto fica responsável por mobilizar a equipe de compras para que todos os equipamentos escolhidos para o projeto, mais especificamente na sua fase de planejamento, sejam adquiridos e redirecionados para o campo em tempo hábil. Nesta etapa foi verificado, analisando historicamente na empresa, que a maior parte dos atrasos das entregas em obras de subestação são provenientes de atrasos na chegada dos equipamentos comprados.

A equipe, juntamente com o GP chegaram à conclusão de que uma base de dados para acompanhamento dos materiais seria necessária para armazenar todos os materiais que foram escolhidos no planejamento com todos os pedidos de compra realizados. O processo de compras consiste em uma lista elaborada pelo GP após o planejamento, com todos os equipamentos e suas especificações técnicas, agregando também um possível valor de mercado sendo este um ponto ótimo para a negociação quando por parte da equipe de compras.

A lista feita pelo GP é então enviada para o setor de administração, que deve transformar a lista em um Pedido de Material, abreviando, PMA. O PMA é um conjunto de materiais retirados da lista do GP que possuem uma mesma obra em comum, ou seja, os pedidos são agrupados por obra e são inseridos no sistema de compras da empresa, sendo cada PMA um número específico retornado pelo sistema ao final do processo. Estes PMAs são então redirecionados à equipe de compras, de forma automática pelo sistema, devendo ser comprados até a data limite informada nos próprios dados de cada PMA.

A equipe de compras tem o dever de negociar com possíveis fornecedores o preço dos materiais a serem adquiridos, visando sempre o equilíbrio entre o preço estipulado pelo GP e o valor atual de mercado do item. Ao receber um PMA, cada integrante da equipe de compras precisa inserir no sistema integrado da empresa que o pedido foi recebido e que está sendo negociado. É no sistema da empresa o ambiente onde os PMAs são armazenados e possuem seus status atualizados pelos compradores.

Após o processo de compra começar e o comprador ter lançado no sistema que recebeu o pedido, o próprio sistema estipula uma possível data de entrega, se baseando no histórico de tempo que cada classe de equipamento levou para ser entregue em compras passadas. O GP então é notificado pela equipe de administração desta possível data de entrega

e o próprio GP deve verificar se está de acordo ou se o tempo de entrega irá prejudicar o planejamento inicial.

A necessidade da base de dados se deu pelo efeito de comparação entre os materiais solicitados e os materiais que estão no processo de compras, pois o GP pode ter uma noção maior dos tempos de entrega das etapas de uma obra. Inicialmente uma base usando o programa *Excel* foi criada, de maneira bem simples, era uma compilação da lista inicial de todos os GPs atendidos pela equipe, porém para cada material listado, um novo dado foi adicionado, seu número de PMA.

A planilha gerada continha os seguintes dados: Data do pedido do GP, GP responsável, número do projeto, empresa responsável pela obra (A empresa em questão possuía várias ramificações), área responsável pela obra (Automação, proteção telecomunicação, etc.), nome do projeto, código do material, descrição do material, unidade, quantidade, total orçado por unidade, total orçado, especificação técnica do equipamento (Como por exemplo número de serial), número do PMA gerado, data prevista de entrega, total realizado pela equipe de compras e um último campo para observações.

A verificação da base de dados era feita de modo braçal, quando questionado pelo GP sobre os tempos de compra de um material, um integrante da equipe de administração tinha que retirar do sistema os dados que tinham sido atualizados pelos compradores e então confrontá-los com a base de dados gerada. Até então o funcionamento da base de dados era para cada vez que o GP solicitasse, a equipe de administração deveria colher dos dados, inseri-los na base de dados, injetar no sistema e escrever seu número de PMA gerado logo após.

O relatório de PMAs emitido pelo sistema é completo e fornecido por obra, ou seja, para cada obra o sistema retorna os PMAs com seus valores e status em uma planilha de *Excel*. Para facilitar a visualização e acompanhamento, foi inserido na base de dados dois novos campos, a data de modificação do último status do PMA e a quantidade de dias que ela não foi alterada. Desta forma era possível uma intervenção se um material estivesse muito tempo parado no processo de compras.

Este processo ia se provando cada mais menos ineficiente devido à alta quantidade de obras de subestação e ao elevado número de GPs em conjunto com sua separação de áreas. Um novo modo de verificação e programa de base de dados se tornou necessário, pois a base de dados precisava ser constantemente alimentada e migrada para um ambiente que seria possível seu gerenciamento de forma mais efetiva, a fim de tornar o monitoramento mais confiável. O novo programa escolhido foi o SQL Server, por sua fácil obtenção e baixa complexidade. Um método de gerenciamento de projetos precisava ser implementado no

processo de pedido e compras de materiais para agilizar e organizar a verificação das datas pelo GP.

O processo de atualização da base de dados necessitava de uma ferramenta de automação pois a responsabilidade de atualizar a base de dados tinha que ser retirada da equipe de administração para que a mesma pudesse ficar focada em receber os PMAs e garantir que os mesmos fossem inseridos no sistema corretamente, diminuindo a possibilidade de compra de um material com especificação técnica incorreta.

A retirada de dados do sistema da empresa é realizada de forma manual, onde um colaborador tinha que acessar o sistema e ir navegando com o *mouse* e teclado até o ponto necessário. Para evitar todo este problema a equipe de administração, juntamente com o departamento de informática tentou um modo de puxar os dados diretamente da base de dados que compunha o sistema, entretanto por uma questão de segurança e proteção a dados, não foi possível.

Como o jeito era retirar os dados usando o processo manual, uma ferramenta de automação para computadores se fez necessária. A ferramenta encontrada foi o *AutoHotKey*, que é um software *open-source* que permite a criação de *macros* que realizam a simulação automática de periféricos de interface humana para com o computador, como por exemplo *mouse* e teclado, através de uma sintaxe de programação própria [9]. Agora os dados poderiam ser extraídos da base de dados da empresa de forma automática, sem a necessidade do esforço da equipe de administração.

Dentre as funções existentes no *AutoHotKey*, as funções de clique do *mouse*, de teclas do teclado e identificação de imagens na tela foram as mais úteis, porém a função que foi decisiva na escolha desta ferramenta de automação foi a possibilidade de criar objetos orientados dentro do código do *software*, ou seja, era possível o controle de outros programas existentes no computador, como por exemplo, o *Excel* [9].

Para atualizar as planilhas de base de dados dos PMAs não era necessário apenas emitir o relatório de PMAs da base de dados da empresa, mas sim necessário organizar estes relatórios e agregá-los como novas planilhas no programa *Excel*. O *AutoHotKey*, com a função de controlar outros programas, era utilizado para abrir a base de dados no *SQL Server*, que continha os dados dos PMAs, as planilhas dos relatórios obtidos e executar *macros* pré-estabelecidos dentro do próprio *Excel*, programados em *VBA* (língua de programação de *macros* na plataforma *Excel*), que organizavam os dados para seguir a padronização estabelecida anteriormente enquanto que o *SQL Server*, ainda controlado pelo *AutoHotKey*,

importava todos os dados finais das planilhas para a base de dados, através da função de importação automática de planilhas de *Excel* inata do programa.

Figura 2.7 – Exemplo de programação em AutoHotKey

```

1 CoordMode, Mouse, Screen
2 CoordMode, Pixel, Screen
3 mes = 9 ; Digitar o mês atual
4 { ; >>>>>>>>>>>> <<<<<<<<<<<<<<<
5 Click -701, 56 ; Clica em algum lugar da tela
6 Sleep, 1000
7 Click -1024, 54 ; Clica em "Selecionar Empresa"
8 Sleep, 2000
9 Click -600, 441 ; Clica em "Sim"
10 Sleep, 1000
11 Click -924, 268, 2 ; Duplo clique em XXX
12 Sleep, 2000
13 Click -1084, 31 ; Clica em Consultas
14 Sleep, 2000
15 Send, 113 ; Digita 113 para ir na opção desejada
16 Sleep, 1000
17 Send, {Tab}%mes%{Tab}Reg{Down}{Tab}
18 Click -1342, 87 ; Clica em buscar
19 Sleep, 3000
20 Loop
21 {
22 ImageSearch, FoundX, FoundY, -1366, 0, 1920, 1080, C:\Users\lhasda\Desktop\AHK - Ferramentas\Obras em aberto\pronto.png
23 if (ErrorLevel = 0){
24 break ; image was found break loop and continue
25 }
26 }
27 Click -1273, 59 ; Salvar como
28 Sleep, 2000
29 Send, {Enter}
30 Sleep, 1000
31 Click -1033, 245 ; Seta de opções
32 Sleep, 500
33 Click -1175, 412 ; Excel 8 with headers
34 Sleep, 500
35 Click -1201, 219 ; Barra de nome
36 Sleep, 500
37 Send, _%mes%_2019-1
38 Click -996, 221 ; Salvar
39 Sleep, 1000

```

Fonte: Autor

2.2.2. Escolha da metodologia ágil

De nada adiantava ter uma base de dados sendo automaticamente alimentada se os dados a serem inseridos não tivessem uma referência sólida, não fossem bem organizados e não significassem nada e conforme o número de PMAs ia subindo, por parte dos GPs, o processo se tornava cada vez mais complexo, pois monitorar várias variáveis ao mesmo tempo que era necessário incluir novas sobrecarregava o time e todo o processo poderia ser comprometido por pressa, inutilizando assim a ferramenta de acompanhamento e gestão de compras de materiais.

Assim como todas as obras passam por um processo de gestão de projetos, o processo de alimentação da base de dados também precisava passar. A metodologia a ser escolhida não poderia ser a gestão clássica, pois os materiais não poderiam ser colocados de uma vez no sistema e se tivessem de ser planejados para serem colocados, ocorreria um atraso ainda maior na realização dos pedidos. A metodologia ágil foi então escolhida, por conta de sua eficiência na entrega de resultados parciais e sua habilidade de se modificar ao longo do projeto no intuito de se tornar cada mais ágil.

Como todo o processo dos PMAs se parecia muito com o desenvolvimento de um *software*, cada etapa da atualização da base de dados ia incrementando uma parte do programa, a metodologia de referência escolhida foi o *Scrum*, que é uma metodologia de gestão ágil para o planejamento de projetos de *software* [10]. No *Scrum* há um engajamento conjunto de todas as partes no sentido de que todos estarão trabalhando em harmonia para uma mesma finalidade.

O *Scrum* é uma metodologia ágil de gestão de projetos que foi criada a partir de uma equipe de desenvolvimento de *softwares* onde os seus integrantes precisavam trabalhar de forma contínua, sempre planejando o próximo passo ao mesmo tempo que precisavam entregar partes do *software* às partes interessadas. Para tal, o *Scrum* é composto de 3 elementos, os cargos, os processos e os objetos [11].

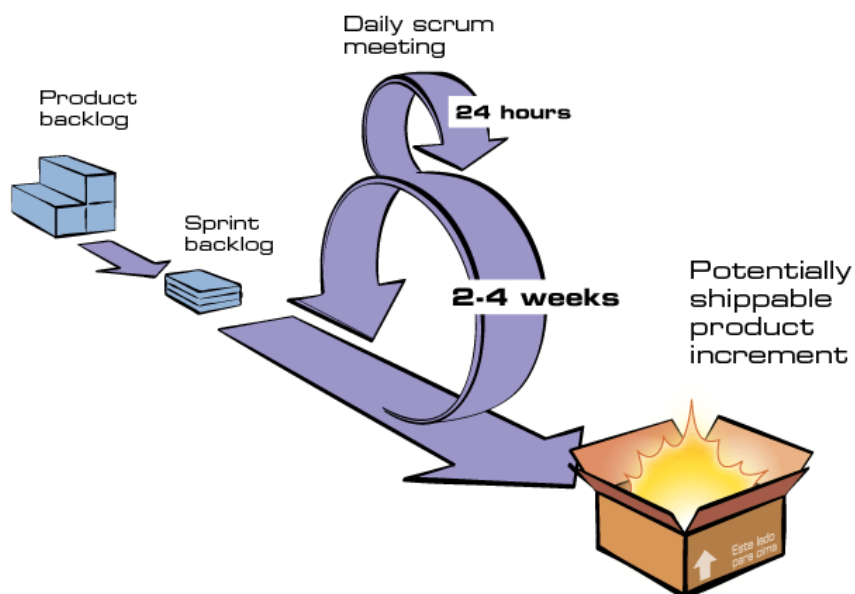
Dentre os cargos, existem o *Scrum Master*, que é o responsável por fazer a gestão de todo o processo agindo como um facilitador, funcionando de forma parecida com o GP da metodologia clássica, porém na metodologia ágil também faz parte da equipe, o *Scrum Team*, que é o time que irá realizar as atividades do projeto em conjunto com o *Scrum Master* e por fim o *Product Owner*, que é o dono do projeto, a parte responsável por deixar claro os objetivos do projeto, é o análogo às partes interessadas mostradas na metodologia clássica. Vale ressaltar que no *Scrum* não existe uma cadeia de autoridade entre os 3 cargos [11].

Os processos do *Scrum* são parte de um ciclo que se repete a cada iteração do projeto, com essa iteração chamada de *Sprint*, onde primeiro acontece o *Kick-off*, que é o pontapé inicial do projeto, onde é definido o escopo do projeto e detalhes da sua implementação, bem como um cronograma de entregas para cada *Sprint* que deve ser respeitado pelo time. O segundo processo é o *Sprint Planning Meeting*, onde há uma reunião para decidir o que deverá ser feito em uma *Sprint*, ou seja, um planejamento parcial do projeto que levará em conta as demandas feitas pelo *Product Owner*. O terceiro passo é a *Sprint* em si, onde a equipe deve trabalhar para terminar e entregar o proposto na *Sprint Planning Meeting* como um produto utilizável. Cada *Sprint* deve ter uma duração fixa, podendo variar de duas semanas até um mês

completo, mas a cada dia de trabalho a equipe deve se reunir para comentar e tentar resolver problemas encontrados no dia anterior, sendo este o quarto passo, *Daily Scrum*. O quinto e último passo é o *Sprint Review Meeting*, que é a reunião de entrega de uma *Sprint*, podendo haver a participação ou não do *Product Owner*, onde o time comenta sobre desafios enfrentados na *Sprint* que se passou, métodos para contorná-los no futuro e por fim uma retrospectiva da *Sprint* [11].

Dentre os objetos do *Scrum* está o *Product Backlog*, que é uma lista proveniente do *Product Owner* contendo todas as suas demandas para o projeto, com estas demandas priorizadas em ordem de entrega, ou seja, todas as demandas precisam receber uma prioridade para serem passadas para o time. O *Sprint Backlog* é a quebra do *Product Backlog* em vários outros pedaços de acordo com a priorização feita pelo *Product Owner*, cada pedaço será trabalhado em uma *Sprint* e será entregue em seu final. Por fim existem os *Release Burndown Charts* que são gráficos mostrando o progresso de cada *Sprint* e do projeto como um todo.

Figura 2.8 – Ciclo do *Scrum*



Fonte: [12]

Aplicando o *Scrum* no desenvolvimento da base de dados, o *Product Owner* é o GP do projeto, pois ele é o responsável por listar todas as demandas de materiais e sua priorização nos pedidos, o *Product Backlog*, além de deixar claro quais são os destinos e especificações técnicas de cada material. O *Scrum Master* é um membro da equipe de administração, sendo responsável por remover todos os impedimentos na criação da base de dados e tem a função

de reportar para o GP quaisquer problemas que aconteçam com os PMAS. O *Scrum Team* é o próprio time de administração responsável por emitir os PMAs e atualizar novos pedidos na base de dados.

O *Scrum Team* trabalha nos pedidos de materiais que são selecionados no *Sprint Backlog*, sendo este último decidido em uma breve reunião entre o time durante a *Sprint Planning Meeting*. A cada dia da *Sprint* a equipe se reúne com o *Scrum Master* para informar sobre o andamento dos pedidos de materiais e também emitir um relatório sobre os pedidos já realizados, para que o GP possa ser notificado e elaborar um plano de contingência caso alguma coisa não resulte como esperado.

Como realizar os pedidos de materiais é uma tarefa curta, uma *Sprint* dura 5 dias e após este tempo, a equipe entrega uma parte da base de dados para ser atualizada pelo *macro* do AutoHotKey. À medida que vão sendo atualizados, a base de dados informa, como já mencionado anteriormente, a quantidade de dias que o material não sofreu alteração em seu status e se este valor passar de 20% do seu tempo total estimado para entrega sem alteração alguma, a própria base, com ajuda do AutoHotKey, informa, em uma nova coluna da base de dados, que o material está em estado crítico e uma ação deve ser tomada para prevenir atraso nas obras de subestação.

Após toda a implementação do *Scrum*, era necessário montar gráficos de amostragem para mostrar para o GP e relembrar o *Scrum Team* da quantidade de materiais que precisava ser pedido e seu tempo previsto de entrega no planejamento inicial da subestação. A princípio gráficos do próprio *Excel* foram utilizados para este propósito, mas pouco tempo depois, esta ferramenta gráfica se provou ineficiente, pois os gráficos do *Excel* mostram apenas uma parcela de dados em função da outra, enquanto que a necessidade era de cruzar mais de dois dados para uma análise mais precisa, como por exemplo total de materiais por materiais já pedidos e destes quais estão com status crítico.

Com este problema em mente a equipe chegou à conclusão de que uma ferramenta gráfica era necessária, não só para mostrar o status de uma *Sprint* ou do projeto em geral, mas também para servir como uma forma visual de alarme quando algum material estivesse comprometido.

2.2.3. Exportação para um ambiente visual

Para a ferramenta visual, era necessário que tivesse um sistema de compartilhamento de dados, para que todos os envolvidos no processo pudessem ver e tirar conclusões sobre os

PMAs. Após uma semana de pesquisa em outras áreas da empresa, a ferramenta considerada ideal para as funções de apresentar gráficos e compartilhá-los foi o *Power BI*, *software* de apresentação e análise empresarial, de autoria da empresa *Microsoft*.

O *Power BI* oferece um banco de dados interno onde é possível copiar uma base de dados existente, dentre elas *Excel*, que pode ser alterada em programação usando a linguagem *DAX*, *Data Analysis Expressions*. A programação do *AutoHotKey* mudou de forma a contemplar também a atualização da base de dados interna do *Power BI*.

A escolha do *Power BI* também se deu por sua capacidade de compartilhamento usando os servidores da própria *Microsoft* para compartilhar relatórios feitos sobre um banco de dados existente através de um simples *link* de internet, onde qualquer pessoa, desde que saiba o endereço de rede, pode acessar. A escolha desta ferramenta visual possibilitou a criação de visualizações mais interativas ao invés de gráficos estáticos com baixo poder de interação, emitindo relatórios com gráficos parecendo muito com aplicativos móveis modernos.

O *Software* também conta com uma versão para aplicativos móveis, sendo possível programar uma apresentação intuitiva para ser acessada através de um *smartphone*. Como a empresa em questão possui várias ramificações em diversas localizações do país, os GPs viajam para acompanhar as obras de subestações tornando esta função de extrema importância, pois agora os GPs podem acessar todo o relatório por seus celulares de qualquer lugar.

2.3. CONSOLIDAÇÃO DA FERRAMENTA

Após o time se acostumar com todos os processos adotados durante a criação e desenvolvimento da ferramenta, a consolidação final ficou mais harmoniosa. O GP junto com a diretoria de planejamento pega as informações recebidas pelo *SCADA* e aponta os pontos necessários para manutenção, tudo é decidido na reunião do plano de negócios no formato da gestão clássica, balanceando o *CAPEX* e *OPEX*.

O GP monta então uma lista de equipamentos necessários para a manutenção com suas respectivas definições técnicas e as prioriza conforme o tempo de entrega e urgência do planejamento inicial. O GP repassa a lista para o *Scrum Master* que então, junto com o *Scrum Team* trabalha, em cima da priorização feita pelo GP, para transformar os materiais destinados à manutenção da subestação em PMAs no sistema integrado da empresa, onde os compradores irão atualizar estes dados ao longo do processo de compras. O *Scrum Team* também anota os pedidos na base de dados, com seus respectivos PMAs.

A ferramenta de AutoHotKey baixa, automaticamente, os dados dos PMAs e os correlaciona com a base de dados feita, ajustando o status e data de entrega prevista para todos os PMAs. Estes dados são enviados para o *Power BI* que é programado para emitir um relatório ressaltando os tempos de entrega dos materiais de acordo com sua demora na mudança de status.

Por fim, todo o relatório é compartilhado para que todos os interessados possam tirar suas próprias conclusões e um plano emergencial seja feito de forma a evitar possíveis atrasos nos materiais. Para informar a equipe trabalhando com os PMAs, os relatórios foram exibidos em telões espalhados pela sala de trabalho.

3. RESULTADOS DA FERRAMENTA

3.1. APLICAÇÃO DA FERRAMENTA

Após a aplicação da ferramenta foi observado um imenso avanço na taxa de entrega das obras de subestação da empresa na qual a ferramenta foi aplicada. Os GPs, engenheiros, responsáveis pelo andamento das obras relataram um aumento significativo do controle das obras no quesito tempo de entrega. Os materiais são muito melhor administrados e qualquer variação que pudesse comprometer a entrega dos materiais poderia ser evitada, apenas olhando uma tela disponível na sala de trabalho.

Com todo o processo implementado, novas análises puderam ser feitas como a conferência entre o valor orçado e o realizado pelo comprador do PMA, como pode ser visto na figura 3.3 e 3.4. Junto a essas análises, o controle do *CAPEX* investido na obra também foi aprimorado, pois agora o valor dos materiais já comprados é exibido e agrupado por obra e projeto possibilitando a visualização do gráfico Orçado x Realizado da obra e possibilitando intervenções de controle, como por exemplo alocar recursos de uma obra que teve um realizado mais baixo para uma outra que possui realizado muito alto, tendo assim um balanço de investimento sem precisar consumir recursos de *OPEX*.

Dentre os casos mais chamativos que foram resolvidos pela aplicação da ferramenta, está o caso de descoberta na troca e duplicação de pedido de compras para um PMA. Quando era identificado que um valor não estava de acordo com o planejado no planejamento orçamentário de uma obra, a compra precisava ser cancelada, mas o material precisava ser comprado de outro fornecedor com um melhor preço de mercado, então o PMA era reaproveitado para realizar o novo pedido com um novo vendedor. O sistema da empresa encarava que haviam dois pedidos de compras para um mesmo PMA e como isso não pode acontecer, a obra era congelada ou lançava todo o excedente como forma de *OPEX*, acabando com o indicador de investimento da área em questão. O problema foi totalmente contornado pois a ferramenta indicava todos os pedidos de compras por PMA e indicava os cancelados e os ativos com facilidade, então a contabilidade fiscal da obra poderia rapidamente ser ajustada.

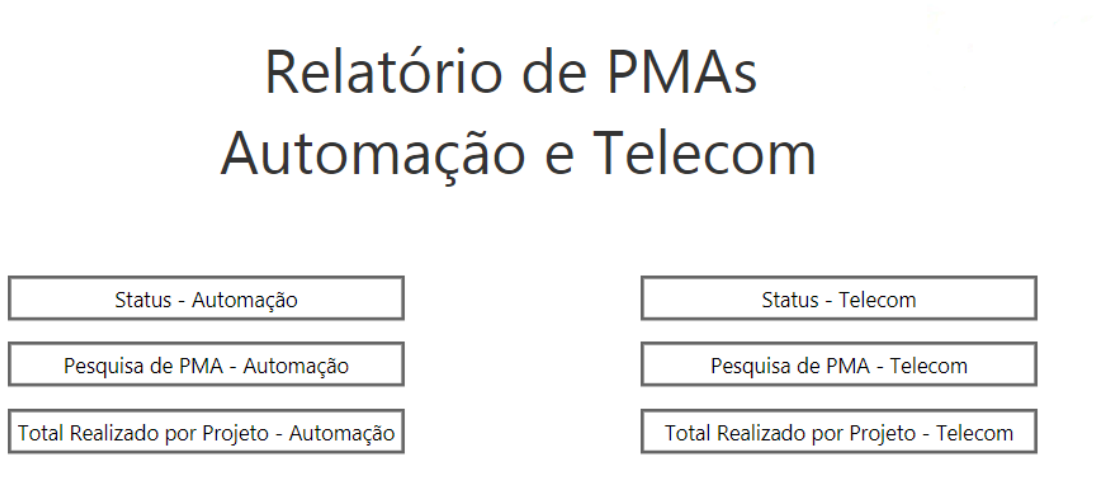
O segundo caso solucionado mais chamativo foi quando a equipe de compras da empresa demorou para adquirir um PMA que continha vários *IEDs* e esse tipo de equipamento, no planejamento inicial, tem um tempo para ser entregue muito curto pois precisa de um tempo

muito alto para ser programado e testado, antes de ser enviado para uma subestação, pois exercem um papel fundamental na proteção elétrica. A ferramenta pôde identificar que havia um tempo muito grande desde a última movimentação neste PMA e com o sistema de alarme para este tipo de problema, informado na seção 2.2.1, o pedido de compra pôde ser analisado e a equipe responsável por aquela compra entrou em contato com a área responsável pela obra e solucionou o problema, evitando o atraso de entrega de algumas obras.

Os indicadores de investimento e entrega das obras de subestação da área em questão aumentaram muito, chegando ao ponto de não haver nenhum tipo de atraso em relação ao ano anterior à aplicação da ferramenta. A efetividade da aplicação foi comprovada relacionando dados de obras do ano anterior ao ano de aplicação com dados obtidos ao final deste mesmo ano. Não só todas as obras puderam ser entregues sem nenhum atraso como também uma análise foi feita para o ano anterior e obras que estavam em processo de encerramento foram também fechadas.

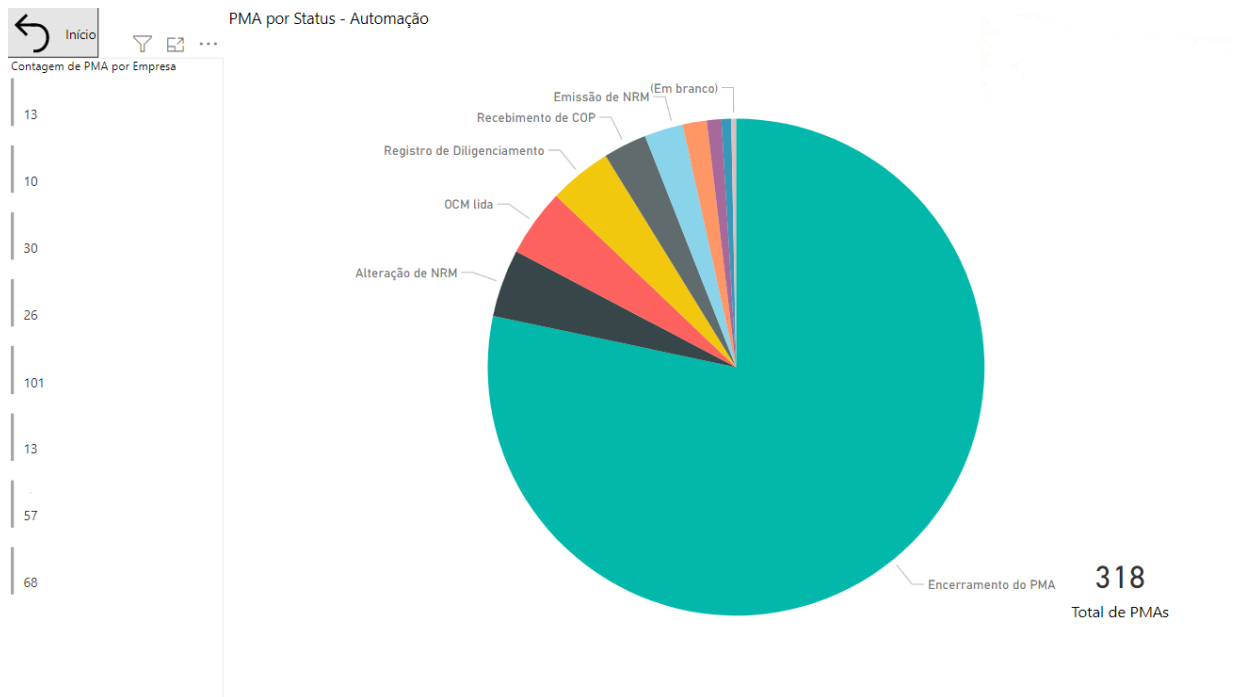
3.2. APARÊNCIA FINAL

Figura 3.1 – Interface inicial no *Power BI*



Fonte: Autor

Figura 3.2 – Interface gráfica no *Power BI*



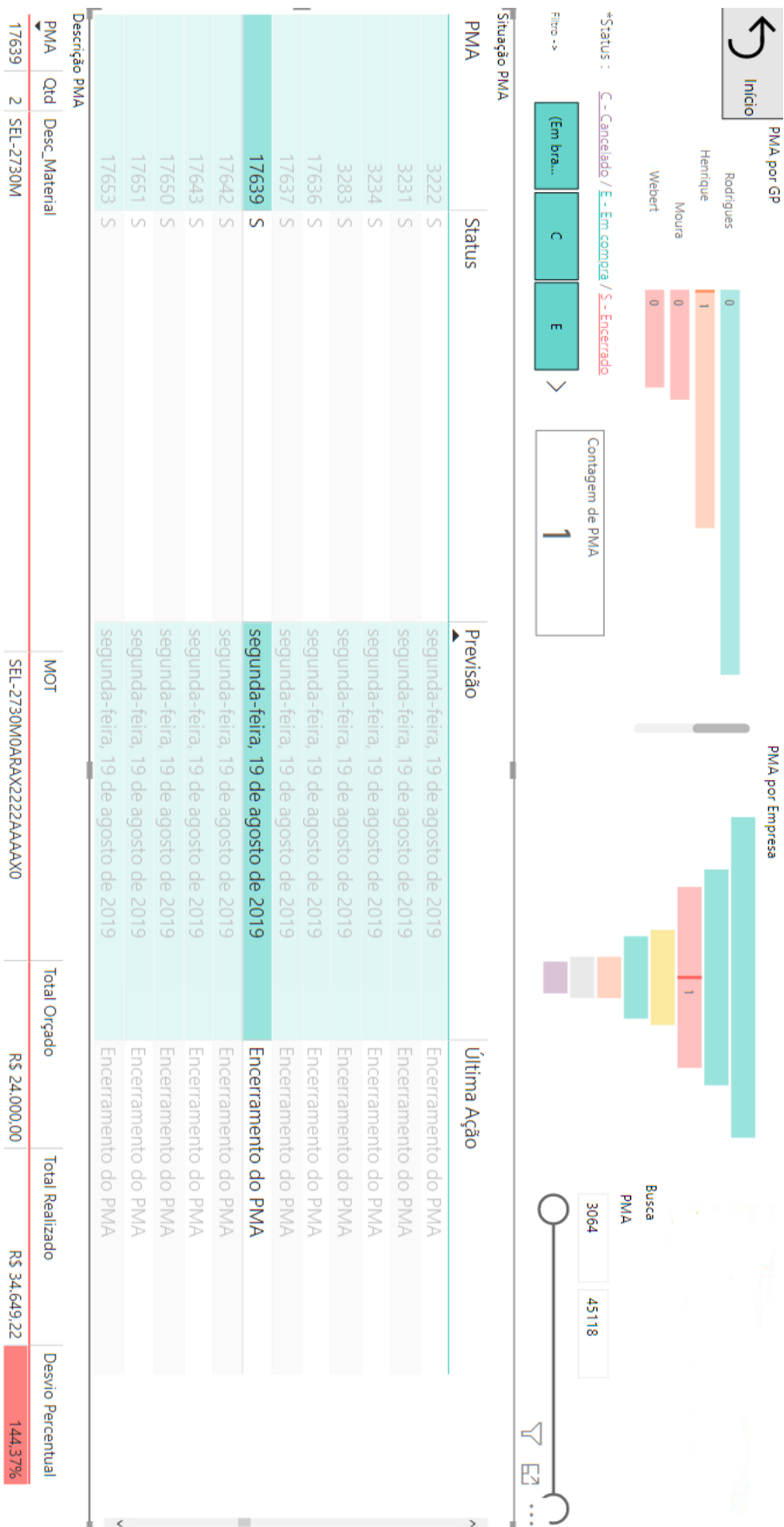
Fonte: Autor

Figura 3.3 – Página de procura de PMA no Power BI

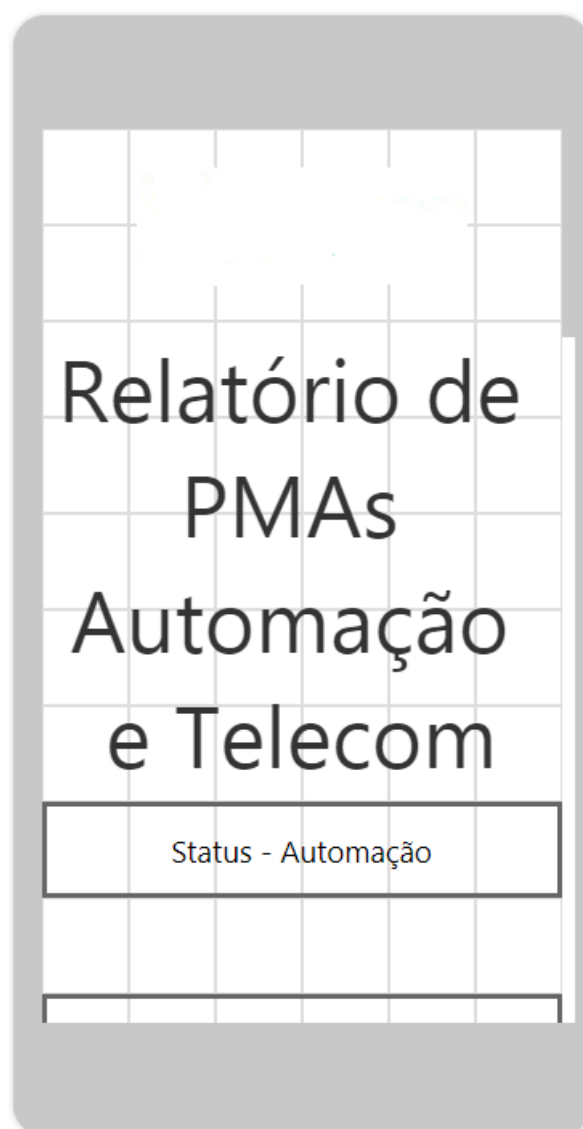


Fonte: Autor

Figura 3.4 – Interação nos gráficos de procura de PMA no *Power BI*

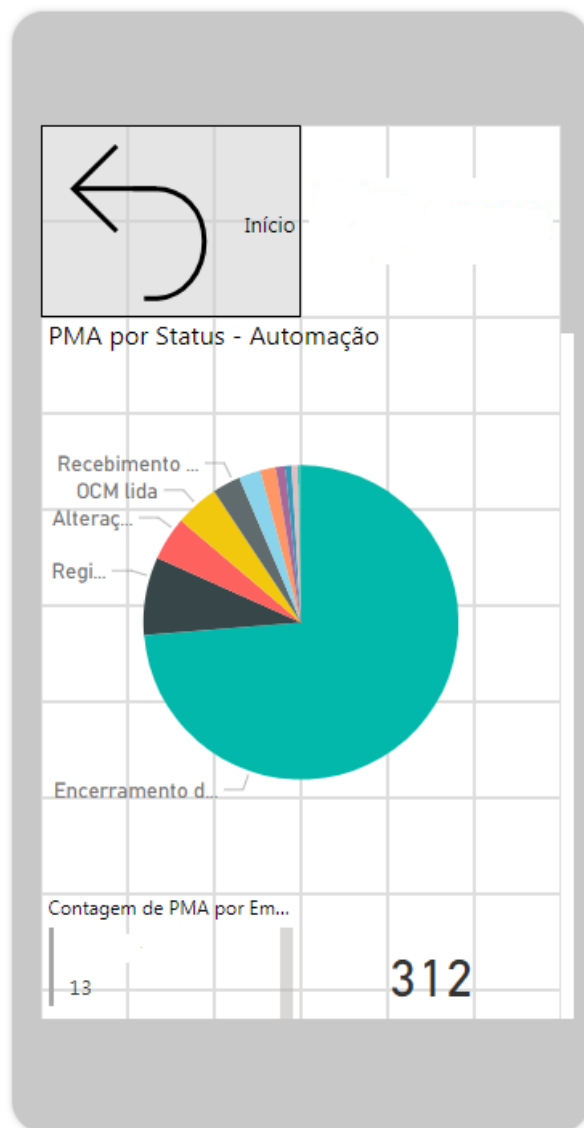


Fonte: Autor

Figura 3.5 – Relatório exibido no aplicativo para *smartphones*

Fonte: Autor

Figura 3.6 – Gráfico na versão *mobile*



Fonte: Autor

4. CONCLUSÕES GERAIS

O presente trabalho apresentou uma ferramenta de gerenciamento de compra de ativos elétricos destinados a subestações de distribuição. Foram indicados todos os motivos de sua necessidade, bem como todos os componentes e conceitos necessários para a sua realização, que tomou parte em uma empresa de distribuição de energia elétrica e garantiu que os indicadores de qualidade fossem melhorados.

Apesar de não contribuir diretamente com os índices DEC e FEC, que são os indicadores de qualidade do fornecimento de energia elétrica, os quais a ANEEL toma como base para remunerar as empresas responsáveis por esta distribuição, a ferramenta contribui para a melhora da confiabilidade destes índices. Contribuir com a confiabilidade significa que os valores que compõem os índices não serão impactados, mas os fatores que controlam estas variáveis serão reforçados e não serão comprometidos, como por exemplo o reforço de que os equipamentos de proteção estarão operando no seu ponto ótimo e serão trocados conforme necessidade em tempo hábil.

Todo o ciclo de manutenção de um sistema de distribuição passa por uma etapa que envolve logística de compra de materiais e este fator pode comprometer todo o planejamento financeiro e técnico de uma empresa. A ferramenta, em sua aplicação, garantiu os estudos e planejamentos feitos para a realização de obras em sistema de distribuição de energia elétrica, reforçando todo o papel de sistemas de supervisão, como o *SCADA*.

A aplicação da ferramenta não se limita apenas ao monitoramento de compras de ativos elétricos, mas pode se expandir para todas as classes de compras. Planos futuros envolvem usar toda a base apresentada neste trabalho para fazer o gerenciamento de alarmes em uma subestação de distribuição, onde estes alarmes precisam ser gerenciados, garantido assim sua confiabilidade no processo de planejamento de obras.

5. REFERÊNCIAS

- [1] Nedelcu, Bogdan. "Business Intelligence Systems." *Database Systems Journal* 4 (2013): 12-20.
- [2] M. Andrusca, M. Adam, F. D. Irimia and A. Baraboi, "Prioritization of maintenance activities from an electricity company," *2012 13th International Conference on Optimization of Electrical and Electronic Equipment (OPTIM)*, Brasov, 2012, pp. 1-7, doi: 10.1109/OPTIM.2012.6403801.
- [3] M. Andrusca, M. Adam, A. Dragomir, C. Roman and L. Andrusca, "Asset management system - software application on power substation level," *2014 International Conference and Exposition on Electrical and Power Engineering (EPE)*, Iasi, 2014, pp. 274-279, doi: 10.1109/ICEPE.2014.6969912.
- [4] Morad, M. & El Barkany, Abdellah & Elkhalfi, Ahmed. (2014). A Maintenance Optimization Policy for an Electric Power Distribution System: Case of the HV/MV Substations. *Engineering*. 06. 236-253. 10.4236/eng.2014.65028.
- [5] Agencia Nacional de Energia Elétrica- ANEEL [online]. <https://www.aneel.gov.br/contratos1>
- [6] P. Rajagopal and S. Sayapogu, "Effective utilization of SCADA for substation protection and control applications," *13th International Conference on Development in Power System Protection 2016 (DPSP)*, Edinburgh, 2016, pp. 1-5, doi: 10.1049/cp.2016.0120.
- [7] Schweitzer Engineering Laboratories [Online]. <https://selinc.com/pt/products-section/protective-relays/>
- [8] S. Yu, L. Liu and M. Fu, "The Application Research on Knowledge Management of Project Manager," *2009 International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering*, Xi'an, 2009, pp. 340-343, doi: 10.1109/ICIII.2009.391.

-
- [9] AutoHotKey [Online]. <https://www.autohotkey.com/>
- [10] Sutherland, Jeff. Scrum. A Arte de Fazer o Dobro do Trabalho na Metade do Tempo. São Paulo: LeYa, 2014.
- [11] L. B. Carneiro, A. C. C. L. M. Silva and L. H. Alencar, "Scrum Agile Project Management Methodology Application for Workflow Management: A Case Study," *2018 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)*, Bangkok, 2018, pp. 938-942, doi: 10.1109/IEEM.2018.8607356.
- [12] Desenvolvimento Ágil de Software - DesenvolvimentoAgil.com.br [Online]. <https://www.desenvolvimentoagil.com.br/scrum/>
- [13] Da, Sérgio & Côrtes, Costa & Lifschitz, Sergio. (2002). Sistemas de Gerência de Banco de Dados baseados em Agentes para um Ambiente de Computação Móvel.

