



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

JOÃO VITOR MARQUES RABELO FERNANDES

**FERRAMENTA PARA PRIORIZAÇÃO DO PLANO DE MANUTENÇÃO DE
ATIVOS DA REDE ELÉTRICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**

FORTALEZA

2019

JOÃO VITOR MARQUES RABELO FERNANDES

**FERRAMENTA PARA PRIORIZAÇÃO DO PLANO DE MANUTENÇÃO DE
ATIVOS DA REDE ELÉTRICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do Diploma de Graduação em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Diego de Sousa Madeira.

FORTALEZA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- F399f Fernandes, João Vitor Marques Rabelo.
Ferramenta para priorização do plano de manutenção de ativos da rede elétrica da Universidade Federal do Ceará / João Vitor Marques Rabelo Fernandes. – 2019.
52 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Elétrica, Fortaleza, 2019.
Orientação: Prof. Dr. Diego de Sousa Madeira.
1. Gestão da Manutenção. 2. Indicador de prioridade. 3. Plataforma Web. I. Título.

CDD 621.3

FERRAMENTA PARA PRIORIZAÇÃO DO PLANO DE MANUTENÇÃO DE ATIVOS DA
REDE ELÉTRICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao
Departamento de Engenharia Elétrica da
Universidade Federal do Ceará, como requisito
parcial à obtenção do Diploma de Graduação
em Engenharia Elétrica.

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Diego de Sousa Madeira. (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Me. Lucas Silveira Melo (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Eng. Me. Fabrício da Rocha Leite

AGRADECIMENTOS

À Deus, a quem aprendi a chamar de Pai e em quem encontro forças diárias para concluir todo desafio. Ao dono dos meus dias, meu maior e melhor agradecimento por sempre estar perto.

À minha melhor amiga e maior incentivadora, Amanda Gomes Fernandes Rabelo, com quem tenho o prazer de dividir meus dias. A você, todo meu amor.

Aos meus pais, Domingos e Andrea, por primeiro sonharem comigo e me apoiarem a ingressar nesta renomada instituição. Me ensinaram o valor de adquirir e de compartilhar o conhecimento. Mas mais importante, me ensinaram a ser um eterno sonhador.

A minhas irmãs, Ana Luisa e Ana Paula, pela companhia, alegria e risos proporcionados.

Ao PET-ELÉTRICA, por ter sido a minha primeira oportunidade dentro da Universidade e por ter me proporcionado tamanho crescimento profissional, técnico e sobretudo pessoal.

Aos professores Diego de Sousa Madeira e Lucas Silveira Melo, por todo conhecimento partilhado e orientações fornecidas.

RESUMO

A gestão da manutenção de ativos é fundamental para garantir a integridade física dos equipamentos, a redução do custo de manutenção e assegurar a confiabilidade ao sistema. Dentre as metodologias de manutenção centrada em confiabilidade, de manutenção total produtiva e de manutenção baseada em riscos, este trabalho propõe a utilização de indicadores de performance e risco para calcular a prioridade da manutenção de ativos da rede elétrica do Campus do Pici. Os referidos indicadores foram obtidos a partir da análise do banco de dados da plataforma web desenvolvida pela Coordenadoria de Conservação de Energia (CCE) denominada SICEM (Sistema de Controle de Equipamentos e Manutenções). Para computar a devida prioridade de intervenção foram realizadas modificações no banco de dados e nas telas de acesso da plataforma. No banco de dados, foram acrescentadas tabelas para armazenar os resultados de quantidade de ocorrências, data desde a última manutenção e tipo de equipamento. Nas telas de acesso, foram realizadas modificações no código para exibir o resultado de prioridade, obtidos por meio de simulação de ocorrências de avarias nos equipamentos. Por fim, conclui-se que a ferramenta desenvolvida tem potencial para auxiliar na elaboração de um plano de manutenção adequado para os equipamentos da rede elétrica da universidade, podendo ser utilizada também para o acompanhamento de manutenções de outros ativos, como por exemplo, equipamentos de refrigeração, elevadores e extintores de incêndio. Também pode se concluir que as ferramentas utilizadas para o desenvolvimento da plataforma, que são todas software-livre, se mostraram eficientes e apropriadas para o tipo de aplicação proposta.

Palavras-chave: Gestão da Manutenção. Indicador de prioridade. Plataforma Web.

ABSTRACT

Managing asset maintenance is critical to ensuring the physical integrity of equipment, reducing maintenance costs and ensuring system reliability. Among the reliability-centered maintenance, total productive maintenance and risk-based maintenance methodologies, this paper proposes the use of performance and risk indicators to calculate the priority of maintaining the Pici Campus power grid assets. These indicators were obtained from the web platform database analysis developed by the Energy Conservation Coordination (CCE) called SICEM (Equipment and Maintenance Control System). To compute the proper intervention priority, modifications were made to the database and platform access screens. In the database, tables were added to store the results of number of occurrences, date since last maintenance and equipment type. In the access screens, modifications were made to the code to display the priority result, obtained by simulating equipment failure occurrences. Finally, it can be concluded that the developed tool has the potential to assist in the elaboration of an adequate maintenance plan for the university's electrical network equipment, and may also be used to monitor the maintenance of other assets, such as equipment for refrigeration, elevators and fire extinguishers. It can also be concluded that the tools used to develop the platform, which are all free software, proved to be efficient and appropriate for the proposed application type.

Keywords: Maintenance Management. Priority indicator. Web platform.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Gerações de Manutenção	17
Figura 2.2 – Pilares de sustentação do desenvolvimento do TPM	20
Figura 2.3 – Diagrama de Processo da MCC.....	21
Figura 3.1 – Definição da Subclasse QGBT.....	27
Figura 3.2 – Fatores dos Indicadores de Probabilidade e Impacto	28
Figura 3.3 – Indicador Priorizador.....	30
Figura 3.4 – Novo Indicador Priorizador, considerando Indicador 3 – Tipo de equipamento.....	32
Figura 3.5 – Modificações no Bando de Dados da Aplicação.....	35
Figura 3.6 – Classe Indicadores	36
Figura 4.1– Painel de Administração da Aplicação – Aba de Manutenções.....	37
Figura 4.2 – Manutenções Válidas no Sistema SICEM.....	38
Figura 4.3 – Adição de registros de manutenções iniciais para os equipamentos elétricos.....	38
Figura 4.4 – Menu de Administração contendo Equipamento QGBT.....	40
Figura 4.5 – Formulário de cadastramento da entidade QGBT.....	40
Figura 4.6 – QGBT’S cadastrados na aplicação	41
Figura 4.7 - Menu de Administração contendo Indicadores.....	41
Figura 4.8 – Cadastro de Indicador.....	42
Figura 4.9 – Priorizador de manutenções concluídas	43
Figura 4.10 – Cálculo utilizando os três indicadores.....	43
Figura 4.11 – Resultado do Priorizador utilizando 3 indicadores.....	44
Figura 4.12 – Visualização do Usuário Padrão.....	44
Figura 4.13 – Cálculo utilizando dois indicadores (Indicador 2 e Indicador 3)	45
Figura 4.14 – Resultado do Priorizador utilizando dois indicadores.....	45
Figura 4.15 – Visualização do Usuário Padrão.....	46
Figura 4.16 – Cálculo utilizando dois indicadores (indicador 1 e indicador 3).....	47
Figura 4.17 – Resultado do Priorizador utilizando dois indicadores.....	47
Figura 4.18 – Visualização do Usuário Padrão.....	48
Figura 4.19 – Cálculo utilizando os três indicadores.....	49
Figura 4.20 – Resultado do Priorizador utilizando três indicadores.....	49

Figura 4.21 – Visualização do Usuário Padrão.....	50
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Descrição dos atributos da Classe Equipamento.....	26
Tabela 3.2 – Indicador Tipo de Equipamento.....	31
Tabela 4. 1 – Equipamentos escolhidos para simulação de manutenção.....	39

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
API	<i>Application programming interface</i>
CCE	Coordenadoria de Conservação de Energia
DPS	Dispositivo de proteção contra surtos
DR	Dispositivo Diferencial Residual
FMEA	<i>Failure Mode and Effect Analysis</i>
MCC	Manutenção Centrada na Confiabilidade
QGBT	Quadro Geral de Baixa Tensão
RBM	<i>Risk based management</i>
RCM	<i>Reliability-centered maintenance</i>
RPN	<i>Risk Priority Numbers</i>
SICEM	Sistema de Controle de Equipamentos e Manutenções
SQL	<i>Structured Query Language</i>
TPM	Total Productive Maintenance
UFC	Universidade Federal do Ceará

Sumário

1. INTRODUÇÃO	13
1.1 Contexto da aplicação de novas ferramentas de gerenciamento da manutenção de ativos da rede elétrica.....	13
1.2 Objetivos	14
1.3 Metodologia	14
1.4 Estrutura do trabalho.....	15
2. DA MANUTENÇÃO E OTIMIZAÇÃO DA MANUTENÇÃO DE ATIVOS DA REDE ELÉTRICA	16
2.1. Conceito	16
2.2 Histórico da manutenção de ativos	16
2.3 Tipos de Manutenção.....	18
2.4 Políticas de Manutenção	19
2.4.1 <i>Manutenção Total Produtiva</i>	19
2.4.2 <i>Manutenção Centrada em Confiabilidade – MCC</i>	20
2.4.3 <i>Manutenção Baseada em Risco – MBR</i>	22
2.5 Manutenção de Ativos elétricos.....	22
2.6 Considerações Finais	24
3. METODOLOGIA	25
3.1 Introdução	25
3.2 Adição de Novo Equipamento	25
3.3 Seleção de Indicadores.....	27
3.4 Cálculo de Indicadores.....	30
3.5 Modificações no banco de dados	32
3.6 Modificações no código fonte.....	36
3.7 Considerações Finais	36

4. IMPLEMENTAÇÃO DE MODIFICAÇÕES E RESULTADOS DOS INDICADORES	37
4.1 Atualização de manutenções.....	37
4.2 Cadastro de quadros gerais de baixa tensão.....	39
4.3 Cadastro de indicadores	41
4.3.1 <i>Cálculo dos Indicadores</i>	42
4.4 Considerações Finais	50
5. CONCLUSÃO	51
6. REFERÊNCIAS	52

1. INTRODUÇÃO

A gestão da manutenção de ativos é uma prática fundamental que visa obter a redução de custos e a eficiência nos processos industriais. Através de políticas modernas de manutenção aliadas à tecnologia da informação é possível realizar diagnósticos precisos de falhas e organizar planos de manutenção que conferem maior confiabilidade ao sistema e equilibram o custo de vida útil dos equipamentos (MEIRELES, 2018, s.p.).

1.1 Contexto da aplicação de novas ferramentas de gerenciamento da manutenção de ativos da rede elétrica.

As principais metodologias propostas para aumentar a eficiência da análise de falhas e redução de custos são a manutenção centrada em confiabilidade, manutenção total produtiva e manutenção baseada em risco. A manutenção centrada em confiabilidade tem o foco em analisar as funções dos ativos em relação a todo o sistema que pertencem, de que forma essas funções podem falhar e busca priorizar a manutenção dos ativos considerados mais críticos, de acordo com critérios operacionais, econômicos e de segurança (SILVA, 2018, s.p.). A manutenção total produtiva enfatiza a importância do operador do equipamento, visando capacitá-lo para constante monitoramento e para a criação de uma rotina de manutenção do ativo, cujo objetivo é alcançar o estado de “quebra-zero” (DETRREGIACHI FILHO, 2017, s.p.). E, por fim, a manutenção baseada em risco tem enfoque na redução do risco global do equipamento produtivo, e diz respeito a um método quantitativo que visa determinar, avaliar e intervir nos possíveis riscos decorrentes de avarias no equipamento em análise (CARDOSO, 2014, s.p.).

O uso destas políticas para gestão de ativos tornou-se necessário na indústria de energia elétrica brasileira a partir das mudanças de regulamentação ocorridas no ano de 1999, a partir da terceirização de algumas áreas do setor, a remuneração das empresas passou a ser calculada de acordo com a disponibilidade de suas redes e por isso foi necessário adequar os processos de gestão dos ativos a fim de garantir maior confiabilidade aos sistemas, sob pena de punição caso não mantenham o padrão estabelecido pelo Governo (ARAÚJO NETO, 2011, s.p.).

Neste contexto de nova regulamentação e necessidade de preservar a integridade dos ativos, diversos estudos foram realizados visando planejar estratégias e modernizar a manutenção da rede elétrica do Campus do Pici. Em 2017 a Superintendência de Infraestrutura

da Universidade Federal do Ceará (UFC Infra) desenvolveu uma aplicação WEB para gerenciamento de ativos baseado em georreferenciamento, denominado SICEM (Sistema de Controle de Equipamentos e Manutenções) para mapeamento geográfico de condicionadores de ar e extintores para fins de programação de manutenção. Em seguida, no ano de 2018, um estudo foi realizado visando adicionar os elementos da rede elétrica do Campus do Pici à aplicação, possibilitando um gerenciamento a partir de georreferenciamento. (SOUSA, 2018, s.p.)

1.2 Objetivos

O presente trabalho tem como objetivo geral utilizar uma abordagem de priorização de manutenção com foco em gestão de Ativos da rede elétrica, através do uso de indicadores de performance e risco, aplicados a um sistema Web, para servindo como ferramenta de apoio à tomada de decisões para planos de manutenção da rede elétrica da Universidade Federal do Ceará.

Entre os objetivos específicos desse trabalho estão:

- Expansão da aplicação web SICEM permitindo cadastro de Quadros Gerais de Baixa Tensão;
- Atualização dos registros de manutenções;
- Adição de funcionalidade à aplicação web SICEM para realizar cálculo de prioridade de manutenção;

1.3 Metodologia

O sistema Web SICEM foi desenvolvido em 2017 pela Coordenadoria de Conservação de Energia (CCE) com o objetivo de ser uma ferramenta utilizada para gestão dos equipamentos de refrigeração e extintores da Universidade Federal do Ceará. Foi desenvolvido em linguagem Python 2.7 utilizando framework para criação de aplicações web denominado Flask. O sistema utiliza de informações de georreferenciamento para cadastrar e mapear os Campus, Centros, Blocos, Ambientes e respectivos equipamentos. Em atualização posterior, o sistema passa a comportar o cadastro de equipamentos elétricos, sendo os Transformadores (Aéreos e Abridados), as Chaves Fusíveis, as Chaves Seccionadoras e os Religadores, assim como postes e consutores da rede aérea de média tensão.

No que diz respeito a metodologia utilizada no trabalho, consiste em atualizar o sistema web para computar um índice priorizador, composto da combinação de outros três indicadores (Quantidade de ocorrências, Data desde a última manutenção e Tipo de equipamento), para determinar a prioridade de manutenção de cada ativo

1.4 Estrutura do trabalho

A estrutura deste trabalho compreende os seguintes capítulos:

Este Capítulo 1, “Introdução”, contém uma prévia do trabalho desenvolvido. São apresentados os objetivos da solução proposta e os principais motivos que a impulsionam, além da estrutura que se seguirá no trabalho.

O Capítulo 2, “Manutenção e Otimização da Manutenção de Ativos da Rede Elétrica”, apresenta uma revisão histórica e definições acerca dos tipos, políticas e metodologias de manutenção, ademais, citam-se alguns autores que se destacaram acerca do tema tratado na presente pesquisa científica.

O Capítulo 3, “Metodologia”, expõe critérios utilizados para selecionar, analisar e processar computacionalmente os indicadores empregados na priorização de manutenções, bem como as modificações no banco de dados da aplicação web.

O Capítulo 4, “Implementação de modificações e resultados dos indicadores”, apresenta o estado da aplicação SICEM após as modificações propostas e implementadas neste trabalho.

No Capítulo 5, “Conclusões”, são enumeradas as conclusões do trabalho desenvolvido, expondo-se suas contribuições e possíveis desenvolvimentos futuros.

2. DA MANUTENÇÃO E OTIMIZAÇÃO DA MANUTENÇÃO DE ATIVOS DA REDE ELÉTRICA

Neste capítulo, conceitua-se o processo de manutenção de ativos, além de expor a origem de seu desenvolvimento, suas diversas formas e políticas, delimitando o referido procedimento a ativos elétricos. Ademais, demonstra-se de que maneira as tecnologias podem oferecer influência, aumentando o desempenho e preservação desses equipamentos.

2.1. Conceito

Em que pese a manutenção seguir padrão rígido de normas e diretrizes, sua definição varia de acordo com alguns critérios, quais sejam, a especificidade da situação em análise, o equipamento sob o qual será realizado o procedimento de manutenção, o país onde operará a norma, e, a Instituição em que vigorará.

De acordo com o padrão de qualidade utilizado por Instituições de Padronização Britânicas para processos de construção e engenharia e para produtos vendidos o conceito de manutenção é “uma combinação de técnicas e medidas administrativas com a finalidade de conservar um item em seu estado, ou restabelecer este estado, no qual ele possa realizar uma determinada função” (BS 3811 *apud* FILHO, 2000, p.82).

No Brasil uma das definições aceitas de manutenção é a “combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida.”. (ABNT, 5462-1994)

2.2 Histórico da manutenção de ativos

No que tange o aspecto conceitual, a NBR ISO 55000 determina que um ativo “é um item, algo ou entidade que tem valor real ou potencial para uma organização. Este valor pode ser tangível ou intangível, financeiro ou não financeiro, e inclui a consideração de riscos e passivos.”. A manutenção destes ativos é de fundamental importância para o desenvolvimento estratégico de uma empresa, e a gestão desta manutenção é uma das principais causas da excelência nos negócios.

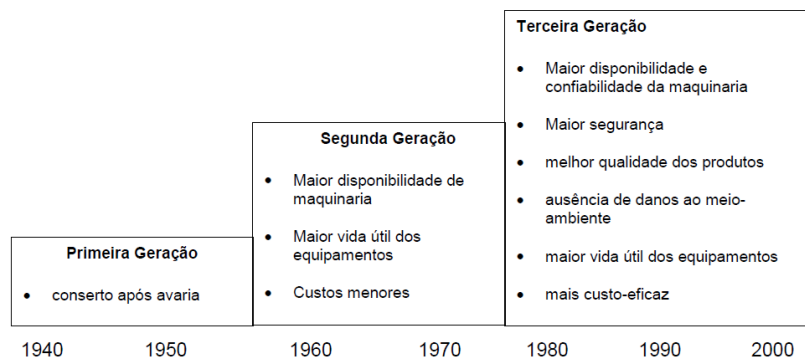
Os avanços relacionados a expectativa da manutenção concentram-se principalmente na ideia de performance organizacional, ou seja, os equipamentos são analisados no que diz

respeito às exigências organizacionais, como disponibilidade, confiabilidade, e impacto ambiental (ALAKIM, 2003).

A cultura do descarte de máquinas avariadas é conceito característico da primeira geração, que foi marcada por uma indústria pouco mecanizada. A segunda geração trouxe o conceito de manutenção preventiva e utilizou computadores de grande porte, com a introdução do conceito de manutenção por monitoramento que passa a integrar aspectos econômicos de otimização de custos em seu processo de gestão. A terceira geração é sobretudo caracterizada pelo forte conceito de confiabilidade e qualidade total, somados a novas técnicas e ferramentas de manutenção, com o advento de microeletrônica, radiodifusão e internet, que busca a máxima performance dos ativos, zelando pelo estado de acidente-zero, quebra-zero e defeito-zero. A estratégia utilizada para gerir os ativos é um desafio que objetiva equilibrar desempenho, custo e riscos, a fim de viabilizar os alvos perquiridos pela parte interessada.

A área de estudo sobre gerência da manutenção está sob constantes atualizações visto que novos equipamentos e novos modelos de indústria estão surgindo, sendo necessárias adaptações para assegurar eficiência e produtividade. É possível citar três principais gerações de manutenções, sendo estas classificadas de acordo com crescimento das expectativas de manutenção, melhor entendimento de como os equipamentos falham e escala sempre crescente de técnicas de gerenciamento de manutenção. (MOBRAY, 1997, s.p.), conforme demonstrado na Figura 2.1.

Figura 2.1 - Gerações de Manutenção



Fonte: ALKAIM, 2003 – adaptado de DUNN 1998

2.3 Tipos de Manutenção

Conforme já mencionado, o conceito de manutenção preventiva surgiu no contexto da segunda geração, juntamente com o conceito de manutenção corretiva. Tudo o que não fosse considerado como manutenção preventiva, ou seja, prevista de acordo com vida útil do equipamento, era considerado como manutenção corretiva. (ALKAIM, 2003, p. 43)

Importa ofertar um conceito que traduz que a manutenção corretiva é uma política de manutenção que corresponde a uma atitude curativa, ou seja, efetua-se com o conserto após avaria. (ABNT NBR 5462, 1994, s.p.). A manutenção corretiva pode ser considerada como o método mais ineficiente, já que a identificação do problema é feita apenas após a falha, o que culmina com o estancamento do período de inatividade do equipamento, implicando na redução da produção. Além disso, o custo financeiro dispensado para a realização de manutenção poderá ser elevado. (SOUZA, 2008, s.p.)

No que diz respeito a manutenção preventiva ou sistemática, caracteriza-se como um programa de inspeções e intervenções com intervalos fixos, onde serão levados em consideração a aplicação de critérios estatísticos, recomendações do fabricante e conhecimentos práticos sobre o equipamento. É notória a efetividade desse modelo, visto que são definidas manutenções periódicas para o equipamento. Contudo, um contraponto a este modelo são as desmontagens, por vezes desnecessárias, que aumentam o risco de avarias, além disso, uma eventual falha nesse processo poderia resultar na necessidade de uma manutenção corretiva.

É cabível citar, ainda, o método preditivo ou condicional que é definido como a manutenção em que as intervenções estão condicionadas a algum elemento de informação reveladora do estado de degradação do sistema ou equipamento. Neste caso, a intervenção na máquina é feita apenas se for detectado dano capaz de colocar em risco a integridade da máquina. A vantagem principal deste método é a diminuição do período em que o equipamento ficaria inutilizado, frente as manutenções preventivas, e a redução de desmontagens da máquina, que podem ocasionar avarias.

2.4 Políticas de Manutenção

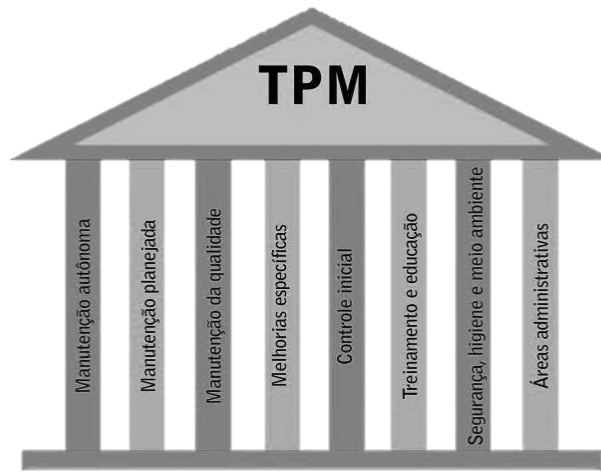
Destaca-se que durante o período de transição da segunda para a terceira geração ocorreu o surgimento das políticas de manutenção que podem ser definidas como o conjunto de ações necessárias para desenvolver as tarefas específicas de manutenção de uma organização. (WAEYENBERGH, 2005, s.p.). Ademais, com o objetivo de reafirmar esta definição, é possível descrever que as políticas de manutenção estão relacionadas com a ênfase da empresa sobre o objetivo da intervenção, ou seja, a depender do propósito ou do plano estratégico da empresa, tanto para o fim de controle do custo de manutenção ou elevação dos padrões de qualidade, a abordagem será diferente. (SOUZA, 2008, s.p.)

2.4.1 *Manutenção Total Produtiva*

A formalização do termo TPM - Total Productive Maintenance ocorreu no ano de 1971, quando a empresa japonesa Nippon Denso (Toyota) recebeu um prêmio da JIPM por sua eficiência em gestão e produtividade ao adotar conceitos de máxima eficiência e perdas mínimas. A metodologia desta política de manutenção pode ser dividida em seis objetivos, e está voltada para a eliminação das perdas, quais sendo, perda por quebra, por protelação no ciclo de trocas de ferramentas e regulagem, por operação em vazio, por redução de velocidade, por defeito de produção e por queda de rendimento. (IM&C international, 2000, s.p.)

Porém, é possível combater as diversas formas de perdas com a utilização de determinadas propostas de intervenção que são definidas como os oito pilares da sustentação do TPM, demonstrados na Figura 2.4. Quais sejam, proporcionar a melhoria individual dos equipamentos visando a elevação da eficiência; realizar a estrutura de manutenção planejada pelo departamento de manutenção; obedecer a estrutura de controle inicial do equipamento; promover o treinamento para a melhoria da habilidade do operador e do técnico de manutenção; dar cumprimento a estrutura de manutenção autônoma realizada pelo operador; efetivar a manutenção regular do aparelho com vistas à melhoria da qualidade; gerenciar manutenções e perdas; ofertar segurança e higiene do meio ambiente de trabalho (WEE, 2011, s.p.);

Figura 2.2 – Pilares de sustentação do desenvolvimento do TPM



Fonte: o próprio Autor – adaptado de IM&C international, 2000, s.p.

A metodologia TPM propõe a melhoria na maneira de utilização dos ativos, buscando otimizar o ciclo de vida útil dos mesmos através da análise dos defeitos e do período de uso do equipamento, visa, ainda, o comprometimento absoluto dos empregados na melhoria da produtividade. (YAMAGUCHI, 2005, s.p.).

2.4.2 Manutenção Centrada em Confiabilidade – MCC

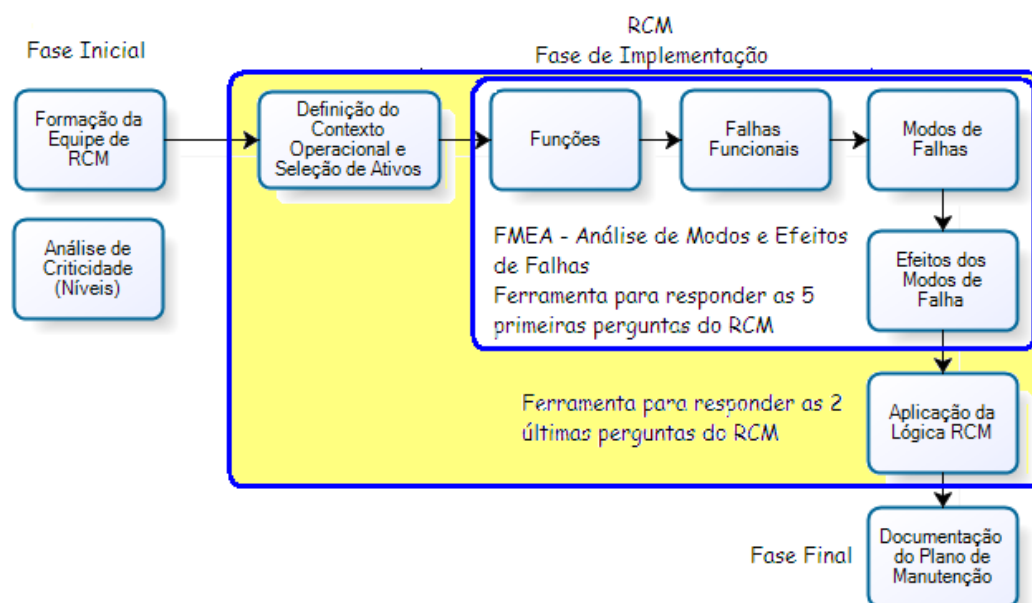
A manutenção centrada de confiabilidade é também conhecida como *Reliability Centered Maintenance – RCM* e teve início na indústria de aviação americana onde se procurava otimizar o processo de fabricação do avião jumbo da Boeing. Devido à complexidade desta aeronave se fez necessário criar um conjunto de padrões e políticas capazes de manter o perfeito estado de operação e manutenção do avião.

No tocante a metodologia, a MCC visa responder a sete perguntas, quais sejam: quais são as funções e padrões de desempenho associados ao ativo; de quais maneiras não cumpre as funções; o que causa cada falha funcional; o que acontece quando cada uma das falhas ocorre; de que forma cada falha impacta no processo; o que pode ser feito para prever ou prevenir cada falha; e, por fim, o que deve ser feito se nenhuma alternativa de prevenção for encontrada. (MOUBRAY, 2001, s.p.)

Além disso, a MCC age a partir do pressuposto da função do equipamento em seu contexto organizacional, viabilizando dessa forma rastrear e detectar possíveis defeitos, os “sintomas” que causam, e de posse da planta industrial, descobrir suas as consequências. Isto é possível na medida em que se vincula o resultado de uma análise técnica, das recomendações elaboradas pelo fabricante e aliado aos padrões fornecidos pela MCC.

Visando o mapeamento ideal das falhas é realizado o *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA), conforme orientado pela ISO 9000, o que resulta em um indicador denominado RPN (*Risk Priority Number*) ou número de prioridade e risco para cada tipo de falha. Este indicador é o resultado da multiplicação de três índices, quais sejam, índice de ocorrências, de severidade e de detecção, que podem variar em uma escala de um a dez, e indica o impacto de cada falha para a produção. (HELMAN; ANDERY, 1995, s.p.). Importa esclarecer que a partir do indicador RPN, em consonância com o nível de criticidade do equipamento em análise, é possível optar por um dos tipos de manutenção para o fim de reduzir a quantidade de ocorrências e a severidade da falta ou aumentar a capacidade de detectar a falha. Ademais, a partir do nível de criticidade de cada equipamento, tem-se a de Matriz de Criticidade, que diz respeito a quantidade do impacto do equipamento no processo produtivo, com indicadores que variam entre elevado, moderado e aceitável.

Figura 2.3 – Diagrama de Processo da MCC



Fonte: (LIMA;SANTOS;SAMPAIO, 2010, s.p.)

2.4.3 Manutenção Baseada em Risco – MBR

Com o fim de desenvolver um programa da manutenção é de fundamental importância conhecer os riscos e os limites de operação que devem ser respeitados para que se alcance o funcionamento ideal de cada ativo. A Manutenção Baseada em Risco, ou *RBM (Risk Based Maintenance)*, propõe um cálculo capaz de identificar e priorizar atividades de manutenção, que é realizado a partir da análise da probabilidade de falhas e de suas consequências (LIMA et al, 2010, s.p.).

Outrossim, é possível definir uma metodologia composta por três módulos principais utilizados na determinação da prioridade, quais sejam, a determinação do risco, a avaliação do risco e o planejamento da manutenção, considerando os fatores de risco. (STARR, 2003, s.p.)

Ante o exposto, é cabível ressaltar que esta política de gestão fornece vantagens ao concentrar demanda maior de manutenção onde os riscos são elevados, e ao definir estratégias para redução de custos em áreas de risco aceitável. (SOUZA, 2008, s.p.)

2.5 Manutenção de Ativos elétricos

Um dos principais países que se destacam no cenário exterior pelo desenvolvimento de metodologias e processos para a gestão de ativos são os Estados Unidos da América, que foi um dos primeiros países que adotou a manutenção em sua forma preventiva, e se tornou responsável pela criação da Manutenção Centrada em Confiabilidade.

A MCC foi inserida pela primeira vez na indústria de energia elétrica americana pela *Electric Power Research Institute*, começando em plantas nucleares no ano de 1984, até a chegada na indústria de distribuição em meados da década de 90 (ALKAIM, 2003, s.p.). Posteriormente, foi realizado um estudo de manutenção preditiva, sob a perspectiva da política de MCC, visando melhorar a segurança e confiabilidade das linhas de transmissão da empresa *Bums & McDonnell Engineering Company, Inc.*, como resultado do estudo levado a efeito, concluiu-se que a aplicação dos conceitos de Manutenção Centrada em Confiabilidade para sistemas de transmissão mostrou-se viável, proporcionando a redução dos custos e o progresso da qualidade dos serviços prestados. (BEEHLER, 1997, s.p.)

Em apertada síntese histórica, pertinente ao tema, é cabível mencionar alguns dos países onde foram realizados estudos relevantes sobre a matéria explorada. Na Suécia, foi realizado

um estudo de caso sobre o sistema de distribuição nas cidades de Stockholm e Kristinehamn, a partir da análise de sistemas multi estado e da otimização multiobjetiva, buscando na rede de distribuição elétrica os pontos ótimos de manutenção para o máximo desempenho dos ativos, a diminuição nos custos de manutenção e o avanço da confiabilidade do sistema (HILBER, 2008, s.p.). Na Malásia, foi realizada análise acerca das contribuições da política de Manutenção Total Produtiva para a indústria de energia elétrica e eletrônica (MENG, 2011, s.p.). Na Coreia do Sul, a partir da MCC e do algoritmo de enxame de partícula, foi possível reduzir custos e garantir confiabilidade ao sistema de transmissão (HEO;KIM;LYU, 2014, s.p.). Na Nigéria, foi realizado estudo no *Nigerian Power Sector(NPS)* visando diminuir o impacto das manutenções preventivas no índice confiabilidade do sistema, os resultados da aplicação da MCC foram a diminuição do custo e o aumento da qualidade da manutenção (AIROBOMAN; ORIAFO, 2017, s.p.).

No Brasil, as manutenções nos ativos elétricos, até meados dos anos 2000, ocorriam predominantemente de forma manual e arquivadas em papel (GOMES, 2001, p. 2), a reprodução dos métodos de manutenção propostos por outros países resultava em manutenções preditivas em excesso, que, por vezes, não resultam no aumento da vida útil do equipamento ou em eficiência produtiva, mas expunham o maquinário a desmontagens excessivas que poderiam resultar em outras avarias (LAMY, 2001, s.p.).

Porém, no ano de 1999 o governo brasileiro alterou a regulamentação do setor elétrico retirando o monopólio estatal sobre geração, transmissão e distribuição, o que resultou no impacto da manutenção dos ativos elétricos, passando a deter apenas a responsabilidade de fiscalizar a qualidade do serviço prestado, e realizar concessões através da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) (GAMA, 2017, s.p.).

A partir das mudanças geradas pela alteração da regulamentação do setor elétrico, as empresas privadas passariam a ser remuneradas de acordo com os níveis de disponibilidade e confiabilidade de seus sistemas, entretanto, a maximização de disponibilidade do sistema confronta a necessidade de pausas para manutenção dos mesmos. Além disso, deixar a regulamentação para o mercado acarretou a “elevação substancial das tarifas, desmonte da capacidade de planejamento do setor, proibição para investimentos das empresas públicas, tudo isto contribuindo e culminando com a crise de oferta de 2001”. (NETO, 2011, s.p.)

Após a crise de 2001, foi proposta uma nova regulamentação, que vige no país atualmente, e permite que o Estado atue concomitantemente com o setor privado exercendo funções como a coordenação e planejamento da expansão do sistema; a operação do sistema interligado e supervisão dos sistemas isolados; a comercialização de energia; a atuação executiva no desenvolvimento energético. Ademais, no contexto da nova regulamentação, importa demonstrar a incoerência na necessidade de interrupção do serviço para manutenção do sistema elétrico ao passo que se mostra necessário garantir a continuidade do mesmo serviço. Além disso, importa entender de que forma novas ferramentas estatísticas e computacionais podem auxiliar na determinação de parâmetros para as políticas de manutenção.

2.6 Considerações Finais

Ante o exposto, apreende-se que a gestão de ativos é de fundamental importância para melhoria da produtividade e eficiência, combinado com o avanço das políticas e técnicas de manutenção que permitem maior qualidade e confiabilidade nos processos industriais. Conclui-se que para que haja o funcionamento adequado dos ativos, é indispensável a realização de um estudo detalhado de manutenção e de falha dos equipamentos por parte dos interessados, considerando uma das metodologias de manutenção centrada em confiabilidade, manutenção produtiva total ou manutenção baseada em risco, visando a redução de avarias, o aumento de confiabilidade e a redução de custos com manutenção.

3. METODOLOGIA

Este capítulo trata da metodologia utilizada para selecionar, analisar e processar computacionalmente os indicadores utilizados como critério para priorizar a manutenção dos equipamentos elétricos e estruturais do Campus do Pici. Também é abordada a inserção de uma nova classe de equipamento, QGBT, apontada como essencial para o acompanhamento da manutenção de equipamentos elétricos no campus. É descrito, portanto, a adequação do sistema Web SICEM para comportar a nova classe e seus indicadores.

3.1 Introdução

A manutenção dos ativos elétricos é de fundamental importância para o bom desempenho dos equipamentos ligados à rede elétrica e para proteção do sistema elétrico (TAVARES, 1996, p.36),(ALKAIN, 2003, s.p.), além disso, todo equipamento de combate a incêndio e de refrigeração necessita ser submetido a avaliações periódicas para o fim de desempenhar suas funções adequadamente (ABNT NBR 12962:2016, s.p.). Ante o exposto, a ferramenta desenvolvida neste trabalho contempla uma base de equipamentos elétricos e extintores, assim como está preparado para receber também registros de equipamentos de refrigeração, do Campus do Pici, na Universidade Federal do Ceará, já cadastrados na Aplicação WEB.

3.2 Adição de Novo Equipamento

A plataforma web inicialmente desenvolvido na Superintendência de Infraestrutura da UFC continha cadastrado em sua base apenas extintores (DOUGLAS; DRUMOND, 2017b, s.p.). Em trabalho posterior (SOUSA, 2018, s.p.) foram adicionados à aplicação elementos da rede elétrica de média tensão do Campus do Pici. Seguindo critérios de manutenção e orientações sugeridas pelo responsável técnico de manutenção da infraestrutura e rede elétrica da Universidade, optou-se por adicionar elemento fundamental da rede elétrica de baixa tensão, que ainda não havia sido contemplado, qual seja, os quadros gerais (QGBT's).

A partir da análise técnica do supervisor se mostrou oportuno requerer as seguintes características para os QGBT's a serem cadastrados: a que Transformador ao qual o quadro está conectado; o número de fases; a corrente, o tipo de curva e o fabricante do disjuntor geral; a presença de dispositivo residual diferencial, DR; a presença de dispositivo de proteção contra surtos, DPS; a quantidade de circuitos ativos, e, por fim, a quantidade de circuitos de reserva.

A plataforma WEB foi desenvolvida seguindo o paradigma de programação de orientação a objetos, utilizando conceitos de classes e objetos ou instâncias, para modelar seus elementos. O conceito de orientação a objeto possui quatro principais definições, quais sejam, abstração, encapsulamento, herança e polimorfismo, e cada um desses facilita a escalabilidade da aplicação e a reutilização de código (PYTHON SOFTWARE FOUNDATION, 2019). A classe QGBT foi criada como sendo uma sub-classe da classe Equipamentos herdando todos os seus atributos e métodos, conforme demonstrado na Figura 3.1. Na Tabela 3.1 são detalhados todos os atributos da classe Equipamentos

Tabela 3.1 – Descrição dos atributos da Classe Equipamento

ATRIBUTO	DESCRIÇÃO
Id	A chave de identificação única na tabela que representa a entidade;
Tobamento	O número da etiqueta de divisão do patrimônio da universidade;
Id_ambiente	Referência a um dos itens da entidade Ambiente, a qual possui as subclasses Ambiente Interno, Ambiente Externo, Subestação Aérea e Subestação Abrigada;
Categoria do Equipamento	Classificação do equipamento (elétrico, combate a incêndio, etc);
Tipo de Equipamento	Tipo do equipamento (extintor, condicionador de ar, etc);
Fabricante	Fabricante ou marca do equipamento;
Intervalo de manutenção	Intervalo de meses a ser obedecido para manutenções preventivas;
Próxima manutenção	Data da próxima manutenção calculada com base na última manutenção e no intervalo de manutenções;
Informação adicional	Informações adicionais sobre o equipamento;
Em uso	Indicador se o equipamento está em uso;
Em manutenção	Indicador se o equipamento está em manutenção;
Início da manutenção	Data da manutenção atual aberta.

Fonte: Adaptado de ADRIELLY, 2018, s.p.

Figura 3.1 – Definição da Subclasse QGBT

QGBT	
PK	id num_fases corrente_disjuntor fabricante_disjuntor dr dps circuitos_ativos circuitos_reservas
FK	id_trafo

Fonte: O próprio autor

A nova subclasse além de herdar os atributos da classe Equipamento, possui os seguintes atributos próprios:

- Id: Chave primaria, que serve de identificação única na tabela QGBT dentro do banco de dados;
- Num_fases: Quantas fases estão presentes no determinado quadro;
- Corrente_disjuntor: Qual a corrente do disjuntor que protege o quadro;
- Fabricante_disjuntor: Fabricante do disjuntor;
- Dr: Indicativo se o Quadro possui DR;
- Dps: Indicativo se o Quadro possui DPS;
- Circuitos_ativos: Quantidade de circuitos ativos que o quadro possui;
- Circuitos_reservas: Quantos circuitos reservas que o Quadro possui;
- Id_trafo: Associação com o transformador que alimenta o QGBT;

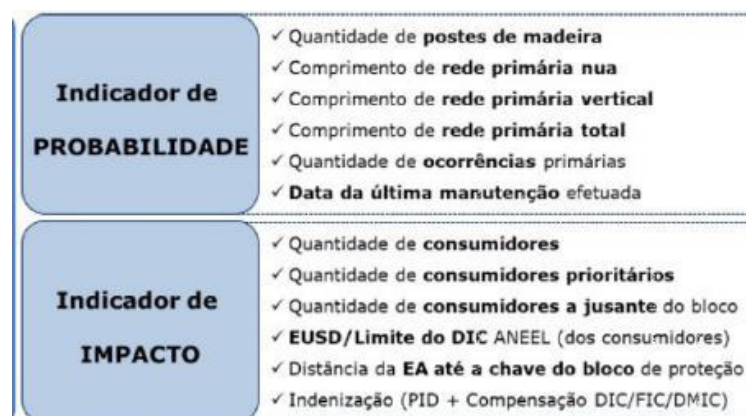
Visto que não existem mapeamento georreferenciados dos quadros de baixa tensão, a presente pesquisa se limita a simular alguns quadros, com localidades diversas dentro do campus do Pici.

3.3 Seleção de Indicadores

Para determinar quais dados seriam considerados como indicadores de manutenção, o presente trabalho utilizou critérios adotados na manutenção da rede de distribuição do Grupo CPFL Energia, que tomou como informação os dados disponíveis em sua própria base e os

categorizou em dois grupos: indicador de probabilidade e indicador de impacto. O indicador de probabilidade leva em consideração as ocorrências na rede primária, ou seja, avarias técnicas e desarranjos físicos aos equipamentos, ao passo que o indicador de impacto tem por base o prejuízo da empresa junto a clientes com prioridade já cadastrada no Sistema de Informação Georreferenciado (Cargas prioritárias - tais como hospitais, presídios, emissoras de comunicação e grandes clientes), importa demonstrar que o resultado do indicador de impacto revela o prejuízo advindo da interrupção de fornecimento de energia elétrica, o que pode gerar prejuízo para uma empresa junto aos clientes, sendo este prejuízo resultado da alteração nos indicadores de continuidade (DIC, FIC, DEC, FEC, etc). (CAVALCANTE; GARBELOTTI, 2018, s.p.). Um resumo dos critérios levados em consideração para cada indicador é demonstrado na Figura 3.2.

Figura 3.2 – Fatores dos Indicadores de Probabilidade e Impacto



Fonte: Adaptado de CETECMAN, 2017

Além disso, o resultado dos indicadores de probabilidade e de impacto é utilizado para o cálculo de um terceiro indicador, qual seja, o indicador de risco que, por sua vez, exprime qual equipamento deve ser priorizado no ciclo de manutenção da empresa.

No que diz respeito à forma de identificar o indicador de probabilidade, este é calculado pelo valor de cada fator multiplicado pelo seu respectivo peso, e somando-se os resultados. Após isso encontrando-se a média dos blocos de rede, agrupados por dispositivos de proteção, quais sejam, disjuntor, religador, seccionador e chave fusível, e, por fim, divide-se o valor de cada bloco pela média.

$$Probabilidade_{auxiliar} = \sum_{i=1}^P Fator_i \times Peso_i \quad (1)$$

$$Média = \frac{\sum_{i=1}^P Fator_i \times Peso_i}{Total\ de\ blocos\ de\ proteção} \quad (2)$$

$$Indicador_{probabilidade} = \frac{Probabilidade_{auxiliar}}{Média} \quad (3)$$

Da mesma forma, o indicador de impacto é calculado a partir da adaptação dos fatores analisados.

E, por fim, o indicador de risco poderá ser descoberto a partir da multiplicação dos indicadores de probabilidade e de impacto.

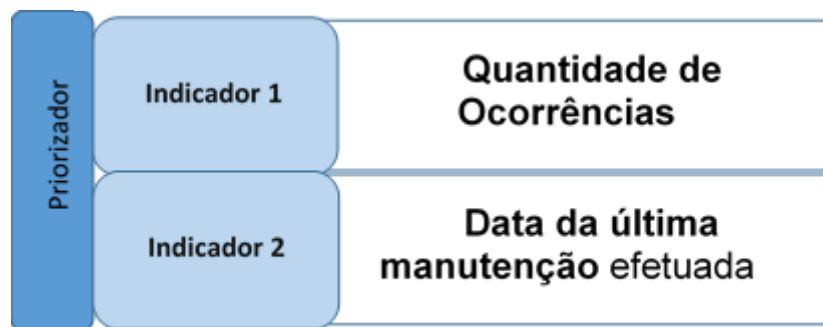
$$Indicador_{risco} = Indicador_{probabilidade} \times Indicador_{impacto} \quad (4)$$

Os dados e equações outrora demonstrados embasaram a análise da rede elétrica do campus do Pici, e permitiram a verificação da forma ideal para determinar os equipamentos prioritariamente carentes de manutenção. Portanto, foi realizado um questionário com a Coordenadoria de Conservação de Energia da Superintendência de Infraestrutura da Universidade Federal do Ceará a fim de averiguar as informações e critérios utilizados até a presente data para acompanhar manutenção dos equipamentos. Por meio de um formulário foram colhidas sugestões para melhoria da gestão de manutenção, e, dentre os principais apontamentos, a CCE sinalizou que os equipamentos prioritários a serem acompanhados eram disjuntor, religador, seccionalizador, chave fusível, para-raios, transformador e QGBT. Além disso, foi sugerido a utilização dos critérios de “Quantidade de Ocorrências” e “Data da última inspeção realizada” como indicadores de priorização. Por fim, seguindo a orientação técnica e devido a disponibilidade de informações junto a UFC - INFRA, optou-se pelo uso dos critérios indicados.

3.4 Cálculo de Indicadores

Para desenvolvimento da nova funcionalidade optou-se, inicialmente, pelo uso dos dois indicadores conforme sugeridos pela CCE-UFC, sendo estes, o número de ocorrências de manutenção no determinado equipamento e a data desde a última manutenção no mesmo, resumidos na Figura 3.3.

Figura 3.3 – Indicador Priorizador



Fonte: O próprio autor

Para o cálculo de cada um dos indicadores, quais sejam, o número de ocorrências de manutenção no determinado equipamento e a data desde a última manutenção no mesmo, utiliza-se a multiplicação direta destes por seus respectivos pesos, demonstrados a seguir nas equações 5 e 6:

$$\text{Indicador 1} = \text{Fator}_1 \times \text{Peso}_1 = \text{Quantidade de ocorrências} \times \text{Peso}_1 \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \text{Indicador 2} &= \text{Fator}_2 \times \text{Peso}_2 \\ &= \text{meses decorridos desde última manutenção} \times \text{Peso}_2 \end{aligned} \quad (6)$$

Para o indicador 1, o registro de ocorrências mantido na aplicação Web eram, tão somente, de extintores (DRUMOND & DOUGLAS, 2017b). Posteriormente, em uma nova atualização do sistema Web foram cadastrados os equipamentos elétricos, porém, sem o registro necessário de suas respectivas manutenções (SOUSA, 2018). Portanto, com o fim de analisar o desempenho do priorizador foram realizadas simulações de manutenção para os equipamentos elétricos. Para o indicador 2, utilizou-se a contagem, em meses, desde a última

manutenção por considerar que o prazo de manutenção geralmente é de 12 meses, de acordo com o informado pela CCE-UFC. E, finalmente, para o indicador prioritizador utiliza-se a soma dos resultados anteriores dividida pelo total de indicadores, conforme indicado na Equação 7

$$Priorizador = \frac{\sum_{i=1}^P \text{Indicador}_i \times \text{Peso}_i}{\text{Quantidade de Indicadores}} \quad (7)$$

Cumpra observar que os indicadores foram analisados e testados com pesos diversos, e os resultados serão detalhados no Capítulo 4.

Posteriormente acrescentou-se mais um indicador que corresponde a um valor pré-determinado de acordo com o tipo de equipamento, concomitantemente, seguindo as indicações da norma quanto a periodicidade de manutenção e considerando detalhes técnicos pertinentes a realidade do campus (o número de funcionários disponíveis para executar a manutenção, o acesso ao equipamento, a influência do equipamento em outras estruturas ou equipamentos), culminou na criação de uma escala que representa o grau de emergência de cada equipamento e varia de um a três.

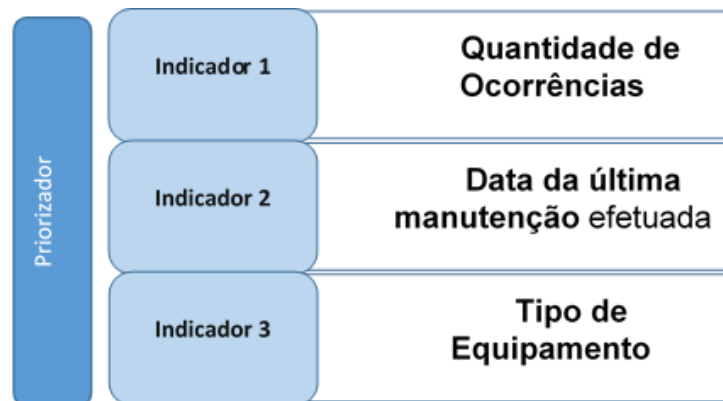
Tabela 3.2 – Indicador Tipo de Equipamento

Equipamentos	Indicador de tipo de equipamento
Extintor, Condicionador de Ar	1
Transformador Aéreo, Transformador Abridado, Chave Fusível, Chave Seccionadora	2
Religador, QGBT	3

Fonte: O próprio autor

Ante o exposto, para o novo critério tem-se um novo indicador, identificado como indicador 3, e, conseqüentemente, um novo resultado para o indicador prioritizador, conforme indicado na Figura 3.3.

Figura 3.4 – Novo Indicador Priorizador, considerando Indicador 3 – Tipo de equipamento



Fonte: O próprio autor

Conforme demonstrado, a quantidade de indicadores foi limitada a três, contudo, é possível a quantidade e o tipo serem alternados, dentre os escolhidos. Como exemplo, é possível priorizar equipamentos apenas pela quantidade de ocorrências, ou opta-se por uma combinação entre tipo de equipamento e quantidade de ocorrências. Todavia, importa que o administrador determine quais critérios devem ser utilizados a depender das peculiaridades de cada situação.

3.5 Modificações no banco de dados

No que diz respeito a plataforma Web, em sua estrutura existem funcionalidades que apenas o administrador e o desenvolvedor têm acesso, e são nessas abas que os indicadores e o novo elemento, QGBT, foram adicionados. Para que a aplicação Web comporte as novas modificações sugeridas foi necessário proceder alterações no banco de dados e no código fonte do sistema, sobretudo nas funcionalidades que o administrador tem acesso. (DRUMOND; DOUGLAS, 2017a, s.p.)

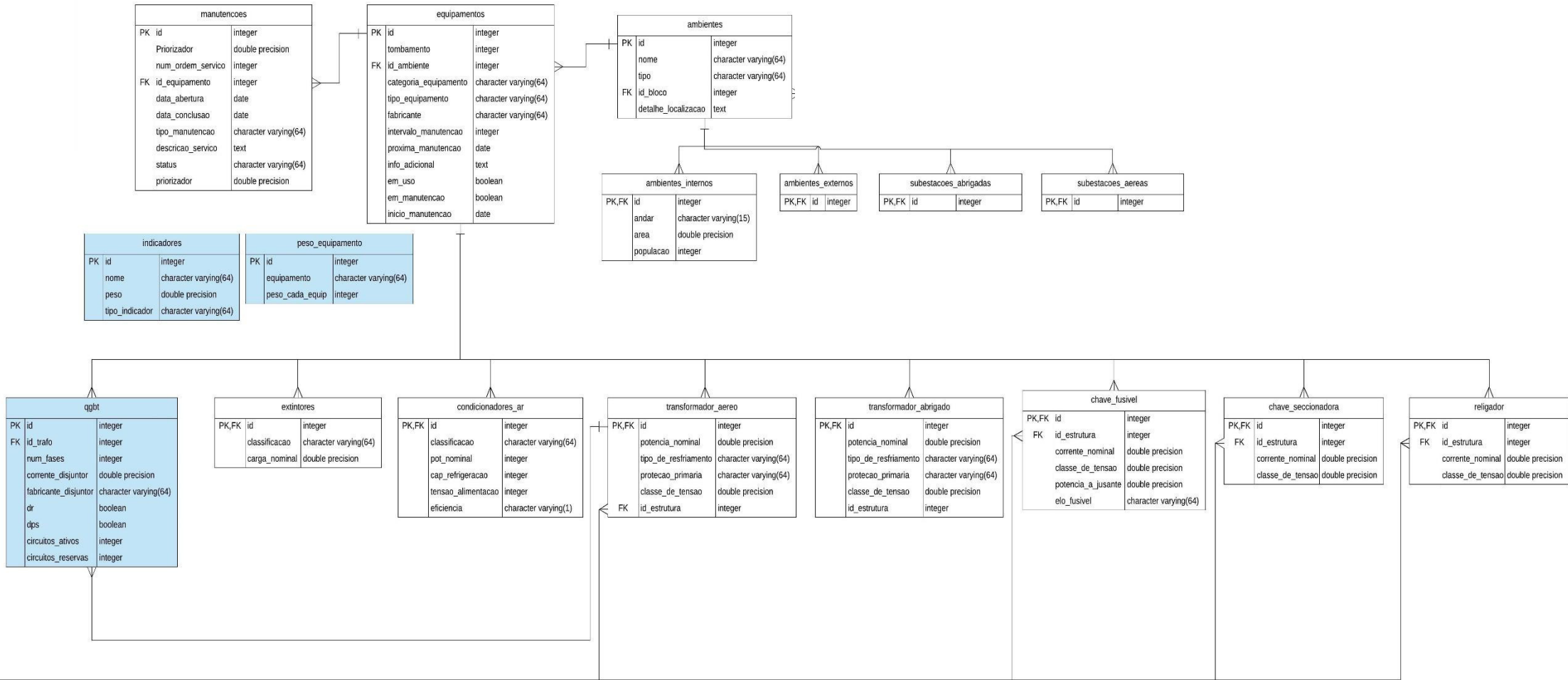
Estes acessos exclusivos foram desenvolvidos por meio do framework flask, especificamente utilizando uma API (Application Programming Interface) chamada flask admin (KOVAL, 2018, s.p.), que fornece ao desenvolvedor métodos e *templates* para estruturar as funcionalidades do sistema. Em apertada síntese, a partir do flask-admin criam-se restrições

de acessos à aplicação e torna-se possível estabelecer comunicação entre o banco de dados e o *front-end* da plataforma de maneira simplificada em termos de desenvolvimento.

Quanto às alterações realizadas no banco de dados, estas resultaram em modificações no código fonte da aplicação, ademais, na seção de administrador as funcionalidades criadas foram atualizadas para comportar os novos cálculos e análises dos indicadores

Tendo em vista as alterações realizadas no banco de dados, cita-se a criação da tabela QGBT, que contém as informações necessárias para cadastro de quadro geral de baixa tensão; a criação da tabela “Indicadores”, que armazenará o tipo de indicador e seu respectivo peso; a criação da tabela “Peso_Equipamento”, que contém os valores já detalhados na Tabela 3.2; a alteração da tabela manutenção, adicionando a coluna referente ao indicador, este sendo o resultado do processamento dos indicadores citados no tópico 3.3.

Figura 3.5 – Modificações no Banco de Dados da Aplicação

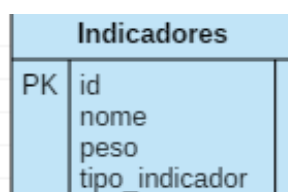


Fonte: o próprio Autor

3.6 Modificações no código fonte

No que tange às modificações realizadas no código fonte, adaptou-se para comportar a nova subclasse QGBT e foi criada uma nova classe de indicadores. Portanto, para que o sistema se tornasse capaz de contabilizar adequadamente os indicadores 1, 2 e 3; criou-se a classe de indicadores, de forma que,

Figura 3.6 – Classe Indicadores



Fonte: O próprio autor

- Id: Chave primaria, que serve de identificação única na tabela;
- Nome: identificador nominal que o usuário pode optar;
- Peso: valor entre 0 e 1 para contabilizar a relevância do critério
- Tipo_indicador: selecionar o tipo de indicador para realizar o devido cálculo;

Além disso, foram realizadas modificações na tela de visualização do usuário padrão, para o fim de explicitar e organizar manutenções de acordo com o priorizador.

3.7 Considerações Finais

Com as modificações realizadas na aplicação houve a necessidade de criar registros de manutenções para o fim de validar os resultados dos indicadores, devido a indisponibilidade de registros reais no sistema. Portanto, foram criados registros de manutenções que abrangem todos os tipos de equipamentos, em diferentes períodos, para analisar o desempenho dos indicadores. Os detalhes serão descritos no capítulo 4.

Com o sistema devidamente atualizado e as respectivas manutenções cadastradas, a ferramenta “Priorizador” está apta para validação, e visa contribuir com a gestão dos ativos elétricos do campus do Pici e também de equipamentos já cadastrados na plataforma.

4. IMPLEMENTAÇÃO DE MODIFICAÇÕES E RESULTADOS DOS INDICADORES

Neste capítulo serão apresentados os resultados das modificações na plataforma contendo os cálculos e processamentos dos indicadores de priorização das manutenções. Além disso, serão apresentadas as modificações adicionadas no banco de dados, quais sejam, a adição das tabelas de indicadores, de tipo de equipamento e de QGBT. E, as simulações de manutenção adicionadas no banco de dados.

4.1 Atualização de manutenções

A aplicação web possui manutenções cadastradas entre os anos de 2006 a 2017, totalizando seiscentos e trinta e quatro (634) registros, conforme ilustrado na Figura 4.1, e possuem o status de “concluída”, ademais, foram criadas no momento em que os equipamentos também o foram (DRUMOND; DOUGLAS, 2017a, s.p.). Foi implementado o seguinte comportamento no software: ao ser criado um equipamento, culmina também na criação de uma manutenção inicial para este, que é cadastrada contendo a ordem de serviço inicial.

Figura 4.1– Painel de Administração da Aplicação – Aba de Manutenções



Fonte: o próprio Autor

Utilizando a funcionalidade de “Adicionar Filtro” e selecionando manutenções que contém equipamentos cadastrados, verificou-se que a aplicação possui trinta e quatro(34) manutenções cadastradas em vazio, ou seja, não pertencem a nenhum equipamento existente, portanto das seiscentos e trinta e quatro(634) manutenções cadastradas, apenas seiscentos e oito(608) são válidas. (DRUMOND; DOUGLAS, 2017b, s.p.)

Figura 4.2 – Manutenções Válidas no Sistema SICEM

Manutenções

Listar (608) Criar Exportar Adicionar Filtro Com selecionado Pesquisar

x Tipo de Equipamento contém

		Ordem de Serviço	Data de Abertura	Data de Conclusão	Tipo de Manutenção	Tipo de Equipamento	Tombamento	Ambiente	Bloco	Departamento	Centro	Campus	Status
<input type="checkbox"/>		0	30.03.2017	30.03.2017	Inicial	Extintor	73	Circulação (Hall de Entrada)	Bloco 940	Departamento de Química Orgânica e Inorgânica	Centro de Ciências	Campus do Pici	Concluída
<input type="checkbox"/>		0	30.03.2017	30.03.2017	Inicial	Extintor	74	Circulação (Hall de Entrada)	Bloco 940	Departamento de Química Orgânica e Inorgânica	Centro de Ciências	Campus do Pici	Concluída
<input type="checkbox"/>		0	30.03.2017	30.03.2017	Inicial	Extintor	235238	Circulação (1º Andar)	Bloco 940	Departamento de Química Orgânica e Inorgânica	Centro de Ciências	Campus do Pici	Concluída
<input type="checkbox"/>		0	30.03.2017	30.03.2017	Inicial	Extintor	75	Circulação (1º Andar)	Bloco 940	Departamento de Química Orgânica e Inorgânica	Centro de Ciências	Campus do Pici	Concluída
<input type="checkbox"/>		0	30.03.2017	30.03.2017	Inicial	Extintor	235238	Circulação	Bloco	Administração	Centro de Ciências	Campus do Pici	Concluída

Fonte: o próprio autor

Para o fim de calcular os indicadores com novos elementos cadastrados, foi necessário adicionar as manutenções iniciais para cada um destes. A fim de que as adições não fossem feitas de forma manual, mas de maneira precisa e rápida optou-se pelo acesso direto ao banco de dados e inserção utilizando linguagem SQL, portanto, para as novas manutenções iniciais implementadas para os ativos elétricos um total de setecentos e cinquenta e nove registros foram cadastrados. Conforme demonstrado na Figura 4.3.

Figura 4.3 – Adição de registros de manutenções iniciais para os equipamentos elétricos

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ | Sistema de Controle de Equipamentos e Manutenções

SICEM-UFC Início Cargos Usuários Locais Ambientes Rede Equipamentos Manutenção Consumo

Manutenções

Listar (759) Criar Exportar Adicionar Filtro Com selecionado Pesquisar

		Priorizador	Ordem de Serviço	Data de Abertura	Data de Conclusão	Tipo de Manutenção	Tipo de Equipamento	Tombamento	Ambiente	Bloco	Departamento	Centro	Campus
<input type="checkbox"/>		0,00	0	30.03.2017	30.03.2017	Inicial	Extintor	235238	Circulacao (1º Andar)	Bloco 940	Departamento de Química Orgânica e Inorganica	Centro de Ciências	Campus do Pici

Fonte: o próprio autor

Além do cadastro das manutenções iniciais, alguns equipamentos foram selecionados para simulação de manutenções, que foram escolhidos a partir da análise da diversidade de tipos de equipamentos, das diferentes datas de manutenção e dos diversos números de ocorrência de manutenção. A fim de obter diferentes números de ocorrências, foram cadastradas algumas manutenções concluídas a mais nos elementos selecionados, além da inicial. A Tabela 4.1 lista os elementos selecionados, e os respectivos dados referentes a quantidade de ocorrências, a data da última manutenção e o peso, que se refere a sua relevância no sistema elétrico, e leva em consideração a criticidade do equipamento.

Tabela 4. 1 – Equipamentos escolhidos para simulação de manutenção

Equipamento	Tombamento	Localização	Ocorrências	Última manutenção	Tipo de Equipamento
Extintor	14	Bloco 909	7	31/03/2019	1
Chave Seccionadora	3333334	-	2	01/01/2019	2
Transformador Aereo	3333332	Bloco 821	4	08/07/2019	2
Transformador Abrigado	3333331	Bloco 707	2	01/01/2019	2
Religador	1801	Bloco 716 A	3	08/06/2019	3
Chave Fusivel	3333330	-	2	01/01/2019	2
QGBT	3333333	Bloco 705	4	01/08/2019	2

Fonte: o próprio Autor

4.2 Cadastro de quadros gerais de baixa tensão

Conforme mencionado no Capítulo 3, a versão do SICEM desenvolvida anteriormente não possuía QGBT's, todavia, a partir da sugestão da CCE-UFC, decidiu-se por adicionar este elemento na plataforma. Na Figura 4.4 é possível visualizar o novo item no menu Administração, contendo QGBT como um dos elementos a ser cadastrado.

Figura 4.4 – Menu de Administração contendo Equipamento QGBT



Fonte: o próprio autor

Portanto, foram simulados alguns quadros, já que não foram encontrados registros que especificassem a localização dos mesmos nas dependências do campus. Conforme descrito, as informações relevantes para o cadastro de um QGBT são: o transformador ao qual está ligado, a corrente do disjuntor, a quantidade de circuitos ativos no quadro, a quantidade de circuitos reservas, o intervalo de manutenção, a presença de DR e o presença de DPS. Na Figura 4.5 é possível visualizar o formulário de criação de um quadro geral de baixa tensão.

Figura 4.5 – Formulário de cadastramento da entidade QGBT

Fonte: o próprio Autor

Além disso, optou-se por adicionar três quadros gerais de baixa tensão, com o registro de suas respectivas manutenções iniciais no dia 01/01/2019, ademais, cada quadro contém os mesmos parâmetros, diferenciados apenas pelo número de tombamento e por sua localização. Importa ressaltar que para efeito de simulação os critérios atenderam ao objetivo. A Figura 4.6 mostra os quadros e suas respectivas localizações.

Figura 4.6 – QGBT’S cadastrados na aplicação

QGBT's

Listar (3) Criar Exportar Adicionar Filtro Com selecionado Pesquisar

	Tombamento	Ambiente	Bloco	Próxima Manutenção	Em Uso	Em Manutenção
<input type="checkbox"/>	3333333	SE-11	Bloco 705	01.11.2020	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	2222222	SE-10	Bloco 726	01.11.2020	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	111111111	SE-12	Bloco 705	01.11.2020	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

© 2019 Universidade Federal do Ceará [Reportar problema](#)

Fonte: o próprio autor

4.3 Cadastro de indicadores

O cadastro dos indicadores seguiu o mesmo princípio dos demais elementos da aplicação, qual seja, incluso na barra do menu “Administração”, é possível visualizá-los na opção “Manutenções” a aba para os indicadores.

Figura 4.7 - Menu de Administração contendo Indicadores.



Fonte: o próprio autor

Cada indicador a ser cadastrado requer do usuário que determine um nome, o peso e que especifique seu tipo (ocorrências, data ou tipo equipamento). A partir dessas informações

a aplicação oferece o valor total e o indicador Priorizador, para cada manutenção já cadastrada ou a ser cadastrada. A Figura 4.8 demonstra o cadastro de um indicador.

Figura 4.8 – Cadastro de Indicador

Indicadores

Listar Criar

Nome *

Peso do indicador

Tipo

- Ocorrências
- Data
- Equipamento

© 2019 Universidade Federal do Ceará [Reportar problema](#)

Fonte: o próprio autor

4.3.1 Cálculo dos Indicadores

Cada manutenção cadastrada na aplicação requer o cálculo do indicador Priorizador, utilizando seus respectivos pesos, que podem ser ajustados de acordo com preferência do administrador. No caso de uma manutenção concluída, o Priorizador é zerado. Logo, para todas as manutenções cadastradas anteriores a este projeto e já concluídas, o Priorizador é zero, conforme demonstrado na Figura 4.9.

Figura 4.9 – Priorizador de manutenções concluídas

Manutenções

Listar (772) Criar Exportar Adicionar Filtro Com selecionado Pesquisar

× Status contém Concluída Limpar Filtros

		Priorizador	Ordem de Serviço	Data de Abertura	Data de Conclusão	Tipo de Manutenção	Tipo de Equipamento	Tombamento	Ambiente	Bloco	Departamento	Centr
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0,00	0	07.11.2019	07.11.2019	Inicial	QGBT	111111111	SE-12	Bloco 705	Departamento de Engenharia Eletrica	Centr Tecnc
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0,00	0	07.11.2019	07.11.2019	Inicial	QGBT	22222222	SE-10	Bloco 726	Unidade Didatica do CT	Centr Tecnc
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0,00	0	01.08.2019	01.08.2019	Preventiva	QGBT	3333333	SE-11	Bloco 705	Departamento de Engenharia Eletrica	Centr Tecnc
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0,00	0	08.07.2019	08.07.2019	Preventiva	TransformadorAereo	3333332	Armazenagem de Racao Pronta	Bloco 821	Departamento de Zootecnia	Centr Cien Agra
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0,00	0	08.06.2019	08.06.2019	Preventiva	Religador	1801	Laboratorio de Condicionadores de Energia (LCI)	Bloco 716-A	Departamento de Engenharia Eletrica	Centr Tecnc
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0,00	0	08.04.2019	08.04.2019	Preventiva	TransformadorAereo	3333332	Armazenagem de Racao Pronta	Bloco 821	Departamento de Zootecnia	Centr Cien Agra
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0,00	0	01.04.2019	01.04.2019	Preventiva	QGBT	3333333	SE-11	Bloco 705	Departamento de Engenharia Eletrica	Centr Tecnc

Fonte: o próprio autor

Para demonstrar a atuação do fator de prioridades de manutenção no SICEM-UFC serão detalhados alguns exemplos com diferentes pesos e combinações dos três indicadores.

Exemplo 1: Adotando-se os três indicadores, com peso dos indicadores 1, 2 e 3, respectivamente 0.2, 0.5 e 0.2, conforme mostrado na Figura 4.10. Tem-se como resultado do cálculo os valores demonstrados na Figura 4.11. A Figura 4.12 demonstra a visualização do usuário padrão.

Figura 4.10 – Cálculo utilizando os três indicadores

Indicadores

Listar (3) Criar Exportar Com selecionado Pesquisar

		Nome	Peso
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Quantidade de ocorrencias - Indicador 1	0,20
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Tipo de Equipamento - Indicador 3	0,20
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Data desde ultima manutencao - Indicador 2	0,50

Fonte: o próprio autor

Figura 4.11 – Resultado do Priorizador utilizando 3 indicadores

Manutenções

Listar (780) Criar Exportar Adicionar Filtro Com selecionado Pesquisar

	Priorizador	Ordem de Serviço	Data de Abertura	Data de Conclusão	Tipo de Manutenção	Tipo de Equipamento	Tombamento	Ambiente	Bloco	Departamento
	2,00	22222226	07.11.2019		Preventiva	TransformadorAbrigado	3333331	Circulacao (5º Andar)	Bloco 707	Unidade Didatica do CT
	2,00	22222227	12.10.2019		Preventiva	ChaveFusivel	3333330	Circulacao (Gabinetes dos Professores)	Bloco 826	Departamento de Economia Agricola
	2,00	22222228	12.09.2019		Preventiva	ChaveSeccionadora	3333334	Circulacao (Terreo)	Bloco 806	Departamento de Fitotecnia
	1,77	22222223	06.11.2019		Preventiva	Extintor	14	Bloco de Laboratorios	Bloco 909	Departamento de Biologia
	1,26	22222225	25.10.2019		Preventiva	Religador	1801	Laboratorio de Condicionadores de Energia (LCI)	Bloco 716-A	Departamento de Engenharia Eletrica
	1,09	22222224	07.11.2019		Preventiva	TransformadorAereo	3333332	Armazenagem de Racao Pronta	Bloco 821	Departamento de Zootecnia
	1,02	12	07.11.2019		Preventiva	QGBT	3333333	SE-II	Bloco 705	Departamento de Engenharia Eletrica

Fonte: o próprio Autor

Figura 4.12 – Visualização do Usuário Padrão

Controle de Manutenções

Manutenções Abertas Manutenções Agendadas Adicionar Filtro Legenda

Priorizador	Ordem de Serviço	Tipo de Manutenção	Tipo de Equipamento	Tombamento	Ambiente	Bloco	Departamento	Centro	Campus	Data de Abertura
2.00	22222228	Preventiva	ChaveSeccionadora	3333334	Circulacao (Terreo)	Bloco 806	Departamento de Fitotecnia	Centro de Ciencias Agrarias	Campus do Pici	12.09.2019
2.00	22222227	Preventiva	ChaveFusivel	3333330	Circulacao (Gabinetes dos Professores)	Bloco 826	Departamento de Economia Agricola	Centro de Ciencias Agrarias	Campus do Pici	12.10.2019
2.00	22222226	Preventiva	TransformadorAbrigado	3333331	Circulacao (5º Andar)	Bloco 707	Unidade Didatica do CT	Centro de Tecnologia	Campus do Pici	07.11.2019
1.77	22222223	Preventiva	Extintor	14	Bloco de Laboratorios	Bloco 909	Departamento de Biologia	Centro de Ciencias	Campus do Pici	06.11.2019
1.26	22222225	Preventiva	Religador	1801	Laboratorio de Condicionadores de Energia (LCI)	Bloco 716-A	Departamento de Engenharia Eletrica	Centro de Tecnologia	Campus do Pici	25.10.2019
1.09	22222224	Preventiva	TransformadorAereo	3333332	Armazenagem de Racao Pronta	Bloco 821	Departamento de Zootecnia	Centro de Ciencias Agrarias	Campus do Pici	07.11.2019
1.02	12	Preventiva	QGBT	3333333	SE-II	Bloco 705	Departamento de Engenharia Eletrica	Centro de Tecnologia	Campus do Pici	07.11.2019

Fonte: o próprio Autor

A indicação de cores é uma forma de notificar visualmente o usuário a respeito do período desde que a solicitação de manutenção foi aberta. A cor amarela indica solicitação de







manutenções abertas a mais de 7 dias, e a cor vermelha indica manutenções solicitadas a mais de 30 dias.

Exemplo 2: Adotando-se apenas os indicadores 2 e 3, com pesos, respectivamente 0.5 e 0.2, conforme mostrado na Figura 4.13. Tem-se como resultado do cálculo os valores demonstrados na Figura 4.14. A Figura 4.15 demonstra a visualização do usuário padrão.

Figura 4.13 – Cálculo utilizando dois indicadores (Indicador 2 e Indicador 3)

Indicadores

Listar (2) Criar Exportar Com selecionado Pesquisar






















	Nome	Peso
  	Data desde ultima manutencao - Indicador 2	0,50
  	Tipo de Equipamento - Indicador 3	0,20

Fonte: o próprio Autor

Figura 4.14 – Resultado do Priorizador utilizando dois indicadores

Manutenções

Listar (780) Criar Exportar Adicionar Filtro Com selecionado Pesquisar

	Priorizador	Ordem de Serviço	Data de Abertura	Data de Conclusão	Tipo de Manutenção	Tipo de Equipamento	Tombamento	Ambiente	Bloco	Departamento
  	2,80	22222228	12.09.2019		Preventiva	ChaveSeccionadora	3333334	Circulacao (Terreo)	Bloco 806	Departamento de Fitotecnia
  	2,80	22222227	12.10.2019		Preventiva	ChaveFusivel	3333330	Circulacao (Gabinetes dos Professores)	Bloco 826	Departamento de Economia Agricola
  	2,80	22222226	07.11.2019		Preventiva	TransformadorAbrigado	3333331	Circulacao (5º Andar)	Bloco 707	Unidade Didatica do CT
  	1,96	22222223	06.11.2019		Preventiva	Extintor	14	Bloco de Laboratorios	Bloco 909	Departamento de Biologia
  	1,58	22222225	25.10.2019		Preventiva	Religador	1801	Laboratorio de Condicionadores de Energia (LCI)	Bloco 716-A	Departamento de Engenharia Eletrica
  	1,23	22222224	07.11.2019		Preventiva	TransformadorAereo	3333332	Armazenagem de Racao Pronta	Bloco 821	Departamento de Zootecnia
  	1,13	12	07.11.2019		Preventiva	QGBT	3333333	SE-11	Bloco 705	Departamento de Engenharia Eletrica

Fonte: o próprio Autor

Figura 4.15 – Visualização do Usuário Padrão

Controle de Manutenções

Manutenções Abertas										Manutenções Agendadas	Adicionar Filtro ▾	Legenda
Priorizador	Ordem de Serviço	Tipo de Manutenção	Tipo de Equipamento	Tombamento	Ambiente	Bloco	Departamento	Centro	Campus	Data de Abertura		
2.80	22222228	Preventiva	ChaveSeccionadora	3333334	Circulacao (Terreo)	Bloco 806	Departamento de Fitotecnia	Centro de Ciencias Agrarias	Campus do Pici	12.09.2019		
2.80	22222227	Preventiva	ChaveFusivel	3333330	Circulacao (Gabinetes dos Professores)	Bloco 826	Departamento de Economia Agricola	Centro de Ciencias Agrarias	Campus do Pici	12.10.2019		
2.80	22222226	Preventiva	TransformadorAbrigado	3333331	Circulacao (5º Andar)	Bloco 707	Unidade Didatica do CT	Centro de Tecnologia	Campus do Pici	07.11.2019		
1.96	22222223	Preventiva	Extintor	14	Bloco de Laboratorios	Bloco 909	Departamento de Biologia	Centro de Ciencias	Campus do Pici	06.11.2019		
1.58	22222225	Preventiva	Religador	1801	Laboratorio de Condicionadores de Energia (LCI)	Bloco 716-A	Departamento de Engenharia Eletrica	Centro de Tecnologia	Campus do Pici	25.10.2019		
1.23	22222224	Preventiva	TransformadorAereo	3333332	Armazenagem de Racao Pronta	Bloco 821	Departamento de Zootecnia	Centro de Ciencias Agrarias	Campus do Pici	07.11.2019		
1.13	12	Preventiva	QGBT	3333333	SE-II	Bloco 705	Departamento de Engenharia Eletrica	Centro de Tecnologia	Campus do Pici	07.11.2019		

Fonte: o próprio Autor

Nota-se alteração no ordenamento dos elementos, visto que na situação proposta é nítido que a manutenção da Chave Seccionadora, da Chave Fusível e do Transformador Abrigado são tomados como prioritários e possuem mesmo valor, resultado advindo do cálculo do Priorizador que computa a data da última manutenção (01/01/2019) e o peso do equipamento (2, para todos estes elementos), logo, o resultado é coerente, pois no ambiente simulado estes equipamentos possuem os mesmos valores para indicador 2 e indicador 3.

Exemplo 3: Adotando-se apenas os indicadores 1 e 3, com pesos, respectivamente, 0.45 e 0.6, conforme mostrado na Figura 4.16. Tem-se como resultado do cálculo os valores demonstrados na Figura 4.17. A Figura 4.18 demonstra a visualização do usuário padrão.

Figura 4.16 – Cálculo utilizando dois indicadores (indicador 1 e indicador 3)

Indicadores

Listar (2) Criar Exportar Com selecionado Pesquisar

	Nome	Peso
	Quantidade de ocorrências - Indicador 1	0,45
	Tipo de Equipamento - Indicador 3	0,60

Fonte: o próprio Autor

Figura 4.17 – Resultado do Priorizador utilizando dois indicadores

Manutenções

Listar (780) Criar Exportar Adicionar Filtro Com selecionado Pesquisar

	Priorizador	Ordem de Serviço	Data de Abertura	Data de Conclusão	Tipo de Manutenção	Tipo de Equipamento	Tombamento	Ambiente	Bloco	Departamento	C
	1,88	22222223	06.11.2019		Preventiva	Extintor	14	Bloco de Laboratorios	Bloco 909	Departamento de Biologia	Cc C
	1,80	12	07.11.2019		Preventiva	QGBT	3333333	SE-11	Bloco 705	Departamento de Engenharia Eletrica	Cc Te
	1,57	22222225	25.10.2019		Preventiva	Religador	1801	Laboratorio de Condicionadores de Energia (LCI)	Bloco 716-A	Departamento de Engenharia Eletrica	Cc Te
	1,50	22222224	07.11.2019		Preventiva	TransformadorAereo	3333332	Armazenagem de Racao Pronta	Bloco 821	Departamento de Zootecnia	Cc C A
	1,05	22222226	07.11.2019		Preventiva	TransformadorAbrigado	3333331	Circulacao (5º Andar)	Bloco 707	Unidade Didatica do CT	Cc Te
	1,05	22222228	12.09.2019		Preventiva	ChaveSeccionadora	3333334	Circulacao (Terreo)	Bloco 806	Departamento de Fitotecnica	Cc C A
	1,05	22222227	12.10.2019		Preventiva	ChaveFusivel	3333330	Circulacao (Gabinetes dos Professores)	Bloco 826	Departamento de Economia Agricola	Cc C A

Fonte: o próprio Autor

Figura 4.18 – Visualização do Usuário Padrão

Controle de Manutenções

Manutenções Abertas											Manutenções Agendadas	Adicionar Filtro ▾	Legenda
Priorizador	Ordem de Serviço	Tipo de Manutenção	Tipo de Equipamento	Tombamento	Ambiente	Bloco	Departamento	Centro	Campus	Data de Abertura			
1.88	22222223	Preventiva	Extintor	14	Bloco de Laboratorios	Bloco 909	Departamento de Biologia	Centro de Ciencias	Campus do Pici	06.11.2019			
1.80	12	Preventiva	QGBT	3333333	SE-II	Bloco 705	Departamento de Engenharia Eletrica	Centro de Tecnologia	Campus do Pici	07.11.2019			
1.57	22222225	Preventiva	Religador	1801	Laboratorio de Condicionadores de Energia (LCI)	Bloco 716-A	Departamento de Engenharia Eletrica	Centro de Tecnologia	Campus do Pici	25.10.2019			
1.50	22222224	Preventiva	TransformadorAereo	3333332	Armazenagem de Racao Pronta	Bloco 821	Departamento de Zootecnia	Centro de Ciencias Agrarias	Campus do Pici	07.11.2019			
1.05	22222228	Preventiva	ChaveSeccionadora	3333334	Circulacao (Terreo)	Bloco 806	Departamento de Fitotecnica	Centro de Ciencias Agrarias	Campus do Pici	12.09.2019			
1.05	22222227	Preventiva	ChaveFusivel	3333330	Circulacao (Gabinets dos Professores)	Bloco 826	Departamento de Economia Agricola	Centro de Ciencias Agrarias	Campus do Pici	12.10.2019			
1.05	22222226	Preventiva	TransformadorAbrigado	3333331	Circulacao (5º Andar)	Bloco 707	Unidade Didatica do CT	Centro de Tecnologia	Campus do Pici	07.11.2019			










Fonte: o próprio Autor

O cálculo realizado neste exemplo leva em consideração o tipo de equipamento e o número de ocorrências, logo, é coerente que o extintor tenha prioridade visto que possui sete registros de manutenção.

Exemplo 4: Adotando-se novamente os indicadores 1, 2 e 3, com pesos, respectivamente, 0.45, 0.35 e 0.2, conforme mostrado na Figura 4.19. Tem-se como resultado do cálculo os valores demonstrados na Figura 4.20. A Figura 4.21 demonstra a visualização do usuário padrão.

Figura 4.19 – Cálculo utilizando os três indicadores

Indicadores

Listar (3)		Criar	Exportar	Com selecionado▼	Pesquisar	
<input type="checkbox"/>		Nome				Peso
<input type="checkbox"/>	  	Data desde ultima manutencao - Indicador 2				0,35
<input type="checkbox"/>	  	Quantidade de ocorrencias - Indicador 1				0,45
<input type="checkbox"/>	  	Tipo de Equipamento - Indicador 3				0,20

Fonte: o próprio Autor

Figura 4.20 – Resultado do Priorizador utilizando três indicadores

Manutenções

Listar (780)		Criar	Exportar	Adicionar Filtro▼	Com selecionado▼	Pesquisar					
<input type="checkbox"/>		Priorizador	Ordem de Serviço	Data de Abertura	Data de Conclusão	Tipo de Manutenção	Tipo de Equipamento	Tombamento	Ambiente	Bloco	Departamento
<input type="checkbox"/>	  	1,98	22222223	06.11.2019		Preventiva	Extintor	14	Bloco de Laboratorios	Bloco 909	Departamento de Biologia
<input type="checkbox"/>	  	1,65	22222226	07.11.2019		Preventiva	TransformadorAbrigado	3333331	Circulacao (5º Andar)	Bloco 707	Unidade Didatica do CT
<input type="checkbox"/>	  	1,65	22222228	12.09.2019		Preventiva	ChaveSeccionadora	3333334	Circulacao (Terreo)	Bloco 806	Departamento de Fitotecnica
<input type="checkbox"/>	  	1,65	22222227	12.10.2019		Preventiva	ChaveFusivel	3333330	Circulacao (Gabinetes dos Professores)	Bloco 826	Departamento de Economia Agricola
<input type="checkbox"/>	  	1,25	22222225	25.10.2019		Preventiva	Religador	1801	Laboratorio de Condicionadores de Energia (LCI)	Bloco 716-A	Departamento de Engenharia Eletrica
<input type="checkbox"/>	  	1,22	22222224	07.11.2019		Preventiva	TransformadorAereo	3333332	Armazenagem de Racao Pronta	Bloco 821	Departamento de Zootecnica
<input type="checkbox"/>	  	1,19	12	07.11.2019		Preventiva	QGBT	3333333	SE-II	Bloco 705	Departamento de Engenharia Eletrica

Fonte: o próprio Autor

Figura 4.21 – Visualização do Usuário Padrão

Controle de Manutenções

Manutenções Abertas		Manutenções Agendadas		Adicionar Filtro ▾		Legenda					
Priorizador	Ordem de Serviço	Tipo de Manutenção	Tipo de Equipamento	Tombamento	Ambiente	Bloco	Departamento	Centro	Campus	Data de Abertura	
1.98	22222223	Preventiva	Extintor	14	Bloco de Laboratorios	Bloco 909	Departamento de Biologia	Centro de Ciencias	Campus do Pici	06.11.2019	
1.65	22222228	Preventiva	ChaveSeccionadora	3333334	Circulacao (Terreo)	Bloco 806	Departamento de Fitotecnia	Centro de Ciencias Agrarias	Campus do Pici	12.09.2019	
1.65	22222227	Preventiva	ChaveFusivel	3333330	Circulacao (Gabinetes dos Professores)	Bloco 826	Departamento de Economia Agricola	Centro de Ciencias Agrarias	Campus do Pici	12.10.2019	
1.65	22222226	Preventiva	TransformadorAbrigado	3333331	Circulacao (5º Andar)	Bloco 707	Unidade Didatica do CT	Centro de Tecnologia	Campus do Pici	07.11.2019	
1.25	22222225	Preventiva	Religador	1801	Laboratorio de Condicionadores de Energia (LCI)	Bloco 716-A	Departamento de Engenharia Eletrica	Centro de Tecnologia	Campus do Pici	25.10.2019	
1.22	22222224	Preventiva	TransformadorAereo	3333332	Armazenagem de Racao Pronta	Bloco 821	Departamento de Zootecnia	Centro de Ciencias Agrarias	Campus do Pici	07.11.2019	
1.19	12	Preventiva	QGBT	3333333	SE-II	Bloco 705	Departamento de Engenharia Eletrica	Centro de Tecnologia	Campus do Pici	07.11.2019	

Fonte: o próprio Autor

É possível notar que nesta nova configuração o extintor permanece em prioridade, tendo em vista a grande quantidade de ocorrências. Novamente a chave seccionadora, a chave fusível e o transformador abrigado possuem o mesmo indicador, já que no ambiente simulado possuem o mesmo número de ocorrências, mesma data para última manutenção cadastrada e mesmo valor para o indicador de acordo com tipo de equipamento.

4.4 Considerações Finais

Este capítulo apresentou o resultado das atualizações propostas para a aplicação de adição do elemento de baixa tensão QGBT, atualização do banco de dados de manutenções e cálculo do indicador de Prioridade para cada manutenção cadastrada. As modificações no banco de dados da aplicação e em suas funcionalidades atenderam aos objetivos propostos no início da pesquisa.

5. CONCLUSÃO

A gestão de ativos é fundamental para garantir confiabilidade e segurança ao sistema, além de garantir a integridade dos equipamentos. Com o estudo realizado foi possível avaliar o histórico da evolução da manutenção e verificar como as metodologias de gestão da manutenção vêm sendo implementadas em diferentes setores, inclusive na manutenção de ativos elétricos. Foi constatado que as políticas de manutenção são de expressiva relevância para atingir máxima eficiência atrelada a redução de custo.

A pesquisa científica consistiu no emprego de uma metodologia que utiliza de indicadores de performance e risco para priorizar a manutenção de ativos elétricos. Por meio da orientação da Coordenadoria de Conservação de Energia, foram escolhidos três indicadores para cálculo de prioridade, e estes atenderam ao propósito do presente trabalho. Adaptou-se a aplicação WEB SICEM para comportar a metodologia proposta, além de adicionar um Quadro Geral de Baixa Tensão como possível equipamento a ser cadastrado. Como estudo de caso, foi criado um banco de dados com registros de manutenções para validar o cálculo do priorizador.

Os objetivos iniciais deste trabalho foram atingidos e espera-se que a atualização da aplicação contribua junto a CCE para a melhor gestão dos ativos, garantindo a integridade dos equipamentos, a redução de custos de manutenção e o aumento da confiabilidade e disponibilidade da rede elétrica do campus.

Cumpram demonstrar que a nova atualização da aplicação SICEM permite sugerir novos estudos, quais sejam:

- Compatibilização da versão do SICEM atualmente disponível na web com aquela proposta por este trabalho;
- Estudo detalhado de outros critérios utilizáveis para priorizar manutenção;
- Aplicação de Metodologias MCC, TPM e MBR na gestão da Rede Elétrica do Campus;
- Mapear e adicionar todos os Quadros de Baixa Tensão na aplicação;
- Mapear e adicionar todos os Para-Raios na aplicação;

6. REFERÊNCIAS

- ABNT. NBR 12962- Inspeção, Manutenção e Recarga em Extintores de Incêndio, 1998.
- ABNT NBR ISO 9000, Sistemas de gestão da qualidade – Fundamentos e vocabulário
- ABNT NBR ISO 55000:2014, Gestão de ativos – Sistemas de gestão – Visão geral, princípios e terminologia
- AIROBOMAN, A. E.; ORIAIFO, P.; OGUJOR, E. A. "A Maintenance Framework in Power System Network Using RCM." In IEEE 3rd International Conference on Electrotechnology for National Development (NIGERCON), pp. 893-897. 2017
- ALKAIM, João Luiz. **Metodologia para incorporar conhecimento intensivo às tarefas de manutenção centrada na confiabilidade aplicada em ativos de sistemas elétricos**. 2003. 239 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis, 2003.
- ARAÚJO NETO, J. E. **Otimização da Programação da Manutenção dos Ativos de Transmissão do Sistema Elétrico Brasileiro considerando Penalidades por Indisponibilidade, Restrições Sistêmicas e Logística das Equipes Técnicas**. Dissertação (Mestrado em Matemática Aplicada), UNICAMP, São Paulo, SP, Brasil, 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. NBR 5462: 1994. Confiabilidade e Manutenibilidade. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.
- BEEHLER M. E, "Reliability centered maintenance for transmission systems," in IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 12, no. 2, pp. 1023-1028, April 1997. doi: 10.1109/61.584432
- CAVALCANTE, J. A.; GARBELOTTI, R. M. Metodologia Desenvolvida para Priorização do plano de Inspeção e Manutenção de Redes de Distribuição do Grupo CPFL Energia. In: Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica (SENDI), XXIII, 2018. Fortaleza
- CARDOSO, Idécio Alexandre Palheta; SOUZA, Gilberto Francisco Martha de. Desenvolvimento de método para seleção de políticas de manutenção baseado em análise de risco. 2004.
- DETREGIACHI FILHO, Edson et al. Otimização da performance da linha de produção mediante a implantação da Manutenção Produtiva Total. Revista Latino-Americana de Inovação e Engenharia de Produção, v. 5, n. 7, p. 3-18, 2017.
- DOUGLAS, Kaio; DRUMOND, Rômulo. (2017a). Guia do Usuário.
- DOUGLAS, Kaio; DRUMOND, Rômulo (2017b). SICEM-UFC. Disponível em <<https://sicem.herokuapp.com/>>
- FILHO, Gil Branco. Dicionário de Termos de Manutenção e Confiabilidade. Segunda edição. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2000.

GAMA, A. L. F. "O USO DE MACHINE LEARNING NA IMPLEMENTAÇÃO DE MANUTENÇÃO PREDITIVA EM USINAS TERMELÉTRICAS." Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2017.

GOMES, João Luiz Oliveira et al. Controle Sistêmico da Qualidade da Manutenção em Equipamentos do Setor Elétrico. XVI SNPTEE: GMI/007, 2001 – Campinas, SP.

HELMAN, H.; ANDERY, P. R. P. (1995). “Análise de Falhas. Aplicação dos métodos de FMEA e FTA”, Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 156p.

HEO, J. H.; KIM, M. K.; LYU, J. K., "Implementation of reliability-centered maintenance for transmission components using particle swarm optimization", *Elect. Power Energy Syst.*, vol. 55, pp. 238-245, 2012.

HILBER, P., Maintenance Optimization for Power Distribution Systems, Doctoral thesis, Royal Institute of Technology Stockholm, Sweden, 2008. ISSN 1653-5146

IM&C International, Japan Institute of Plant Maintenance. (2000). “Curso de Manutenção Planejada: TPM – Total Productive Maintenance”, São Paulo: JIPM, 173p.

KOVAL, Serge S. Flask-Admin documentation Release 1.5.3 2018

LAMY, S. L. Relatório Especial Prévio. XVI SNPTEE: GMI/REP, 2001 – Campinas, SP.

LIMA, J. R. T.; SANTOS, ABB; SAMPAIO, R. B. Sistemas de gestão da manutenção uma revisão bibliográfica visando estabelecer critérios para avaliação de maturidade. ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (ENEGEP), v. 30, 2010.

MEIRELES, Ana Paula Leitão. Gestão de ativos técnicos: uma abordagem à ISO 55001 na perspectiva do ciclo de vida útil: concetualização do modelo. 2018. Tese de Doutorado.

MOUBRAY, John. Novos Desenvolvimentos em Manutenção Centrada em Confiabilidade. Workshop – 11º Congresso Ibero Americano de Manutenção. Florianópolis, 2001, p.1-2 .

MOUBRAY, John. RCM II – Reliability – centered Maintenance. second edition, New York: Industrial Press Inc, 1997.

PYTHON SOFTWARE FOUNDATION. Python Language. Acesso em 10 de Outubro, 2019, disponível em <<https://www.python.org/>>

TAVARES, Lourival Augusto. Excelência na Manutenção – Estratégias, Otimização e Gerenciamento. Salvador: Casa da Qualidade Editora Ltda, 1996, p.36.

SILVA, Elielson de Bonfim. **Manutenção centrada em confiabilidade visando a competitividade em uma indústria moedora de grãos na região dos Campos Gerais**. 2018. 56 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia de Automação Industrial) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2018.

SOUSA, Adrielly Maria Mendonça de Paiva. **Aplicação web baseada em georeferenciamento para gerenciamento de ativos da rede de distribuição de média tensão do Campus do Pici da Universidade Federal do Ceará**. 2018. 91 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

SOUZA, Rodrigo de Queiroz. Metodologia e desenvolvimento de um sistema de manutenção preditiva visando à melhoria da confiabilidade de ativos de usinas hidrelétricas. 2008. 207 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas Mecatrônicos) - Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

STAR, F.; BISSEL, A. (2002). “Maintenance, Inspection or Management: A Risk Based Approach”. In: Operation Maintenance and Materials Issues: v.1, n°3, Dezembro de 2002.

WAEYENBERGH, G. (2005) “CIBOCOF – A framework for industrial maintenance concept development”. Doctoral Thesis, Departmente of Applied Sciences, Catholic University of Louvain, Belgium.

WEE, Jonathan Jian Meng (2011) Total productive maintenance in manufacturing industry in Malaysia. Masters thesis, Universiti Teknologi Malaysia, Faculty of Mechanical Engineering.

YAMAGUCHI, Carlos Toshio. TPM- Manutenção Produtiva Total. Instituto de Consultoria e Aperfeiçoamento Profissional, São João Del Rei, 2005.