

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA
E TECNOLOGIA FLUMINENSE**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS APLICADOS À
ENGENHARIA E GESTÃO**

Emanuel Rocha Santos

**AVALIAÇÃO DE SENSORES E ANÁLISE DE VIABILIDADE PARA
SENSORIAMENTO DAS CAIXAS DE MEDIÇÃO DOS PADRÕES DE ENTRADA
DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA COM OBJETIVO DE COMBATE
ÀS PERDAS NÃO TÉCNICAS**

Campos dos Goytacazes/Rio de Janeiro

2022

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA
E TECNOLOGIA FLUMINENSE**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS APLICADOS À
ENGENHARIA E GESTÃO**

Emanuel Rocha Santos

**AVALIAÇÃO DE SENSORES E ANÁLISE DE VIABILIDADE PARA
SENSORIAMENTO DAS CAIXAS DE MEDIÇÃO DOS PADRÕES DE ENTRADA
DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA COM OBJETIVO DE COMBATE
ÀS PERDAS NÃO TÉCNICAS**

**Rodrigo Martins Fernandes
(Orientador)**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, no Curso de Mestrado Profissional em Sistemas Aplicados à Engenharia e Gestão (MPSAEG), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Sistemas Aplicados à Engenharia e Gestão.

Campos dos Goytacazes/Rio de Janeiro

2022

Biblioteca Anton Dakitsch
CIP - Catalogação na Publicação

S237a Santos, Emanuel Rocha
Avaliação de Sensores e Análise de Viabilidade para Sensoriamento das
Caixas de Medição dos Padrões de Entrada de Distribuição de Energia
Elétrica com Objetivo de Combate as Perdas Não Técnicas / Emanuel
Rocha Santos - 2022.
86 f.: il. color.

Orientador: Rodrigo Martins Fernandes

Dissertação (mestrado) -- Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia Fluminense, Campus Campos Centro, Curso de Mestrado
Profissional em Sistemas Aplicados à Engenharia e Gestão, Campos dos
Goytacazes, RJ, 2022.
Referências: f. 1 a 30.

1. Perda de Energia. 2. Fraude de energia. 3. Sensoriamento. 4.
Gerenciamento de projeto. I. Fernandes, Rodrigo Martins, orient. II. Título.

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA
E TECNOLOGIA FLUMINENSE**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS APLICADOS À
ENGENHARIA E GESTÃO**

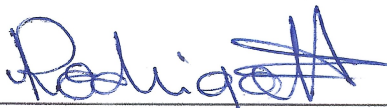
Emanuel Rocha Santos

**AVALIAÇÃO DE SENSORES E ANÁLISE DE VIABILIDADE PARA
SENSORIAMENTO DAS CAIXAS DE MEDIÇÃO DOS PADRÕES DE
ENTRADA DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA COM OBJETIVO
DE COMBATE ÀS PERDAS NÃO TÉCNICAS**


Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, no Curso de Mestrado Profissional em Sistemas Aplicados à Engenharia e Gestão (MPSAEG), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Sistemas Aplicados à Engenharia e Gestão.

Aprovado(a) em 30 de setembro de 2022.

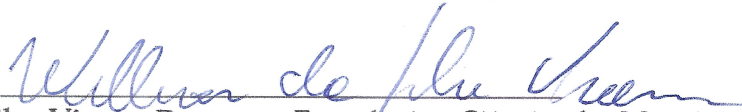
Banca Examinadora:




Rodrigo Martins Fernandes, Doutor em Engenharia Elétrica
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense
(Orientador)



Rogério Atem de Carvalho, Doutor em Engenharia de Produção
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense



William da Silva Vianna, Doutor em Engenharia e Ciências dos Materiais
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense



Edson Antonio Batista, Doutor em Engenharia Elétrica
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

RESUMO

No serviço de distribuição de energia elétrica, ocorrem os efeitos da Perda Técnica e Perda Não Técnica. Aquela é inerente ao sistema, já a segunda está associada, principalmente, às fraudes e aos furtos de energia no padrão de medição. As Perdas Não Técnicas podem reduzir a rentabilidade dos investimentos realizados pelos acionistas, geram impacto na tarifa de energia e causam problemas para qualidade de fornecimento, uma vez que as ligações irregulares alteram as características técnicas da rede, colocando-a em risco. Este trabalho tem por objetivo avaliar a viabilidade técnica e financeira de sete tipos de sensores na detecção de tentativas de fraude na caixa de medição em uma distribuidora de energia elétrica. Para o desenvolvimento do projeto, foram utilizados o método Prisma para pesquisa bibliográfica, Design Thinking, Métodos ágeis de gerenciamento de projeto, como SCRUM e CANVAS, além do modelo V na etapa de desenvolvimento do produto. Como resultado, foi desenvolvido um conjunto de sensores para detecção de abertura da caixa de medição, presença de ímã e vibração, atendendo os requisitos mapeados pelo grupo de trabalho com componentes da concessionária em questão. Foram avaliados sete sensores, tanto em bancada quanto em aplicação em caixa de medição na condição de protótipo, dos quais três atenderam os requisitos determinados: sensor fim de curso, sensor magnético e sensor de vibração, cobrindo, dessa forma, mais de 80% dos tipos de fraude na caixa de medição. Em relação à viabilidade financeira, foi calculado um preço alvo de R\$ 243,00 para o produto e Payback do investimento, para a concessionária em questão, de dois anos. Todas as etapas de desenvolvimento, desde a ideação até o protótipo, foram registradas como resultado do projeto. Com o sensoriamento, é possível melhorar o direcionamento das equipes de campo para detecção de fraudes, no processo de inspeção de medidores, e, dessa forma, reduzir as perdas não técnicas da empresa.

Palavras-chave: Perda de Energia. Fraude de energia. Sensoriamento. Gerenciamento de projeto

ABSTRACT

In the electricity distribution service, the effects of Technical Loss and Non-Technical Loss occur. The former is inherent to the system, while the latter is mainly associated with fraud and theft of energy in the measurement standard. Non-Technical Losses can reduce the profitability of investments made by shareholders, impact the energy tariff and cause problems for the quality of supply, since irregular connections alter the technical characteristics of the network, putting it at risk. This work aims to evaluate the technical and financial viability of seven types of sensors in the detection of fraud attempts in the measurement box in an electric energy distributor. For the development of the project, the Prisma method for bibliographical research, Design Thinking, agile project management methods, such as SCRUM and CANVAS, were used, in addition to the V model in the product development stage. As a result, a set of sensors was developed to detect the opening of the measuring box, the presence of a magnet and vibration, meeting the requirements mapped by the working group with components from the dealership in question. Seven sensors were evaluated, both on the bench and in application in a measuring box in the prototype condition, of which three met the determined requirements: limit switch sensor, magnetic sensor and vibration sensor, thus covering more than 80% of the types of fraud in the measuring box. Regarding financial viability, a target price of R\$ 243.00 was calculated for the product and Payback of the investment, for the concessionaire in question, in two years. All stages of development, from ideation to prototype, were recorded as a result of the project. With sensing, it is possible to improve the guidance of field teams to detect fraud, in the process of inspecting meters, and thus reduce the company's non-technical losses.

Keywords: Energy Loss. Energy fraud. Sensing. Project management

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Perdas Técnicas e Não Técnicas	14
Figura 2: PNT sobre a Baixa Tensão Faturado	16
Figura 3: Tipos de fraude na medição	18
Figura 4: <i>Smart Street Box</i>	25
Figura 5: Fluxograma de seleção de documentos, segundo recomendação PRISMA	27
Figura 6: Modelo PM Canvas	29
Figura 7: Cinco Blocos do PM Canvas	30
Figura 8: Estrutura SCRUM.....	31
Figura 9: Etapas modelo V	33
Figura 10: Tipologia de Irregularidades 2021	34
Figura 11: Tipologia de Irregularidades 2021	34
Figura 12: Tipologia de Fraude	35
Figura 13: Exemplos de fraudes com utilização de ímã.....	36
Figura 14: Conceito do Projeto	36
Figura 15: PM Canvas Projeto	37
Figura 16: EAP projeto.....	38
Figura 17: Cronograma projeto	39
Figura 18: Matriz de requisitos Conceito do produto.....	42
Figura 19: Modelo V	43
Figura 20: Microcontrolador Node MCU.....	45
Figura 21: Script Acionamento e teste com porta de saída com Led conectado.....	47
Figura 22: Teste sensor fim de curso.....	47
Figura 23: ESP8266 como web server	48
Figura 24: Circuito básico Sensores Web Server	48
Figura 25: Acesso ao Web Server ESP 8266	49
Figura 26: Script UpY Craft.....	50
Figura 27: Script UpY Craft.....	50
Figura 28: Diagrama Eletrônico – Testes	51
Figura 29: Esquema eletrônico e layout web server.....	52
Figura 30: Diagrama eletrônico.....	52
Figura 31: Especificação técnica caixa de medição monofásica.....	53
Figura 32: Testes sensor indutivo.....	54

Figura 33: Esquema eletrônico protótipo	54
Figura 34: Protótipo simulando a condição de normalização da concessionária	56
Figura 35: Teste sensor de presença	58
Figura 36: Teste sensor magnético	59
Figura 37: Teste sensor de vibração	60
Figura 38: Teste sensor magnético	61
Figura 39: Teste sensor infravermelho	62
Figura 40: Teste bancada conjunto de sensores	63
Figura 41: Teste conjunto sensores com montagem na caixa	64
Figura 42: Resultado de cada indicador	71
Figura 43: Processo de aplicação dos Sensores.....	72
Figura 44: Etapas Design Thinking (Verificar se tem figura em português)	83
Figura 45: Processos Gerenciamento de Projeto	84
Figura 46: Exemplo de EAP.....	85

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Principais irregularidades em UCs pertencentes à base de clientes da distribuição de energia	17
Tabela 2: Dados da Pesquisa	27
Tabela 3: Matriz de Requisitos.....	41
Tabela 4: Classificação da prioridade dos requisitos.....	41
Tabela 5: Sensores	45
Tabela 6: Plano de Testes	46
Tabela 7: Testes dos sistemas Alarmes Sensor de Caixa	55
Tabela 8: Testes dos sistemas Alarmes Sensor de Caixa	55
Tabela 9: Testes dos sistemas Alarmes Sensor de Caixa	56
Tabela 10: Teste sensor fim de curso	57
Tabela 11: Teste sensor fim de curso	57
Tabela 12: Teste sensor de presença	58
Tabela 13: Teste sensor magnético.....	59
Tabela 14: Teste sensor de vibração.....	60
Tabela 15: Teste sensor de magnético	61
Tabela 16: Teste sensor infravermelho.....	62
Tabela 17: Análise requisitos.....	66
Tabela 18: Premissas	69
Tabela 19: Premissas viabilidade financeira	70
Tabela 20: Projeção dos custos até 2026.....	70
Tabela 21: Estimativa de custo do projeto.....	70
Tabela 22: Estimativa de custo sensor.....	71

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
1.1 Perdas de Energia	13
1.2 Escopo do Trabalho	19
1.3 Justificativa	19
1.4 Objetivo	19
1.4.1 Objetivo Geral.....	19
1.4.2 Objetivos específicos	20
2 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	20
3 TRABALHOS RELACIONADOS.....	22
3.1 Medidores Inteligentes	22
3.2 Sensoriamento do sistema de medição	23
3.3 Sensoriamento para segurança residencial	23
3.4 Detecção de movimentos do corpo humano	23
3.5 Detecção de movimentos da mão.....	24
3.6 <i>Smart Street Box</i>	24
4 METODOLOGIA.....	26
4.1 Pesquisa sobre Sensores	26
4.2 <i>Design Thinking</i>	28
4.3 Canvas	28
4.4 Métodos Ágeis	30
4.5 Modelo V	32
5 DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO	33
5.1 Desenvolvimento e conceito do produto	33
5.2 Realização do Protótipo	42
5.2.1 Montagem e Testes	43
5.2.1.1 Definição dos sensores	43
5.2.1.2 Definição do Microcontrolador	45
5.2.1.3 Plano de Testes	45
5.2.1.4 Teste Microcontrolador.....	46
5.2.1.5 Testes dos sensores – Diagramas	50
5.2.1.6 Testes dos Sensores	53

5.3 Viabilidade Financeira	64
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	64
6.1 Viabilidade Técnica	64
6.1.1 Análise dos Testes	64
6.1.2 Análise Requisitos	66
6.2 Viabilidade Financeira	68
6.3 Aplicação dos Sensores no Processo de Combate às Perdas.....	72
7 CONCLUSÃO.....	73
REFERÊNCIAS	74
APÊNDICE 1	77
APÊNDICE 2	82

1 INTRODUÇÃO

1.1 Perdas de Energia

O sistema elétrico é constituído pela Geração, Transmissão e Distribuição de energia. Da geração até a unidade consumidora, a energia injetada nesse sistema passa por longos trajetos por meio das linhas de transmissão e dos centros de distribuição. Durante esse trajeto, ocorrem as perdas elétricas, as quais são ocasionadas por fatores diversos e são classificadas como Perdas Básicas e como Perdas Técnicas (PT) e Perdas Não Técnicas (PNT) ou Perdas Comerciais. As Perdas Básicas estão relacionadas ao transporte da energia a longas distâncias até sua chegada às concessionárias de energia, sendo seus custos rateados em 50% para a unidade geradora e 50% para o consumo. Já as PT e PNT estão relacionadas à distribuição (ANEEL, 2019).

As PT estão vinculadas aos fenômenos físicos e tecnológicos, enquanto as PNT são relacionadas à qualidade da gestão da empresa de concessão e a questões socioeconômicas. Essas PNT reduzem o ganho das distribuidoras impactando, dessa forma, a capacidade de serem realizados novos investimentos, além disso, afetam a qualidade dos serviços prestados, geram desperdícios de recursos energéticos e, como forma de reduzir o prejuízo, leva a um aumento de tarifa aos consumidores regulares (FARIA, 2016). Na Figura 1 mostra-se a relação entre as PT e as PNT.

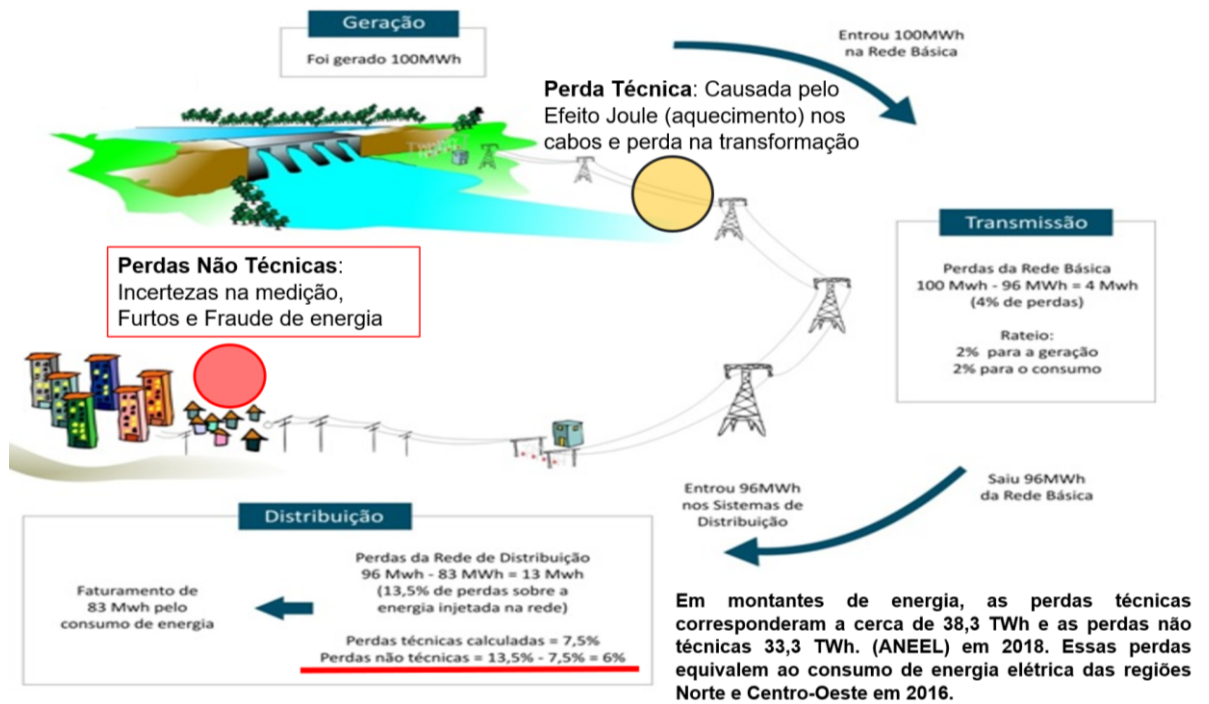


Figura 1: Perdas Técnicas e Não Técnicas

Fonte: Elaboração própria.

As perdas de energia elétrica na distribuição podem ser definidas como a diferença entre o montante de energia fornecida à rede elétrica e a energia realmente entregue e faturada aos consumidores. Essas perdas podem ser classificadas como perdas técnicas e perdas não técnicas (ANEEL, 2019):

- Perdas Técnicas (PT): podem ser evidenciadas como perdas de demanda e perdas de energia. As primeiras são calculadas com base na curva de carga e as segundas ocasionadas pelas propriedades físicas dos componentes que compõem o sistema elétrico. Estão associadas às atividades da distribuição e consistem em:
 - Na parcela de energia perdida no transporte devido aos condutores, perda denominada Efeito Joule;
 - Perda nas conexões, nas linhas de transmissão e distribuição;
 - Perdas nos bancos de capacitores e reguladores de tensão, as ocasionadas pelo efeito corona;
 - Fugas nos isolamentos dos equipamentos, entre outras.

Essas perdas podem ser estimadas por meio de cálculos efetuados em cada segmento do sistema, possibilitando uma modelagem adequada, o que gera maior precisão nos resultados (PENIN, 2008) e (ANEEL, 2019);

- Perdas Não Técnicas (PNT): são definidas como a diferença entre as perdas de energia global e as perdas técnicas. As PNT, também denominadas perdas comerciais, são causadas, em sua maioria, por problemas ligados à falta de faturamento da energia disponibilizada pela concessionária. Essa ausência está associada à inexistência de medidores, falha ou falta de aferição destes, erros de leitura ou faturamento das unidades consumidoras, furto de energia, fraude no fornecimento ou no sistema de medição de energia. Essas perdas impactam sistemas elétricos de economias em desenvolvimento e estão fortemente ligadas a fatores socioeconômicos desses países, ausência de governança, corrupção, valor das tarifas e nível e grau de violência etc. Diversos são os impactos gerados pelas PNT, os principais são: baixa qualidade do serviço prestado aos clientes, desperdícios de recursos energéticos, aumento da tarifa dos consumidores regulares e limitação na capacidade de realização de investimentos (PENIN, 2008; ANEEL, 2019; HUBACK, 2018).

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) fiscaliza e regula a geração, a transmissão, a comercialização e a distribuição de energia e estabelece limites relacionados às PNTs para cada empresa. Resumidamente, os valores regulatórios das perdas não técnicas são calculados pela ANEEL por uma metodologia de comparação de desempenho das distribuidoras, observando critérios de eficiência e características socioeconômicas das áreas de concessão (ANEEL, 2020).

Na Figura 2 apresenta-se o nível de PNT na baixa tensão por empresa em relação ao limite regulatório, onde se observa que 70% das empresas se encontram fora do limite regulatório de perdas, ou seja, parte do investimento realizado pelos acionistas não tem cobertura tarifária.

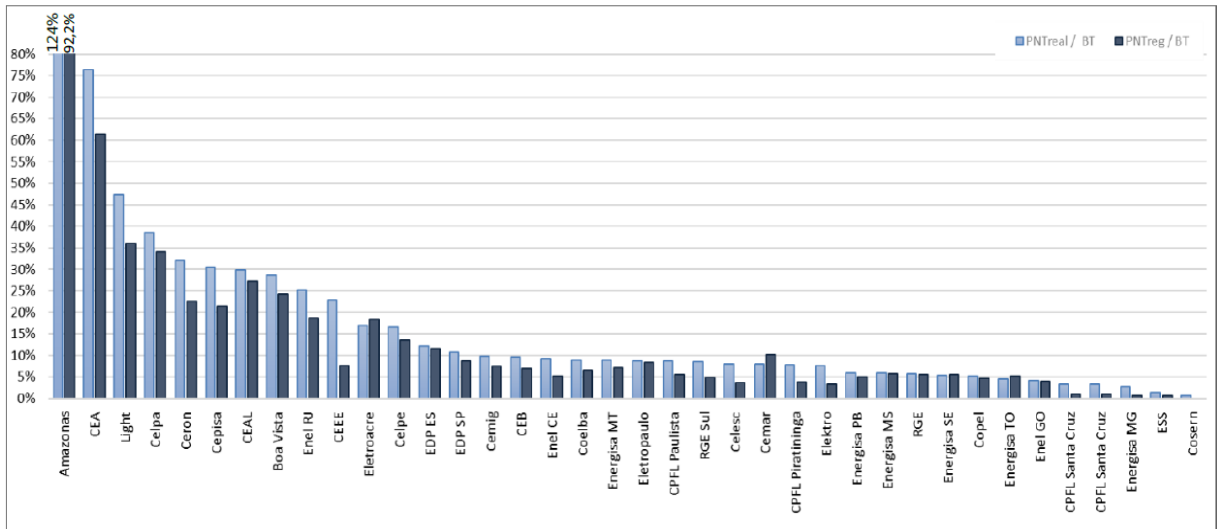


Figura 2: PNT sobre a Baixa Tensão Faturado

Fonte: ANEEL (2019).

O objetivo do trabalho está diretamente relacionado às perdas não técnicas, as quais são detalhadas no seguimento do referencial teórico. As Perdas Não Técnicas (PNTs) correspondem à energia comprada pela concessionária e não faturada para os clientes atendidos, descontada as Perdas Técnicas (PTs). As PNTs ocorrem por diversas causas, dentre elas: Fraudes e Furtos de energia, Defeitos em equipamentos e perdas administrativas (ex. Falha na leitura, entre outras). De acordo com Faria (2016), existe uma vasta literatura a respeito das perdas técnicas. Em contrapartida, o estudo das PNTs é mais recente e passou a ser executado mais fortemente somente nos últimos anos do século XX.

Fraudes e defeitos na medição são as principais causas de PNTs, para a maioria das concessionárias. A fraude de energia é um problema internacional que prejudica a sociedade e acarreta aumento na tarifa de energia e injustiça social, bem como risco para a segurança pública, uma vez que as características técnicas da rede são modificadas, podendo ocasionar acidentes. Na Tabela 1 são apresentadas as irregularidades mais frequentes encontradas nos clientes das distribuidoras (FARIA, 2016).

Tabela 1 – Principais irregularidades em UCs pertencentes à base de clientes da distribuidora de energia.

<i>Irregularidades por Fraudes</i>	<i>Irregularidades por Defeitos na Medição</i>
Ponte no bloco de terminais	Medidor com disco parado
Ligação direta ou autorreligação	Constante de medição errada
Ligação invertida	Consumidor não implantado
Circuito de potencial interrompido	Ligação executada com erro
Desvio aparente antes do medidor	Transformador de corrente (TC) danificado
Desvio embutido na parede	
Medidor avariado	
Medidor com lacre violado	

Fonte: Adaptado de Bastos (2011).

Tabela 1: Principais irregularidades em UCs pertencentes à base de clientes da distribuição de energia

Fonte: Adaptado de Bastos (2011).

A detecção de todas as UCs irregulares em uma cidade é totalmente inviável, em função da grande quantidade de consumidores, do custo elevado das inspeções, da informação insuficiente que se tem disponível, principalmente com respeito aos clientes do grupo B, e da diversidade de fraudes existentes. Em função da complexidade citada, as concessionárias investem em tecnologias e melhorias de processo para buscar a melhor eficiência no combate às perdas (FARIA, 2016).

Para melhoria dos indicadores, as concessionárias investem em processos de combate às perdas, os quais buscam recuperar e agregar energia às medições das empresas. A energia agregada ou ganho de energia consiste na energia adicionada à medição da concessionária após a normalização de uma fraude ou furto de energia. Esta é medida em valores absolutos e também é calculada a média em função do volume de regularizações executadas. A energia agregada ou adicionada é fundamental para o objetivo estratégico de redução de perdas de energia da concessionária, uma vez que ela promove o aumento no faturamento e conseqüente redução das perdas não técnicas e totais (ALMEIDA *et al.*, 2006).

Em geral, as medidas de combate às perdas, no âmbito técnico, ou seja, voltadas a dificultar o acesso dos consumidores a rede, se restringem à implementação de barreiras (caixas de medição blindadas), mudanças na posição da rede e exteriorização da medição. Adicionalmente, existem ferramentas voltadas à análise de dados e mapeamento de perfis, com o objetivo de melhorar o direcionamento das equipes para detecção de irregularidades (HUBACK, 2018). Como exemplo, podem-se apontar as seguintes medidas:

- Caixa Tanquinho – Energisa
- DLCB - Energisa
- Rede Ampla – Enel RJ
- Rede SMC – Enel, Equatorial

Em relação à concessionária em questão, utilizada como referência para o estudo, as fraudes de Ligação direta na caixa de medição e fraude no medidor representam 70% dos tipos de irregularidade da concessionária. Elas ocorrem com a violação da caixa de medição com o intuito de desviarem a energia do medidor e, assim, reduzir o consumo medido. Tal ação é passível de condenação criminal, por meio do artigo 155, do Código Penal Brasileiro.

Na Figura 3, mostra-se alguns dos tipos de irregularidade mais comuns na concessionaria em questão e atuação da equipe de inspeção. Na Figura 3A a encontra-se a irregularidade de Ligação Direta na caixa de medição, na Figura 3B a irregularidade do Medidor Furado, na Figura 3C a irregularidade de Controle no Medidor e na Figura 3D a atuação da equipe de Inspeção da concessionaria.

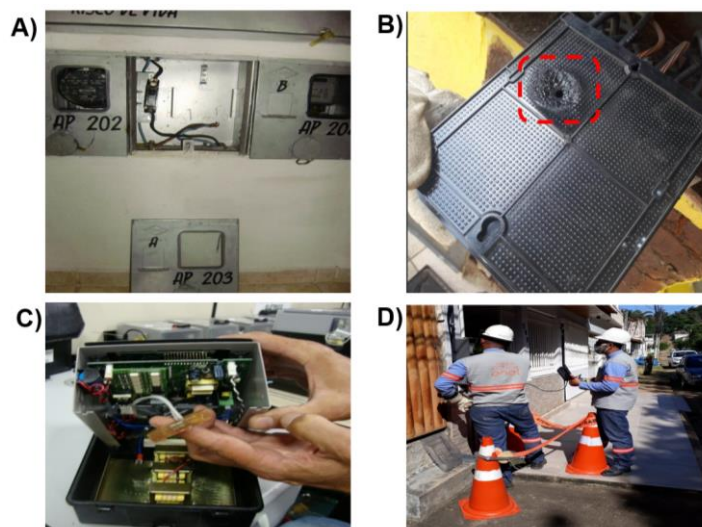


Figura 3: Tipos de fraude na medição

Fonte: Elaboração própria

Frente ao desafio de reduzir as perdas não técnicas, tornar o processo de combate à perda não técnica mais eficiente é fundamental. Nesse sentido, não é fácil para as concessionárias o melhor aproveitamento da força de trabalho existente em campo para realização de inspeções, ou seja, melhorar a taxa de sucesso no combate as perdas. Essa taxa para os clientes da concessionária de referência é de 35%. Como consequência da melhora na taxa de sucesso,

ocorre a redução da perda não técnica, por meio da recuperação de energia, e da redução do custo para combate às perdas não técnicas.

1.2 Escopo do Trabalho

O trabalho consiste no desenvolvimento de um sistema de sensoriamento para detecção de tentativa de fraude no medidor, seja pela abertura da caixa de medição, movimentação do medidor ou ligação direta (Bypass) na medição.

1.3 Justificativa

A melhor eficiência no combate às perdas tem grande relevância, para se ter uma ideia, entre outubro de 2018 e setembro de 2019, foram investidos R\$ 49 milhões no combate às perdas da Enel RJ (ITR - Informações Trimestrais - 30/09/2019 - AMPLA ENERGIA E SERVICOS S.A). Parte desse investimento nas inspeções de combate as perdas. Portanto, é preciso investimento e pesquisa de formas mais eficientes para detecção do furto ou fraude de energia. Este trabalho apresenta solução inovadora, aplicando a tecnologia de sensoriamento para detecção de fraudes de energia.

Com a implementação da solução, espera-se alcançar a melhora da efetividade das equipes, principalmente, nos clientes comerciais. A proposta deste trabalho, complementa as demais medidas de combate às perdas (blindagens) e visa à maior eficiência na detecção de fraudes com a geração de alarmes quando ocorrer qualquer intervenção no sistema de medição. Adicionalmente, o sensoriamento tem sinergia com os medidores inteligentes e pode complementar essa solução e torná-la mais robusta com alarmes voltados à detecção de fraude.

Este trabalho está diretamente relacionado com os indicadores de perda de energia e efetividade na detecção de fraudes, indicadores fundamentais para controle e redução de perdas das distribuidoras.

1.4 Objetivo

1.4.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem por objetivo avaliar a viabilidade técnica e financeira da aplicação de sete tipos de sensores na detecção de tentativas de fraude na caixa de medição em uma

distribuidora de energia elétrica. Com o sensoriamento, poderá ser possível melhorar o direcionamento das equipes de campo para detecção de fraudes, no processo de inspeção de medidores, e, dessa forma, reduzir as perdas não técnicas da empresa.

Para isso, são desenvolvidos protótipos de bancada, nas condições dos padrões de entrada de medição, em que serão realizados testes e posterior análise de viabilidade técnica e financeira.

1.4.2 Objetivos específicos

- Planejar o projeto;
- Definir os sete sensores para análise de atuação na detecção de tentativa de fraude;
- Projetar os protótipos;
- Montar protótipo de bancada;
- Realizar os testes;
- Realizar análise de viabilidade técnica;
- Comparar a viabilidade financeira dos diferentes tipos de sensores.

2 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O trabalho está organizado em seis capítulos: Trabalhos relacionados; Metodologia; Desenvolvimento do trabalho; Resultados e Discussão; Conclusão e Referências; os quais serão explicados resumidamente a seguir:

- **Trabalhos relacionados:** Neste capítulo, são apresentados os trabalhos relacionados ao tema de combate às perdas e sensoriamento. Os trabalhos foram identificados por meio de pesquisa bibliográfica.
- **Metodologia:** São apresentados os métodos e a forma como foram aplicados no trabalho. São abordados os seguintes métodos: Pesquisa Prisma, *Design Thinking*, Canvas, Métodos Ágeis e Modelo V.
- **Desenvolvimento do trabalho:** Neste capítulo, são apresentadas as etapas de desenvolvimento do trabalho as quais foram base para obtenção dos resultados. Serão detalhados: Tipos de irregularidades, Conceito do Produto, Planejamento do Projeto, Mapeamento de Requisitos, Viabilidade Financeira, Realização do Protótipo e Testes.

- Resultados e Discussão: Neste capítulo são apresentados os resultados e as análises do trabalho. Com o desenvolvimento realizado, serão examinados os resultados e discutida a viabilidade técnica e financeira do projeto;
- Conclusão: São apresentadas as conclusões em função dos resultados obtidos;
- Referências: Lista das referências utilizadas no trabalho.

3 TRABALHOS RELACIONADOS

A pesquisa deste trabalho concentra-se no sensoriamento como forma de identificação de fraudes na medição de energia. Dessa forma, os trabalhos relacionados neste capítulo referem-se à utilização de sensores em aplicações similares a do objetivo deste trabalho.

3.1 Medidores Inteligentes

As PNTs estão presentes na maioria dos sistemas de distribuição e representam valores elevados para muitas distribuidoras brasileiras. A disseminação das redes e medidores inteligentes contribuirão para uma redução significativa desses valores por eliminação de alguns tipos de perdas. No entanto, tais avanços tecnológicos deverão ser mais lentos e paulatinos nos países em desenvolvimento, justamente naqueles que possuem as maiores perdas. Portanto, a busca por técnicas mais eficientes para avaliação das PNTs faz-se necessária (FARIA, 2016).

Com respeito aos medidores de energia, existem dois tipos: os analógicos e os digitais. A maior parte dos medidores são do tipo analógico. Sabe-se que estes são mais vulneráveis a fraudes com menor viés técnico do que em um medidor digital. Em alguns casos são realizadas fraudes grosseiras, por exemplo, a colocação de objetos físicos no disco do medidor analógico para impedir sua rotação. Devido a isso, os medidores analógicos avariados estão sendo paulatinamente substituídos pelas distribuidoras de energia por medidores digitais (COMETTI; VAREJÃO, 2005; FARIA, 2016).

Nesse contexto, para fins de exemplificação, cita-se a distribuidora CPFL energia que iniciou, em 2015, um projeto para modernização do sistema de medição do consumo de clientes da baixa tensão (BT), incluindo os clientes residenciais. Segundo Magnabosco (2015), o projeto, avaliado em R\$ 700 milhões, prevê a instalação de 2 milhões de medidores digitais “inteligentes” em um prazo de cinco a sete anos. Tais medidores “inteligentes” possibilitam a prestação de novos serviços, tais como: eventuais desligamentos são identificados imediatamente, o restabelecimento do sistema pode ser executado em tempo real, o consumo de energia pode ser aferido remotamente (prescindindo leituristas), a concessionária pode oferecer novos serviços aos consumidores como o acionamento automatizado de aparelhos elétricos, por exemplo (FARIA, 2016).

3.2 Sensoriamento do sistema de medição

No trabalho de R. E. Ogu e G. A. Chukwudebe (2017), foi utilizado um sistema de Internet das Coisas (IOT) para monitoramento de tentativas de adulteração de medidores. Internet das Coisas é um conceito tecnológico que conecta coisas à internet através de troca de dados. No estudo é aplicada para conectar o medidor à internet para prevenção contra adulterações.

A maioria das soluções é voltada a sistema de *smart metering* e dessa forma necessitam do desenvolvimento de novos medidores. Além disso, a maioria das soluções não contempla prevenção contra adulteração. Portanto, é preciso desenvolver uma solução efetiva para prevenir adulterações no medidor.

Neste trabalho, foi utilizado um sistema de sensoriamento PIS (*Passive Infrared Sensor*) conectado a um microcontrolador Arduino para monitorar intervenções ao medidor. Neste trabalho foi utilizado somente esse tipo de sensor (OGU; CHUKWUDEBE, 2017).

3.3 Sensoriamento para segurança residencial

Andreas *et al.* (2019) utilizam um sistema de detecção e alarme voltado para segurança residencial, constituído por um conjunto de sensores e processamento microcontrolado. Para detecção de presença, são utilizados sensores PIR, que detectam movimento. Adicionalmente, para detecção de abertura de porta, são utilizados sensores magnéticos. Os sinais dos sensores são processados por um microcontrolador ESP32 e disponibilizados na rede e no aplicativo para acesso do proprietário da casa. Tal aplicação tem viés de segurança. O trabalho é restrito à aplicação de segurança e não aborda distribuição de energia. Adicionalmente, não apresenta sensoriamento para itens menores, adequados ao objetivo do trabalho (ANDREAS *et al.*, 2019).

3.4 Detecção de movimentos do corpo humano

Hui Sun & Qiong Wub (2020) apresentam o acelerômetro como sensor para detecção de movimentos. O conceito do acelerômetro tem como base a equação da aceleração, que consiste na relação entre a Força aplicada a um objeto e a sua massa.

$$F = m \times a.$$

Onde F é a força, m é a massa a aceleração.

Neste artigo, este sensor é aplicado para detecção de movimentos do corpo humano (SUN; WU, 2020).

Alguns pontos de destaque sobre o artigo:

- ✓ Acelerômetro como sensor base;
- ✓ Conceito do acelerômetro baseado na equação da aceleração $F = m \times a$;
- ✓ O Acelerômetro tem uma massa, uma cápsula e uma mola. Com a movimentação do sensor, provocada pela força, ocorre a movimentação da massa e, conseqüentemente, da mola, que está ligada a um potenciômetro que envia o sinal elétrico;
- ✓ Detecta movimentos que promovem aceleração;
- ✓ Aplicação voltada ao movimento do corpo humano;

Este trabalho é específico para aplicações no corpo humano. A aplicação do acelerômetro aparece como uma oportunidade para resolver o problema de detecção de tentativa de fraude em medidor e caixa.

3.5 Detecção de movimentos da mão

No trabalho de Medeiros (2018), é utilizado o sistema de sensoriamento, com o objetivo de detectar movimento dos dedos da mão (MEDEIROS *et al.*, 2018).

Nos itens abaixo, as características resumidas do trabalho de (MEDEIROS *et al.*, 2018) são:

- ✓ É utilizado como base o sensor capacitivo;
- ✓ Utilizado Arduino com a biblioteca Sensor Capacitivo;
- ✓ Duas ferramentas utilizadas para comunicação: Utilizado Bluetooth Module HC 06 e Ethernet Shield.

3.6 Smart Street Box

Trata-se de caixa com diversos dispositivos, como: interruptor, unidade terminal remota, sensor de porta, sensor elétrico, sensor térmico e fonte de alimentação. Esses dispositivos podem ser combinados de maneira modular para atender diferentes necessidades.

No sentido de atender as operações em tempo real de baixa tensão, essa solução é totalmente integrada com o sistema SCADA (largamente utilizado nas distribuidoras).

A solução pode vir com repetidor para rede PLC (*Power Line Communication*) de medidores eletrônicos. Essa extensão PLC chega até as três fases da rede, aumentando a eficiência de coleta de dados dos medidores inteligentes e a execução de comandos remotos.

Também é possível incluir um *gateway* RF, que integra sensores para detecção do status de manutenção da *Street Box* (temperatura, posição, claridade etc.) com uma interface RF 169MHz que comunica com um concentrador de dados instalado em um gabinete secundário.

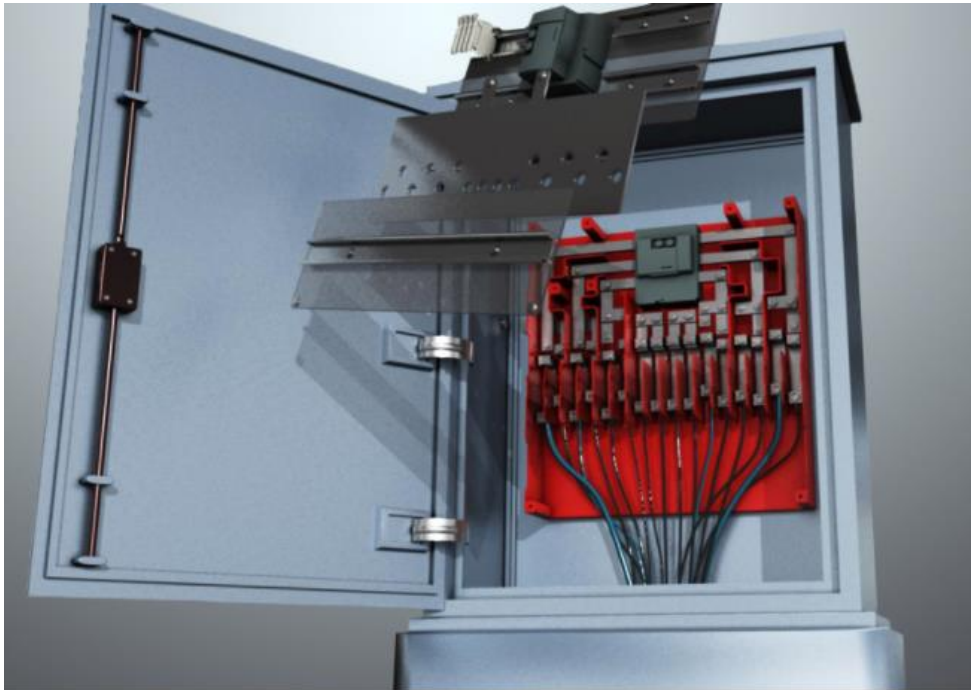


Figura 4: *Smart Street Box*

4 METODOLOGIA

Este estudo caracteriza-se como uma pesquisa de natureza aplicada, com uma abordagem mista por utilizar dados estatísticos para análise das perdas de energia e por aplicar métodos como *Design Thinking* e modelo V para desenvolvimento do produto. Quanto ao objetivo, configura-se como uma pesquisa exploratória pelo levantamento bibliográfico e a entrevista com os profissionais envolvidos no problema apresentado (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

Quanto ao procedimento técnico, configura-se como uma pesquisa-ação, por abordar um processo de uma distribuidora de energia em que será implementado um sistema de sensoriamento para detecção de fraude de energia e pelo envolvimento de um dos autores do trabalho na concessionária em análise (SILVA; GODOI; MELLO, 2010). Neste Capítulo são detalhados os métodos e os procedimentos utilizados para atingimento do objetivo do trabalho.

4.1 Pesquisa sobre Sensores

Para a seleção de trabalhos relacionados, foi realizada uma revisão sistemática aplicando o método PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis*). O PRISMA é uma ferramenta útil para avaliação crítica de revisões sistemáticas publicadas. O fluxograma do método, apresentado na Figura 5, mostra quatro etapas: Identificação, Seleção, Elegibilidade e Inclusão (MOHER; LIBERATI; TETZLAFF, 2015).

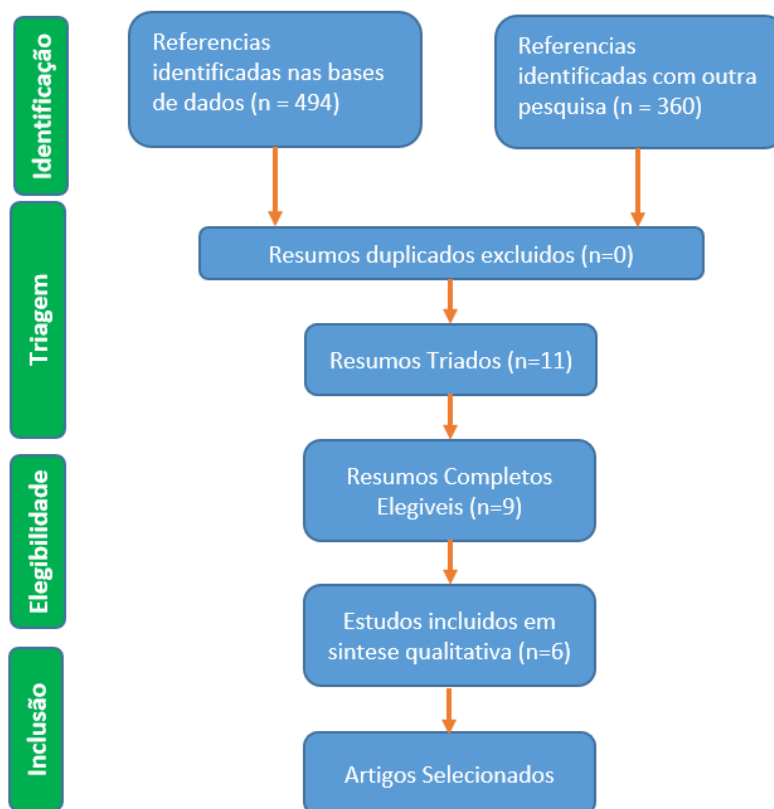


Figura 5: Fluxograma de seleção de documentos, segundo recomendação PRISMA

Fonte: Elaboração própria.

Na fase de identificação, selecionou-se artigos das bases de dados Scopus. Como estratégia de busca foram utilizados os termos abaixo, conforme descrito na Tabela 2:

Base de Dados	Estratégia Titulo	Palavras Chave
Scopus	Tipos de Sensor para Aplicação em Detecção de Movimentação de Plástico	(TITLE-ABS-KEY ("Sensor" OR "Type of Sensor") AND TITLE-ABS-KEY ("Application" OR "function" OR "utilization") AND TITLE-ABS-KEY ("Motion Detection") AND NOT TITLE-ABS-KEY ("human motion") AND NOT TITLE-ABS-KEY (graphene) AND NOT TITLE-ABS-KEY (biomimetics) AND NOT TITLE-ABS-KEY (machine AND learning) AND NOT TITLE-ABS-KEY ("security" OR "surveillance"))
Scopus	Desenvolvimento de sensor para detecção de furto de energia na caixa de consumidores de energia elétrica em baixa tensão	(TITLE-ABS-KEY ("Sensor" OR "swich" OR "signal" OR "senser" OR "system") AND TITLE-ABS-KEY ("Energy robbery" OR "steal of energy" OR "energy cheating" OR "energy theft" OR "electricity theft"))

Tabela 2: Dados da Pesquisa

Fonte: Elaboração própria.

Em seguida foram avaliados os resumos dos trabalhos e uma nova qualificação foi realizada. Após a leitura dos trabalhos selecionados, foram definidos aqueles utilizados como referência (etapa de inclusão).

4.2 *Design Thinking*

Design Thinking é uma nova metodologia para lidar com problemas em muitas profissões, mais notavelmente Tecnologia da Informação (TI) (por exemplo, Brooks, 2010) e Negócios (por exemplo, Martin, 2009) (DORST, 2011; MOREIRA, 2018). Reunida em um conjunto de técnicas e ferramentas, essa abordagem se consolidou como uma metodologia de gestão para resolução de problemas com foco no ser humano.

Para etapa de desenvolvimento do produto (sensoriamento da caixa de medição), foi utilizado o *Design Thinking* com ferramenta, em que, por meio das etapas de empatia, ideação, definição, protótipo e testes, foi possível o desenvolvimento do produto.

A etapa de empatia foi realizada com a participação de equipe multidisciplinar da concessionária e também IFF. Ela aconteceu por intermédio de reuniões interativas com apresentações do conceito do produto e contribuições para melhoria no escopo e funcionamento.

As etapas de ideação e definição aconteceram entre a equipe do trabalho, por meio da análise do problema da concessionária e proposta de solução. Foi utilizada como ferramenta para essa etapa a matriz de requisitos e a pesquisa bibliográfica realizada através do método Prisma.

Para etapa de protótipo e testes, foram realizados os projetos dos circuitos, montagem do protótipo em laboratório e realizada sequência de testes via modelo V. Além da montagem, foi realizada programação em MicroPython do processamento do sinal dos sensores. Seguindo a metodologia do modelo V, os testes foram realizados na própria plataforma.

4.3 Canvas

Foi utilizado o PM Canvas como ferramenta visual para gestão do projeto. Essa ferramenta foi escolhida em função de sua ampla utilização e pela simplicidade de aplicação.

Nos últimos anos, muitos modelos e conjuntos de técnicas com base em gestão visual vêm sendo desenvolvidos para a simplificação de ideias e ações relacionadas a projetos. Diante da transformação do setor industrial, em especial, da indústria automotiva, com a adoção de métodos enxutos, a origem dos métodos visuais foi pautada (MEDEIROS; SILVA, 2017).

Os métodos visuais têm por objetivo mitigar falhas na comunicação no decorrer de todo o projeto e sua aplicação possibilita a resolução de problemas, tornam as informações

transparentes e compreensíveis, auxiliando em seus processos. Esses métodos utilizam recursos como imagem, vídeo, diagramação, esboço, modelagem, entre outros (BARBOSA *et al.*, 2018).

O *Project Management Canvas* (PM Canvas) é um método visual e configura-se como um quadro que fornece uma visão do projeto. Com o Canvas, a equipe é mais cooperativa e desenvolve as atividades de forma mais descontraída (CORCHAK; GASQUES, 2020).

O PM Canvas apresenta um quadro visualmente intuitivo, dividido em treze componentes básico de projetos: Justificativa, Objetivo Smart, Benefícios, Produto, Requisitos, Stakeholders, Equipe, Restrições, Premissas, Grupos de entregas, Riscos, Linha do tempo e Custos, conforme apresenta-se na Figura 6.

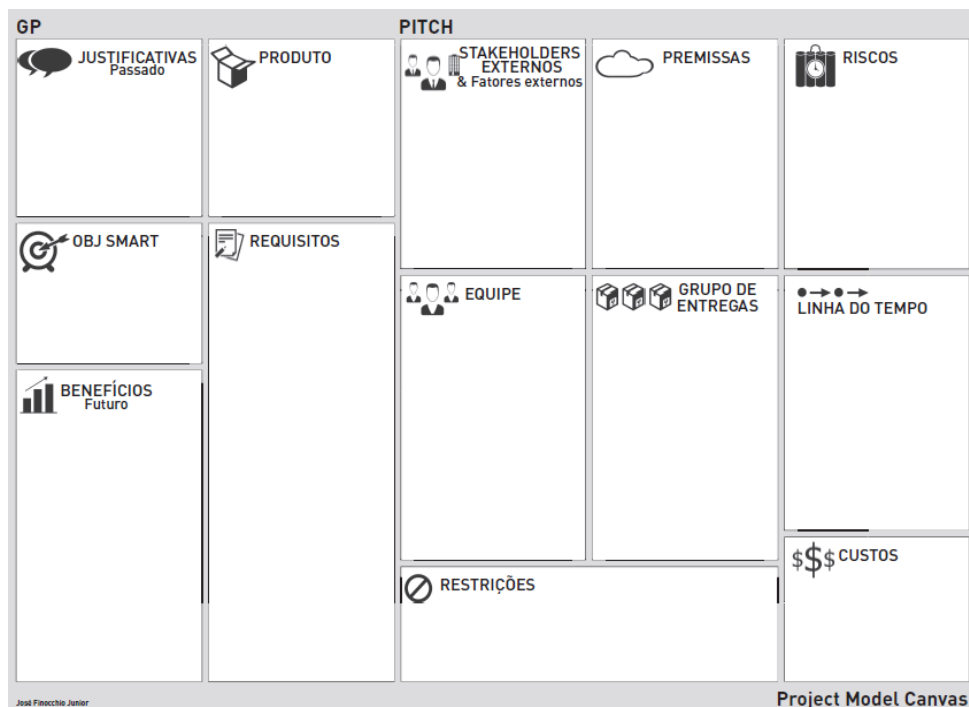


Figura 6: Modelo PM Canvas

Fonte: Finocchio (2013).

Essas treze áreas são divididas em cinco blocos de seis perguntas, como mostra a Figura 7: Por quê? O quê? Quem? Como? e, por fim, Quando? e Quanto? (MEDEIROS; SILVA, 2017).

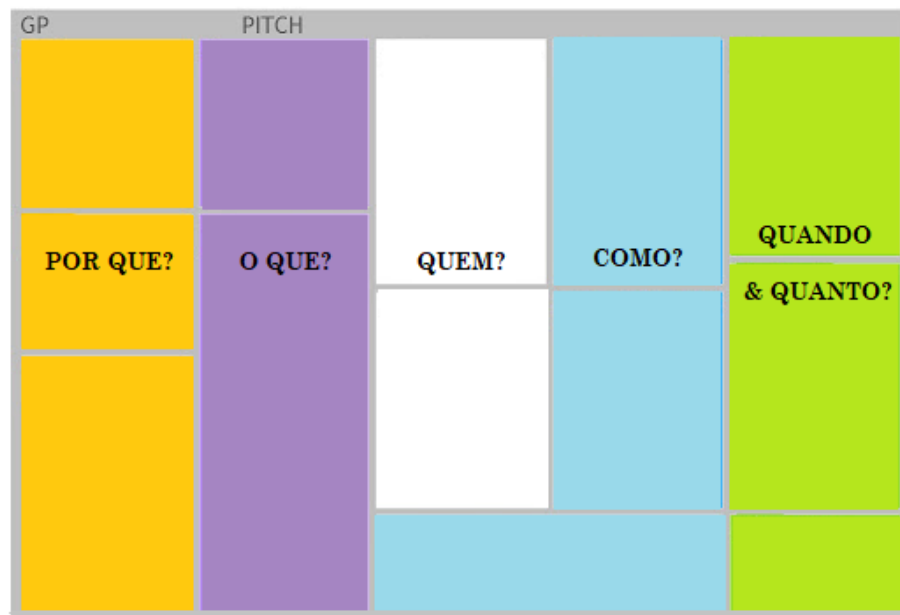


Figura 7: Cinco Blocos do PM Canvas

Fonte: Elaborado pelo autor.

O modelo Canvas procura estabelecer os conceitos importantes no gerenciamento de projeto, mantendo sua lógica e impulsionando o desenvolvimento da equipe (MEDEIROS; SILVA, 2017).

4.4 Métodos Ágeis

Para o desenvolvimento do projeto, foi utilizado o SCRUM como metodologia ágil. Essa ferramenta foi escolhida em função de sua ampla utilização e pela simplicidade de aplicação.

A metodologia ágil apresenta técnicas de desenvolvimento incremental e iterativo com o intuito de guiar a equipe na melhor tomada de decisão. O objetivo dessas metodologias é gerar comunicação eficiente entre todos os envolvidos no projeto. Essa metodologia também proporciona uma aproximação maior entre o cliente e a equipe de desenvolvimento (DURÃES, 2019). A equipe ágil deve apresentar alto nível de autonomia além de assumir responsabilidades no desenvolvimento do produto ou serviço, participando ativamente das práticas de gerenciamento de projetos como estimativa, planejamento, elicitação de requisitos, alocações de tarefas, acompanhamento de projetos e colaboração das partes interessadas, até então atribuições limitadas ao gerente de projetos (HODA; MURUGESAN, 2016).

O Scrum é um dos principais métodos ágeis, simples e pequeno, utilizado para a gestão de desenvolvimento de produto com uma abordagem iterativa e incremental para entregas frequentes, visando a reduzir os riscos do projeto e que funciona bem quando utilizado em conjunto com outras técnicas (SABBAGH, 2013).

A ferramenta traz alguns benefícios na condução do projeto comparada a outras formas. Esse método permite reduzir o risco de insucesso, lidar mais cedo com mudanças de escopo e uma entrega mais rápida do projeto, fatores que podem se tornar uma vantagem competitiva. A aplicação do Scrum pode ainda aumentar a qualidade do produto entregue, melhorar o desempenho da equipe e reduzir desperdícios (SABBAGH, 2013).

Curtas iterações denominadas Sprints são realizadas ao longo do desenvolvimento do projeto (DURÃES, 2019), conforme apresenta-se na Figura 8.

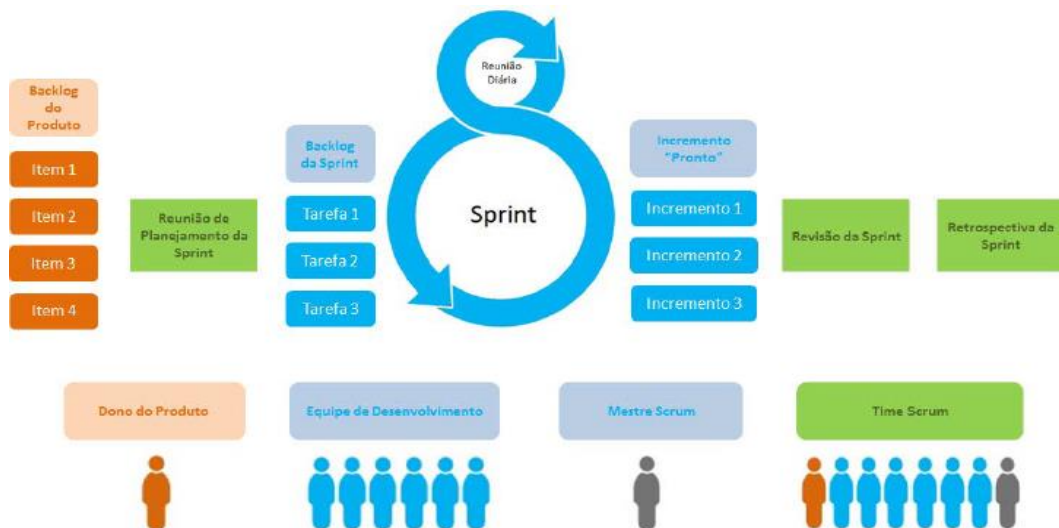


Figura 8: Estrutura SCRUM

Fonte: Oliveira e Junior, (2015).

- **Dono do Produto:** É o responsável por potencializar o valor do produto ou serviço e o trabalho da equipe responsável pelo desenvolvimento;
- **Backlog do Produto:** São os requisitos do projeto;
- **Backlog do Sprint:** Representa o conjunto de itens do backlog do produto e deve refletir o estado real do sprint;
- **Equipe de Desenvolvimento:** São profissionais responsáveis pelas entregas do incremento no final de cada sprint;
- **Mestre Scrum:** Responsável por colocar o Scrum em prática e garantir o cumprimento das regras do método;

- **Time Scrum:** São as pessoas que executam o trabalho, sem incluir o mestre scrum, sendo essas equipes autônomas, capazes de gerar seu próprio trabalho.
- **Retrospectiva do Sprint:** Reunião em que a equipe avalia o seu desempenho e identificando pontos positivos e negativos com o objetivo de traçar um plano de melhoria para o sprint seguinte;
- **Revisão do Sprint:** São reuniões realizadas ao final de cada sprint e com a participação de todos os envolvidos. São apresentados os problemas e como esses foram solucionados;
- **Incremento:** É o somatório de todos os requisitos (itens product backlog) concluídos durante todos os sprints.

Diariamente, a equipe se reúne para apresentar o que foi realizado e as novas ações para alcançar os objetivos do sprint. A equipe se compromete com o cliente na implementação de requisitos que são passíveis de mudanças no decorrer do ciclo (SOUSA, 2018; OLIVEIRA; JUNIOR, 2015).

4.5 Modelo V

Para realização do protótipo, nas etapas da montagem mecânica, eletrônica e programação, foi utilizado o modelo V como suporte. Para cada sistema, foram realizados os testes e validação, antes do avanço para etapa seguinte.

O modelo V é uma metodologia aplicada durante o ciclo de vida de desenvolvimento de um produto e segue determinadas etapas desde as macroetapas até o mínimo detalhamento para implementação, passando pelas rotinas de teste de cada etapa. A abordagem do modelo V é baseada em modelo cascata, especificando as principais etapas que devem ocorrer no ciclo de vida do produto, conforme apresenta-se na Figura 9.

Um dos maiores interesses do Modelo V é a relação entre as atividades de Design e testes e dessa forma focar na verificação e validação do produto.

Uma limitação do modelo V está no mapeamento dos requisitos, os quais devem estar disponíveis no início do projeto, de modo que o modelo V não tem suporte para mudanças nos requisitos ao longo do processo de desenvolvimento (FODOR; JÁNÓ; FIZEŞAN, 2019).

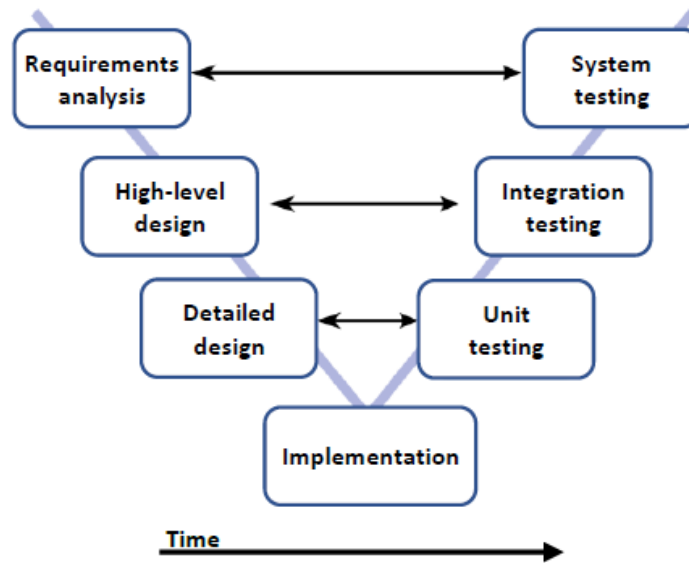


Figura 9: Etapas modelo V

5 DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

5.1 Desenvolvimento e conceito do produto

5.1.1 Tipologia de irregularidades

Tipologia de fraude na concessionária: Na Figura 10, observa-se a tipologia de fraude da concessionária em questão. Os dados correspondem às irregularidades encontradas entre janeiro e outubro de 2021.

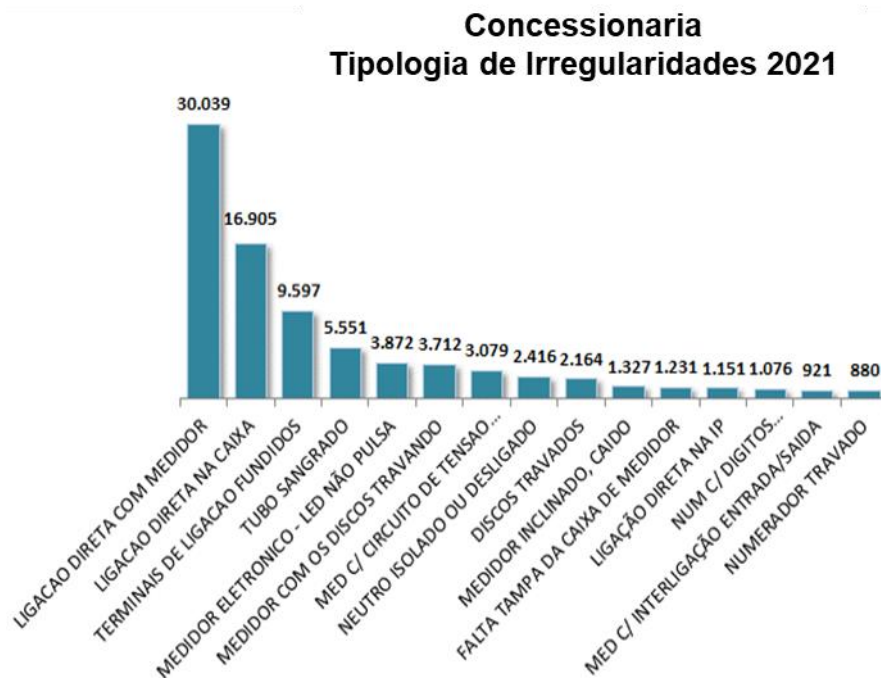


Figura 10: Tipologia de Irregularidades 2021

Fonte: Elaboração própria

A tipologia de fraude foi avaliada e classificada entre as irregularidades que ocorrem com a abertura da caixa e aquelas sem abertura da caixa. Essa abertura foi feita para analisar a abrangência do projeto. Verificou-se que 56% das irregularidades ocorrem com intervenção na caixa de medição, conforme apresenta-se na Figura 11.

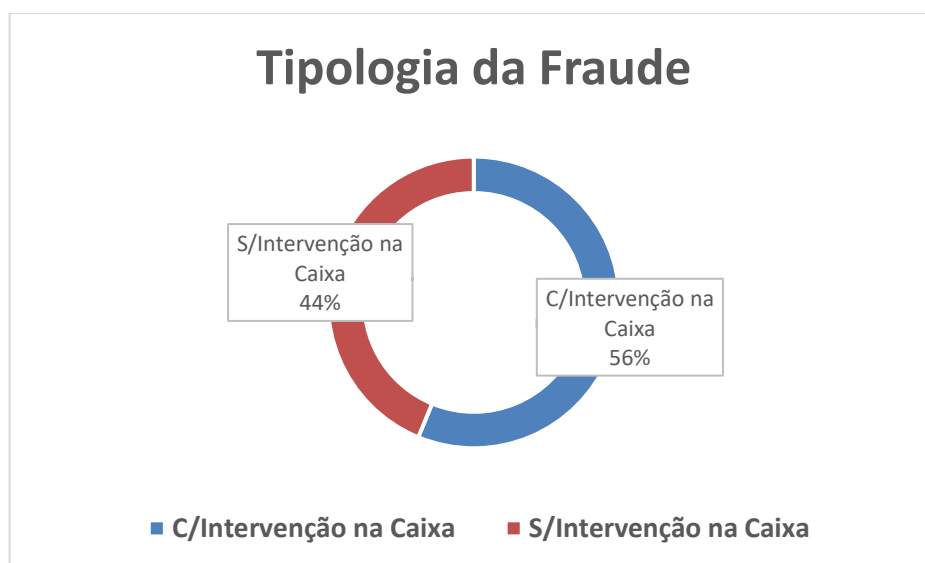


Figura 11: Tipologia de Irregularidades 2021

Fonte: Elaboração própria

Foi analisada também a tipologia de fraude considerando irregularidades realizadas na rede, medidor, caixa e aquelas realizadas na caixa, porém sem a realização de abertura. Na Figura 12 mostra-se a distribuição citada acima.

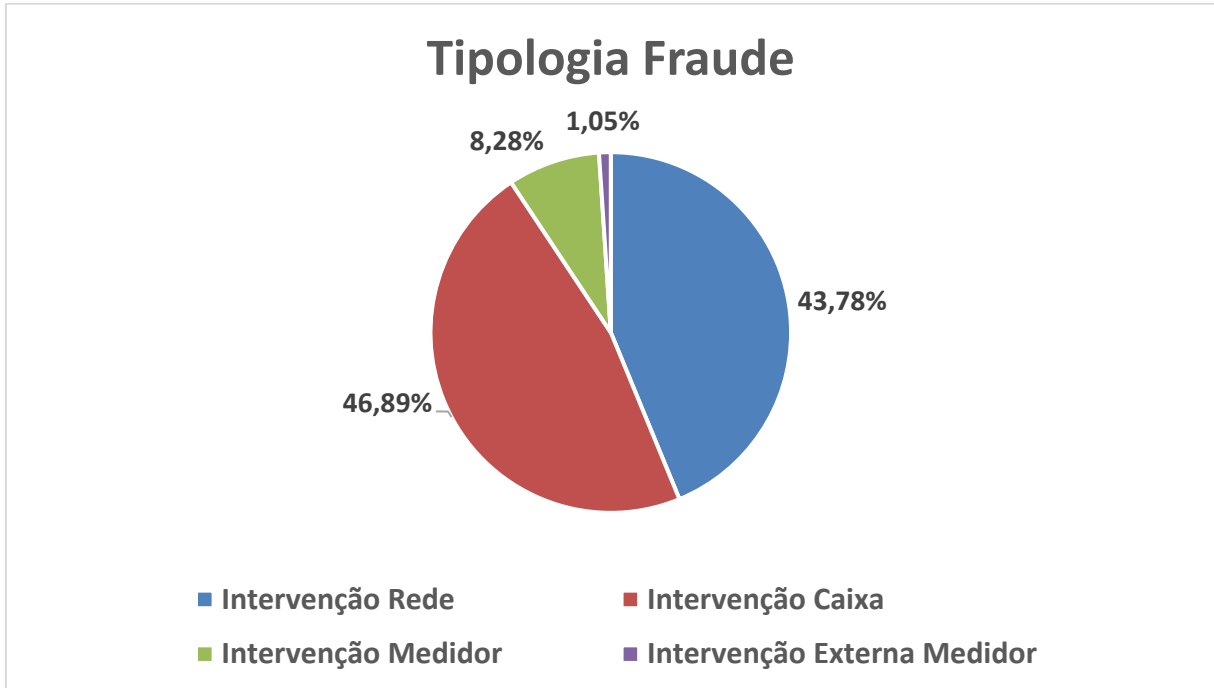


Figura 12: Tipologia de Fraude

Fonte: Elaboração própria

Analisando os dados, verifica-se que 55,17% das irregularidades ocorrem com abertura da caixa (Intervenção Medidor e Intervenção Caixa).

Além das fraudes destacadas no item 5.1.1, outra fraude com tendência de crescimento, inclusive em outras unidades da concessionária em questão, são as manipulações com ímã, voltadas a gerar interferência nos medidores mediante aproximação de superímãs nas caixas de medição e nos medidores. Como referência, em 2019 foram identificadas em 247 inspeções a utilização de ímã (Enel Ceará). Na Figura 13, pode-se observar algumas imagens da fraude com ímã:



Figura 13: Exemplos de fraudes com utilização de ímã

Fonte: Elaboração própria

5.1.2 Conceito produto

Com base na necessidade de redução das perdas não técnicas, apresentada na introdução do trabalho, e na ocorrência de irregularidades ser majoritariamente na caixa de medição, conforme apresentado no item 5.1.1, o produto consiste em um conjunto de sensores para detecção de fraude de energia na caixa de medição, onde se encontra o medidor de consumo de energia elétrica da concessionária. Na Figura 14, ilustra-se do conceito do projeto.

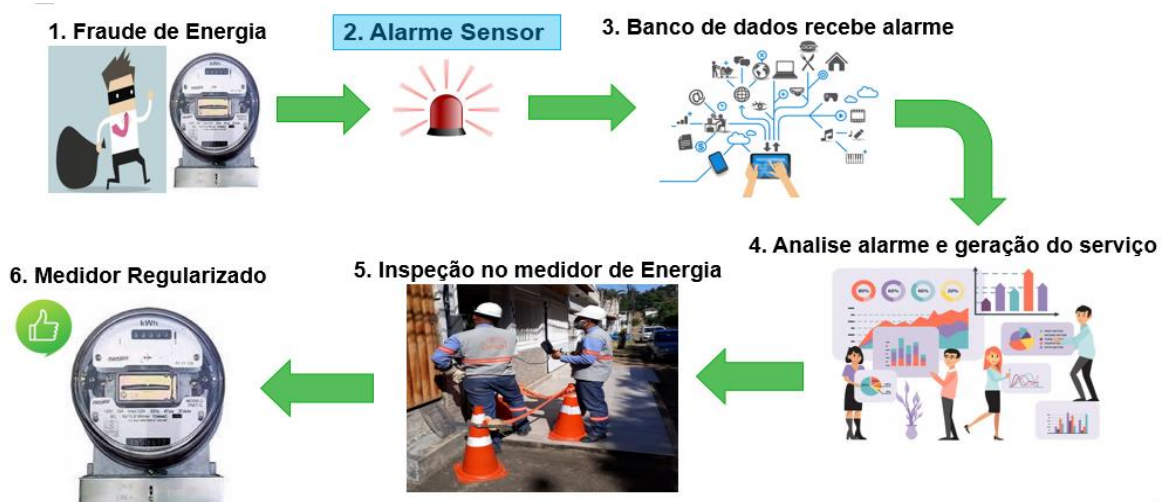


Figura 14: Conceito do Projeto

Fonte: Elaboração própria

A seguir, o descritivo de cada etapa da Figura 14. 1: Fraude cometida na caixa ou medidor; 2: Conjunto sensor alarma e emite sinal; 3: Sistema de monitoramento da concessionária recebem o sinal do alarme; 4: Analistas avaliam qual a criticidade do alarme,

bem como informações adicionais a respeito do cliente; 5: A equipe de campo é direcionada para inspeção do medidor; 6: Medidor e regularizado após inspeção

5.1.3 Desenvolvimento do produto

5.1.3.1 Canvas

Durante as seções de trabalho e reuniões o PM Canvas foi preenchido e calibrado à medida que alguma informação era atualizada, permitindo melhor visualização do projeto como um todo, como mostra-se na Figura 15.

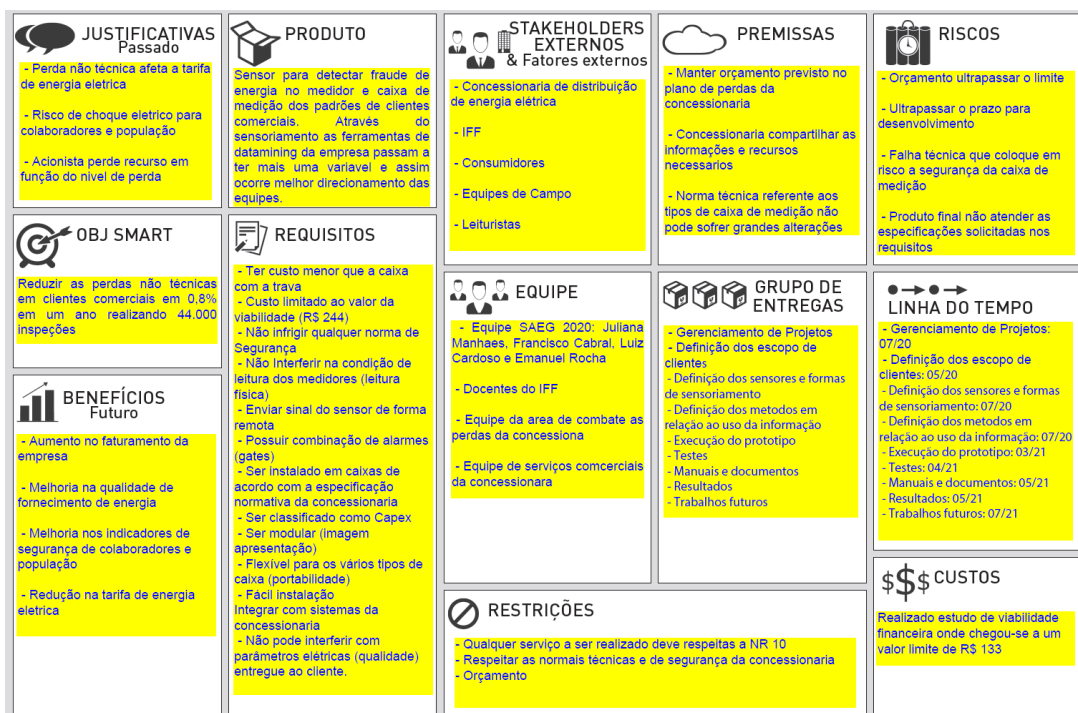


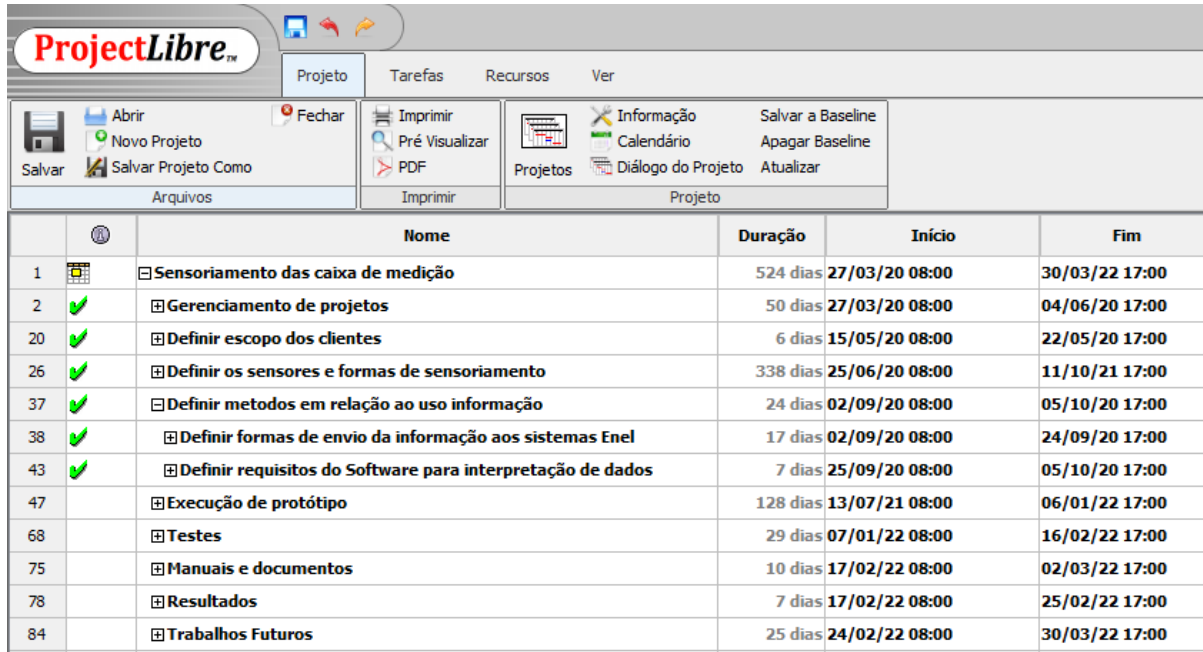
Figura 15: PM Canvas Projeto

Fonte: Elaboração própria

5.1.3.2 Estrutura Analítica do Projeto (EAP)

O planejamento do projeto foi dividido em nove etapas macro; são elas: Gerenciamento do projeto; Definição do escopo de clientes; Definição dos sensores e formas de sensoramento; Definição do método em relação ao uso da informação; Execução do protótipo; Testes; Manuais e documentos; Resultados e Trabalhos futuros. Na figura 16, encontra-se a estrutura completa da EAP.

com foco no planejamento das macroetapas e desenvolvimento ágil para execução e exploração de cada fase.



	Nome	Duração	Início	Fim
1	☐ Sensoriamento das caixa de medição	524 dias	27/03/20 08:00	30/03/22 17:00
2	☑ Gerenciamento de projetos	50 dias	27/03/20 08:00	04/06/20 17:00
20	☑ Definir escopo dos clientes	6 dias	15/05/20 08:00	22/05/20 17:00
26	☑ Definir os sensores e formas de sensoriamento	338 dias	25/06/20 08:00	11/10/21 17:00
37	☑ Definir metodos em relação ao uso informação	24 dias	02/09/20 08:00	05/10/20 17:00
38	☑ Definir formas de envio da informação aos sistemas Enel	17 dias	02/09/20 08:00	24/09/20 17:00
43	☑ Definir requisitos do Software para interpretação de dados	7 dias	25/09/20 08:00	05/10/20 17:00
47	☑ Execução de protótipo	128 dias	13/07/21 08:00	06/01/22 17:00
68	☑ Testes	29 dias	07/01/22 08:00	16/02/22 17:00
75	☑ Manuais e documentos	10 dias	17/02/22 08:00	02/03/22 17:00
78	☑ Resultados	7 dias	17/02/22 08:00	25/02/22 17:00
84	☑ Trabalhos Futuros	25 dias	24/02/22 08:00	30/03/22 17:00

Figura 17: Cronograma projeto

Fonte: Elaboração própria

Entregáveis

O detalhamento das etapas do planejamento (objetivo com cada etapa) são:

- Gerenciamento do projeto
- Definir escopo dos clientes
- Definir os sensores e formas de sensoriamento
- Métodos em relação ao uso da informação
- Execução do protótipo de bancada
- Testes
- Manuais e documentos
- Resultados
- Trabalhos futuros

5.1.3.3 Mapeamento de Requisitos

Nas etapas de Empatia e Definição, foram mapeados os requisitos do produto. Eles foram organizados pela descrição, tipologia, prioridade e código da EAP, conforme apresenta-se na Tabela 3.

ID	Cod. EAP	Prioridade	Descrição dos Requisitos	Tipo
1	1.1.13/1.8.3	0-Altíssima	Ter custo menor que a caixa com a trava	Financeiro
2	1.1.13/1.8.3	0-Altíssima	Custo limitado ao valor da viabilidade (R\$ 133)	Financeiro
3	1.1.12	0-Altíssima	Ser classificado como Capex	Financeiro
4	1.1.9 / 1.6.5	1-Alta	Não infringir qualquer norma de Segurança	Técnico
5	1.1.10/ 1.6.6	1-Alta	Não Interferir na condição de leitura dos medidores (leitura física)	Técnico
6	1.4.1.4	1-Alta	Enviar sinal do sensor de forma remota	Funcional
7	1.3.2	1-Alta	Possuir combinação de alarmes (gates)	Funcional
8	1.3.5.1/ 1.7.1	1-Alta	Ser instalado em caixas de acordo com a especificação normativa Enel. Ex: 1) Policarbonato	Funcional
9	1.5.4.1.2/ 1.5.4.2.1/1.6.2	2-Média	Ser modular (imagem apresentação)	Funcional
10	1.5.4.3.3/ 1.6.6	2-Média	Flexível para os vários tipos de caixa (portabilidade)	Funcional
11	1.5.4.3.3/ 1.6.6	2-Média	Fácil instalação	Funcional
12	1.4.2.1	3-Baixa	Integrar com dados cadastrais dos clientes para rastreabilidade do sinal do sensor	Funcional
13	1.4.2.1	3-Baixa	Integrar com os registros de outros serviços de modo a mapear intervenção de equipe autorizada Enel	Funcional
14	1.1.9/1.6.6	3-Baixa	Não pode interferir com parâmetros elétricas (qualidade) entregue ao cliente.	Técnico

15	1.9.2	4-Muito baixa	Integrar com smart grid e smart meter	Funcional
16	1.9.3	4-Muito baixa	Ter função de lacre (Lacre digital - Sinalizar e controlar intervenções programadas no medidor/caixa - Permitir controle digital dos lacres)	Funcional
17	1.6.1	0-Altíssima	Detectar as principais fraudes realizadas	Funcional

Tabela 3: Matriz de Requisitos

Fonte: Elaboração própria

Em relação à tipologia do requisito, foram classificados por Funcional, Técnico e Financeiro. Essa tipologia foi definida para direcionar a tratativa para área/especialidade. A priorização foi definida em ordem de tratativa (qual requisito será tratado primeiro) e dividida em cinco classes: Altíssima, Alta, Média, Baixa e Muito Baixa. Essa classificação foi realizada por meio de análise da equipe do projeto, baseada na opinião dos stakeholders (equipe de operações comerciais e perdas da concessionária). Na tabela 4, mostra-se a legenda da classificação da prioridade. O código da EAP indica qual ação, relacionada na EAP, está associada ao requisito listado. Para melhor entendimento do conceito do produto, na Figura 18, encontra-se o detalhamento do requisito 7 da Tabela 3, em que fica definido um conjunto de sensores para os alarmes de tentativa de fraude.

Prioridade (Qual requisitos vamos tratar primeiro)	Descrição
0-Altíssima	O não cumprimento desses requisitos inviabiliza financeiramente o projeto
1-Alta	O não cumprimento desses requisitos inviabiliza tecnicamente o projeto
2-Média	O não cumprimento desses requisitos não inviabiliza o projeto, porem compromete a satisfação dos stakeholders
3-Baixa	O não cumprimento desses requisitos não inviabiliza o projeto, porem compromete a funcionalidade do sistema
4-Muito baixa	O não cumprimento desses requisitos não inviabiliza o projeto e são otimizações do produto

Tabela 4: Classificação da prioridade dos requisitos

Fonte: Elaboração própria

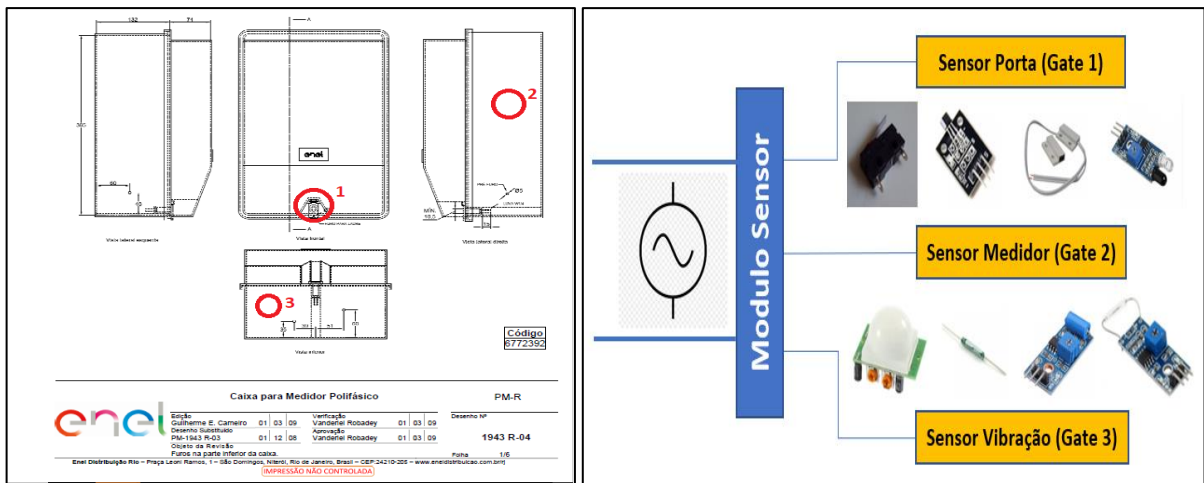


Figura 18: Matriz de requisitos Conceito do produto

Fonte: Elaboração própria

- 1 - Sensor de abertura da caixa.** Sinalizar qualquer abertura de caixa em diferentes tipos de caixa: Policarbonato, metal, entre outras.
- 2 - Sensor de movimentação do medidor.** Sinalizar qualquer movimentação no medidor que o retire de sua posição original ou tentativa de aproximação de ímã.
- 3 - Sensor de Vibração.** Sinalizar tentativas de fraude com a furação da caixa e/ou medidor sem abertura da caixa.

5.2 Realização do Protótipo

A estratégia e o método para realização do protótipo seguiram o modelo V (Figura 19), partindo do conceito do produto e requisitos e chegando à implementação e testes de cada sistema.

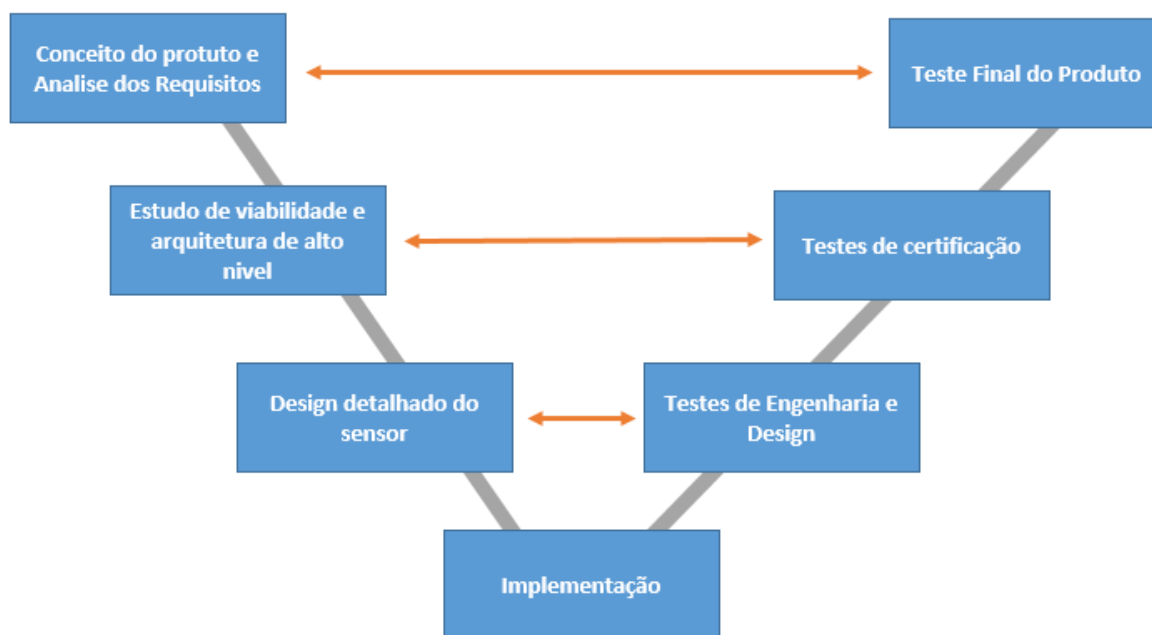


Figura 19: Modelo V

Fonte: Elaboração própria

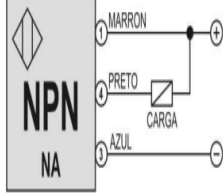

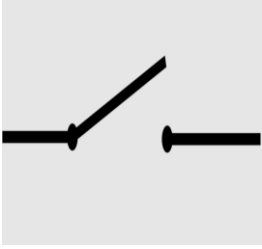
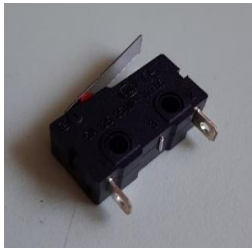
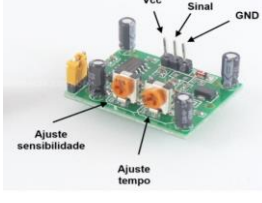



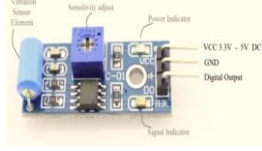

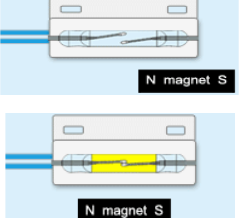

Nos itens anteriores, foram apresentados o conceito e a análise dos requisitos; neste item são detalhados o estudo de viabilidade, design do produto e testes. Seguindo o modelo V acima, foi possível garantir o resultado e a efetividade de cada etapa, desde o design detalhado do sensor até o atendimento dos requisitos mapeados.

Após as etapas de empatia, definição e ideação, iniciou-se a etapa de protótipo, a qual começou com a definição dos sensores e microcontrolador, programação e testes de bancada de cada sensor individualmente, teste do conjunto de sensores, montagem da caixa e teste dos sensores em condição de aplicação em campo. Para os testes no circuito eletrônico e a montagem mecânica, foram elaborados diagramas e desenhos para direcionar a montagem. Para programar o microcontrolador, utilizou-se a linguagem MicroPython.

5.2.1 Montagem e Testes

5.2.1.1 Definição dos sensores

Na tabela 7, está a relação de sensores selecionada para realização dos testes. Eles foram mapeados em função de suas características alinhadas à necessidade de detecção de fraudes, conforme tipologia apresentada no item Tipologia de Irregularidades. Na tabela 7, encontram-se tipologia do sensor, comentários técnicos, *datasheet* e imagem.

Tipo Sensor	Testado	Viab. técnica	Comentários	Datasheet	Foto
Sensor Indutivo	Sim	Não	<ul style="list-style-type: none"> - Necessidade de fixação do sensor e instalação de adaptador de ferro para acionar o sensor - Alimentação: 12 - 24Vcc - Sinal de saída digital 		
Sensor fim de curso	Sim	Sim	<ul style="list-style-type: none"> - Sensor instalado em conjunto com o lacre, sendo dois nas laterais - Perda de posição durante a instalação - Sinal de saída digital 		
Sensor de Presença e Movimento PIR	Não	-	<ul style="list-style-type: none"> - A ser testado - Tensão de operação: 2.7 a 12VDC - Sinal de saída digital 		
Sensor Magnético Reed Switch	Não	-	<ul style="list-style-type: none"> - A ser testado - Acionamento por campo magnético - Sinal de saída digital 		
Sensor de Vibração SW-420	Não	-	<ul style="list-style-type: none"> - A ser testado - Tensão de operação: 3.3V ~ 5V - Sinal de saída digital 		
Sensor Magnético para Fim de Curso N/A	Não	-	<ul style="list-style-type: none"> - A ser testado - Sinal de saída digital 		

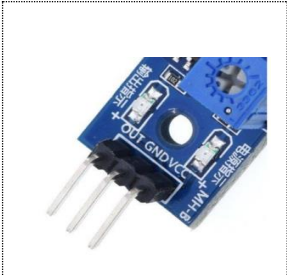
Módulo Sensor de Obstáculo Infravermelho IR	Não	-	<ul style="list-style-type: none"> - A ser testado - Tensão de operação: 3.3 à 5V DC - Sinal de saída digital 	
---	-----	---	--	---

Tabela 5: Sensores

Fonte: Elaboração própria

5.2.1.2 Definição do Microcontrolador

Para realizar as simulações e a parametrização dos alarmes, além da rotina de teste dos sensores, foi utilizado o modulo de desenvolvimento Node MCU (ESP 8266), o qual foi escolhido em função da sua larga utilização de mercado para soluções IOT, seu custo baixo e inúmeras referências bibliográficas. Adicionalmente, também pela função de comunicação, em que já possui um modulo de comunicação Wi-Fi e também é possível programá-lo em Mycrophyton, linguagem definida como requisito para programação.

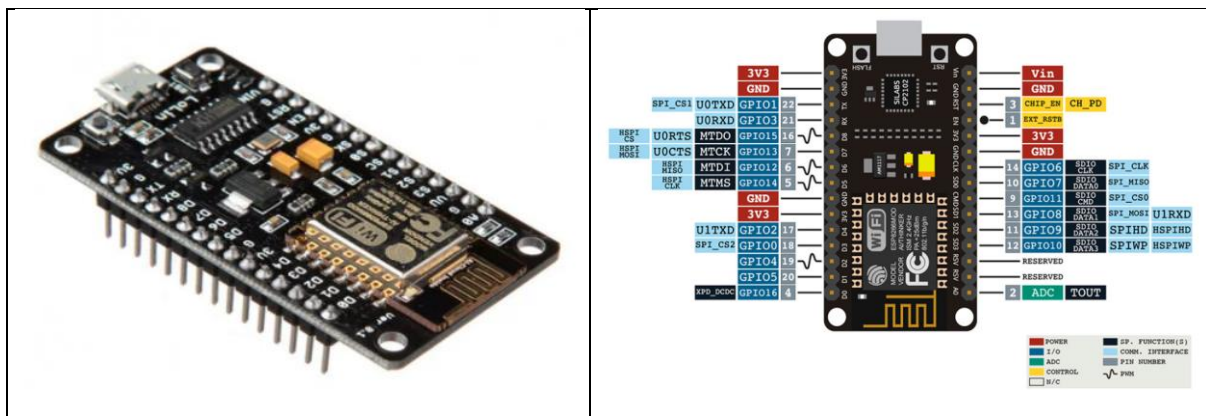


Figura 20: Modulo de Desenvolvimento Node MCU

Fonte: Elaboração própria

5.2.1.3 Plano de Testes

Após definição dos sensores e microcontrolador, foi elaborado o Plano de Testes, conforme apresenta-se na Tabela 6, onde encontra-se a definição das etapas e requisitos para cada teste a ser realizado. A sequência de testes realizada foi:

- Teste Microcontrolador;

- Testes individuais dos sensores;
- Teste do conjunto de sensores;
- Teste do conjunto de sensores montado na caixa de medição.

Testes	Tarefas	Resultado Esperado
Teste microcontrolador	Configuração ESP8266	Avaliar e validar as funcionalidades do microcontrolador
	Teste led interno	
	Teste portas I/O	
	Teste Web Server	
Testes individuais dos sensores	Teste sensor Indutivo	Avaliar viabilidade técnica de cada sensor em função da necessidade de detecção de intervenções no sistema de medição (Fraudes)
	Teste sensor Fim de Curso	
	Teste sensor PIR	
	Teste sensor Reed Swich	
	Teste sensor Vibração	
	Teste sensor Magnetico Fim de Curso	
Teste dos sensores em conjunto	Seleção dos sensores	Avaliar a performance dos sensores viáveis operando em conjunto em condição de bancada
	Configuração do ESP 8266	
	Teste dos sensores	
Testes do conjunto montado na caixa	Montagem da caixa	Avaliar a performance dos sensores viáveis operando em conjunto, montados em uma caixa padrão da concessionaria (condição de aplicação similar a condição real de medição)
	Montagem dos sensores	
	Teste do conjunto montado na caixa	

Tabela 6: Plano de Testes

Fonte: Elaboração própria

5.2.1.4 Teste Microcontrolador

Inicialmente, foi instalado o driver do ESP8266 e, em seguida, foram realizados os testes básicos com a criação dos arquivos Main e Boot. Inicialmente, testou-se o acionamento do led interno do microcontrolador. Em seguida, foi utilizada uma porta de saída para acionamento de um led externo, conforme figura 21.

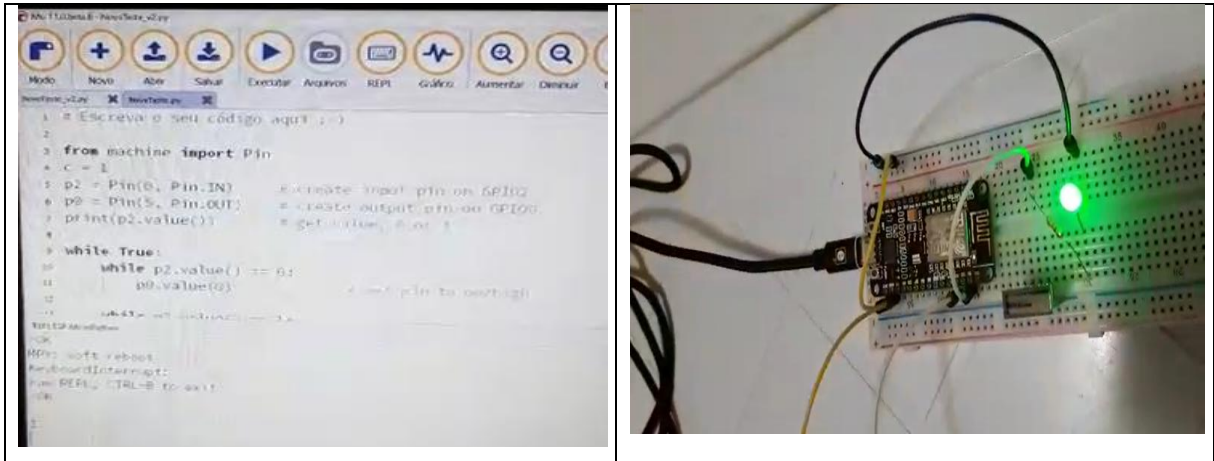


Figura 21: Script Acionamento e teste com porta de saída com Led conectado

Fonte: Elaboração própria

Com a programação dos arquivos Main e Boot, foi possível testar o ESP8266 de forma embarcada, testando o acionamento do led com o ESP8266 desconectado do PC.

Em seguida, foi adicionado um sensor fim de curso e foi testada a leitura das portas de entrada. Na figura 22, vê-se o teste de bancada realizado. No anexo, o script utilizado para programação dos testes.

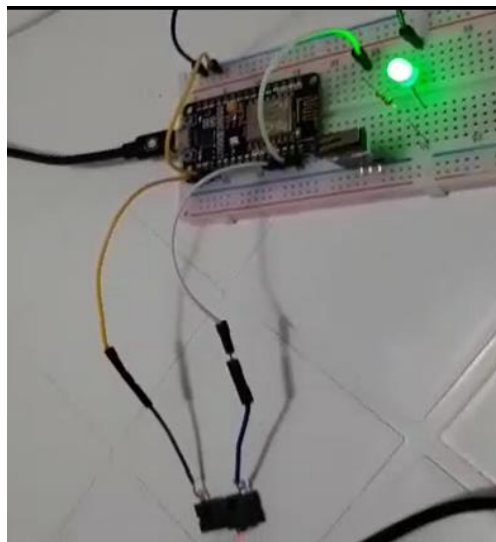


Figura 22: Teste sensor fim de curso

Fonte: Elaboração própria

Após os testes de entrada e saída digitais do microcontrolador, foi configurado o ESP8266 para conexão na rede. Foi utilizada a rede Wi-Fi local para conexão. O

desenvolvimento inicial consistiu no acionamento do ESP8266 pela rede, acionando uma saída digital para acender um led (figura 23).

Em seguida, foi desenvolvido um script para leitura do sensor fim de curso e com base no status do sensor o acionamento ou não do LED e também comunicação do status da saída para a rede. Com a mudança do status do sensor, o servidor atualiza e identifica a mudança de status. Essa é a condição básica para detecção do alarme quando há tentativa de fraude.



Figura 23: ESP8266 como web server

Fonte: Elaboração própria

Na Figura 24, apresenta-se o circuito básico de testes em bancada dos sensores. Para os testes iniciais, foram utilizados o Microcontrolador NodeMCU, os sensores da tabela 7 e um led para indicação do chaveamento.

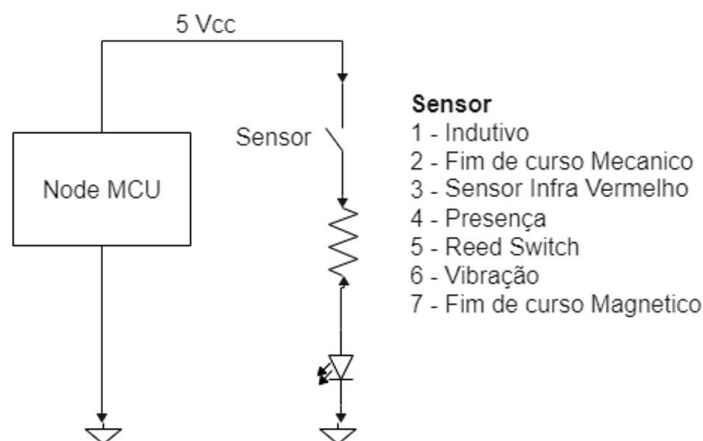


Figura 24: Circuito básico Sensores Web Server

Fonte: Elaboração própria

O ESP 8266 foi configurado para operar como Web Server, dessa forma, conecta-se com a rede local por Wi-Fi e permite que qualquer dispositivo que também esteja conectado na rede, acessando o seu IP, possa verificar o programa elaborado, neste caso, o Status de cada sensor conectado no ESP 8266. Na figura 25, a tela do Web Server e o endereço de IP Acessado.

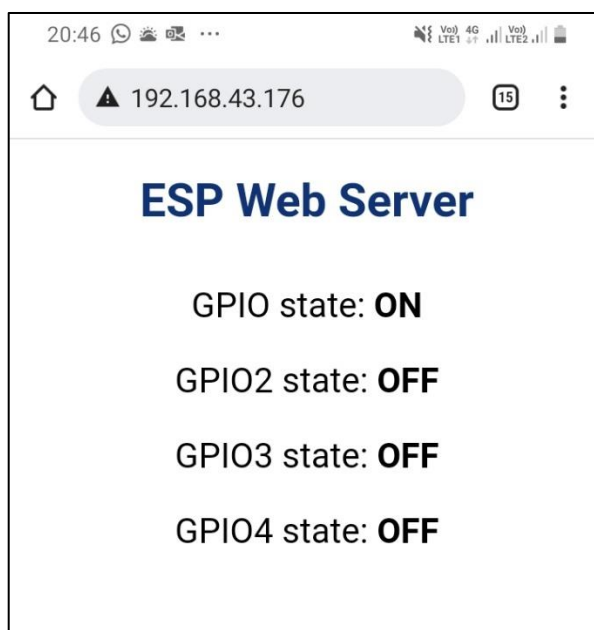


Figura 25: Acesso ao Web Server ESP 8266

Fonte: Elaboração própria

Script Básico

Script básico arquivos Main e Boot. Os arquivos Main e Boot foram criados, conforme apresenta-se nas Figuras 26 e 27, para que ao energizar o microcontrolador a rotina de teste dos sensores iniciasse. **Arquivo Boot:** Import das bibliotecas e funções necessárias; Configuração de acesso a rede do ESP 8266; Definição das entradas e saídas digitais.

Arquivo Main: Configuração da página WEB; Rotina de leitura e emissão de saída em função do status do sensor.



```

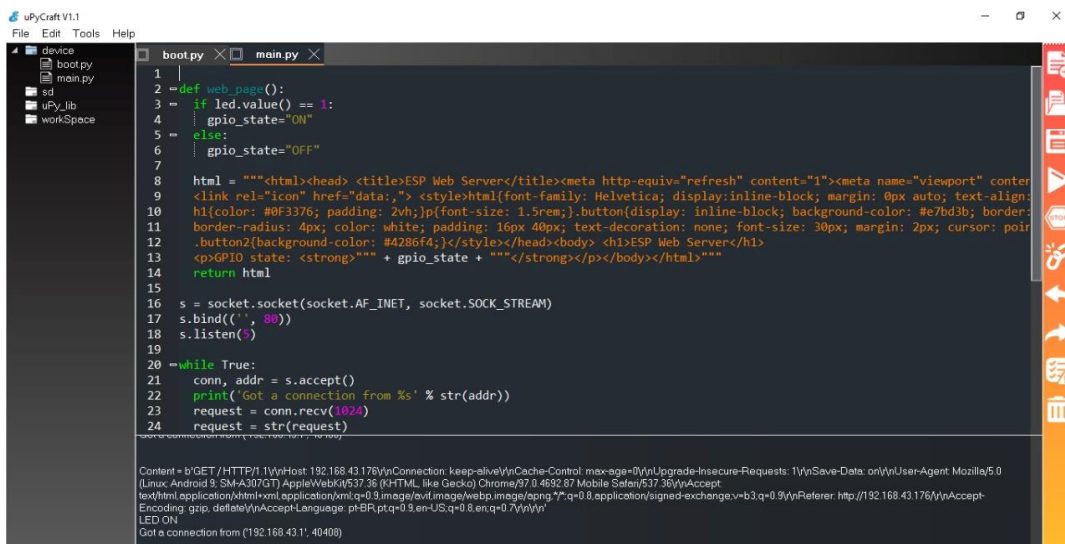
30 import esp
31 esp.osdebug(None)
32
33 import gc
34 gc.collect()
35
36 ssid = 'Galaxy A30s2FC'
37 password = 'gvpn1122'
38
39 station = network.WLAN(network.STA_IF)
40
41 station.active(True)
42 station.connect(ssid, password)
43
44 while station.isconnected() == False:
45     pass
46
47 print('Connection successful')
48 print(station.ifconfig())
49
50 led = Pin(5, Pin.OUT)
51 sens = Pin(4, Pin.IN)
52
53

```

Got a connection from (192.168.43.1: 40506)
Content = b'GET /HTTP/1.1\r\nHost: 192.168.43.176\r\nConnection: keep-alive\r\nCache-Control: max-age=0\r\nUpgrade-Insecure-Requests: 1\r\nUser-Agent: Mozilla/5.0 (Linux; Android 9; SM-A307GT) AppleWebKit/537.36 (KHTML, like Gecko) Chrome/87.0.4692.87 Mobile Safari/537.36\r\nAccept-encoding: gzip, deflate\r\nAccept-Language: pt-BR,pt;q=0.9,en-US;q=0.8,en;q=0.7\r\n\r\nLED ON
Got a connection from (192.168.43.1: 40508)

Figura 26: Script UpY Craft

Fonte: Elaboração própria



```

1
2 def web_page():
3     if led.value() == 1:
4         gpio_state="ON"
5     else:
6         gpio_state="OFF"
7
8     html = """<html><head> <title>ESP Web Server</title><meta http-equiv="refresh" content="1"><meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1"></head><body><div style="text-align: center;><h1 style="color: #0F3376; padding: 2vh;>ESP Web Server</h1><div style="display: flex; justify-content: center; gap: 20px;><div style="border: 1px solid #4286f4; padding: 10px; border-radius: 4px;><strong>GPIO state: <strong>"" + gpio_state + ""</strong></div></div></body></html>"""
9
10    return html
11
12    s = socket.socket(socket.AF_INET, socket.SOCK_STREAM)
13    s.bind(('', 80))
14    s.listen(5)
15
16    while True:
17        conn, addr = s.accept()
18        print('Got a connection from %s' % str(addr))
19        request = conn.recv(1024)
20        request = str(request)
21
22        conn.send(web_page())
23
24

```

Content = b'GET /HTTP/1.1\r\nHost: 192.168.43.176\r\nConnection: keep-alive\r\nCache-Control: max-age=0\r\nUpgrade-Insecure-Requests: 1\r\nUser-Agent: Mozilla/5.0 (Linux; Android 9; SM-A307GT) AppleWebKit/537.36 (KHTML, like Gecko) Chrome/87.0.4692.87 Mobile Safari/537.36\r\nAccept-encoding: gzip, deflate\r\nAccept-Language: pt-BR,pt;q=0.9,en-US;q=0.8,en;q=0.7\r\n\r\nLED ON
Got a connection from (192.168.43.1: 40408)

Figura 27: Script UpY Craft

Fonte: Elaboração própria

5.2.1.5 Testes dos sensores – Diagramas

Com a definição dos sensores, foram elaborados os diagramas mecânico e elétrico da caixa de medição, especificando a posição física dos sensores e os cabos de alimentação elétrica, como apresenta-se na Figura 29.

Diagrama eletrônico – testes

Os sensores foram testados individualmente conforme apresenta-se na Figura 28, exceto o sensor indutivo, cujo diagrama encontra-se na figura 33.

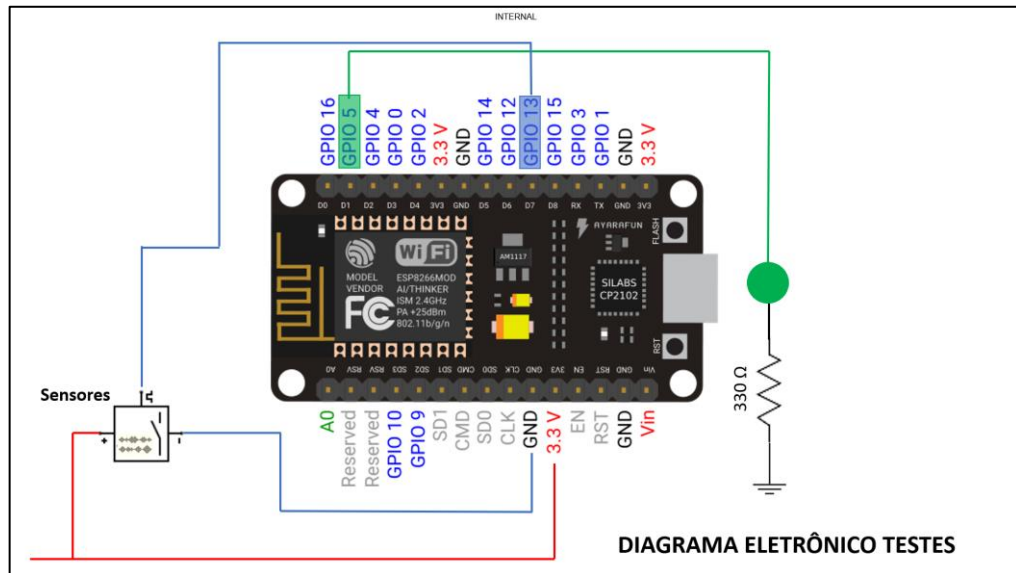


Figura 28: Diagrama Eletrônico – Testes

Fonte: Elaboração própria

Após os testes individuais, foi testado o conjunto de sensores, mediante viabilidade técnica.

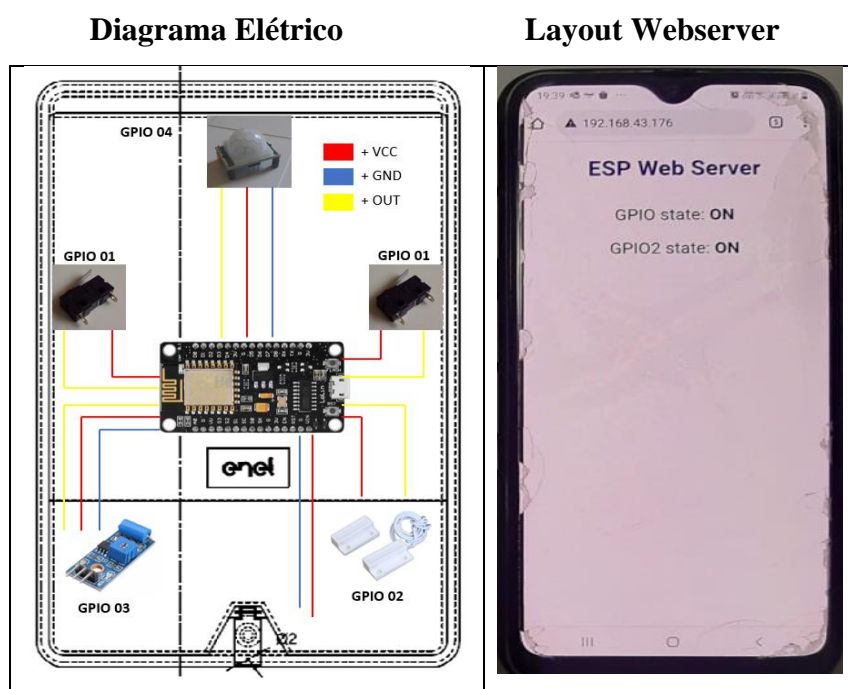


Figura 29: Esquema eletrônico e layout web server

Fonte: Elaboração própria

Diagrama eletrônico

Na figura 30, o diagrama do circuito eletrônico com o microcontrolador ESP8266, sensores fim de curso mecânico, sensor magnético, sensor de vibração e presença. No circuito, encontram-se também os LEDs de saída, bem como resistores reguladores de corrente.

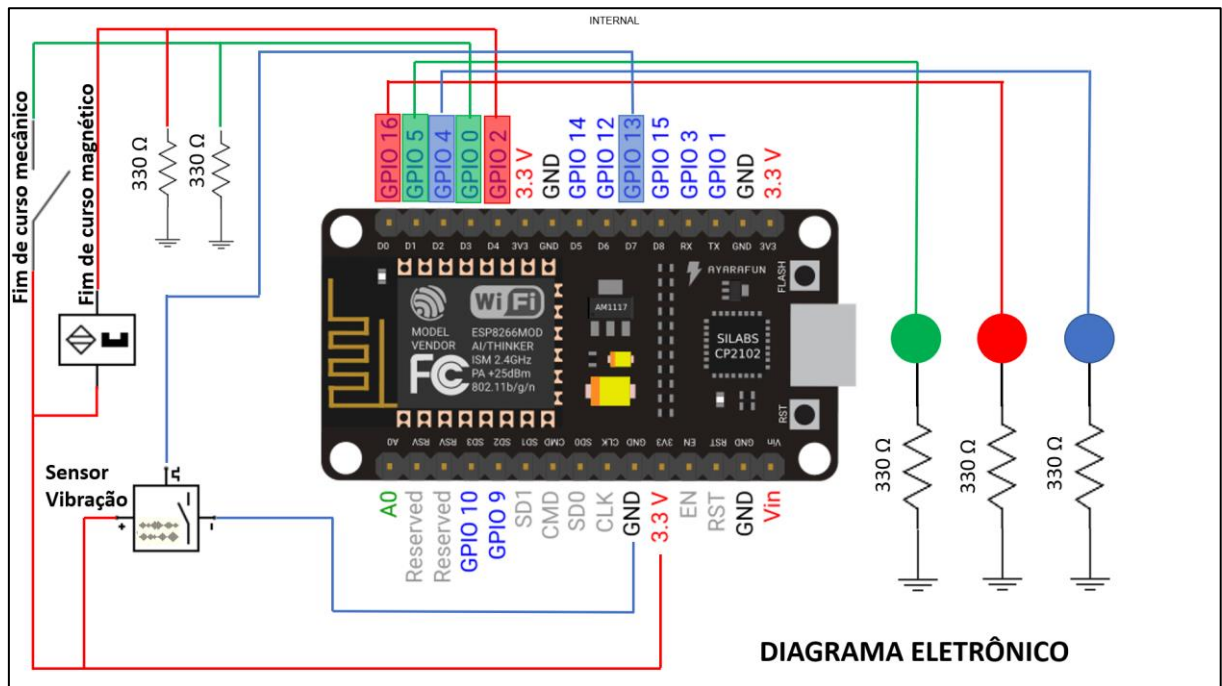


Figura 30: Diagrama eletrônico

Fonte: Elaboração própria

Desenho técnico – caixa de medição

Na Figura 31, mostra-se a especificação técnica da caixa de medição, considerando a caixa montada e vistas frontal, lateral, superior e inferior.

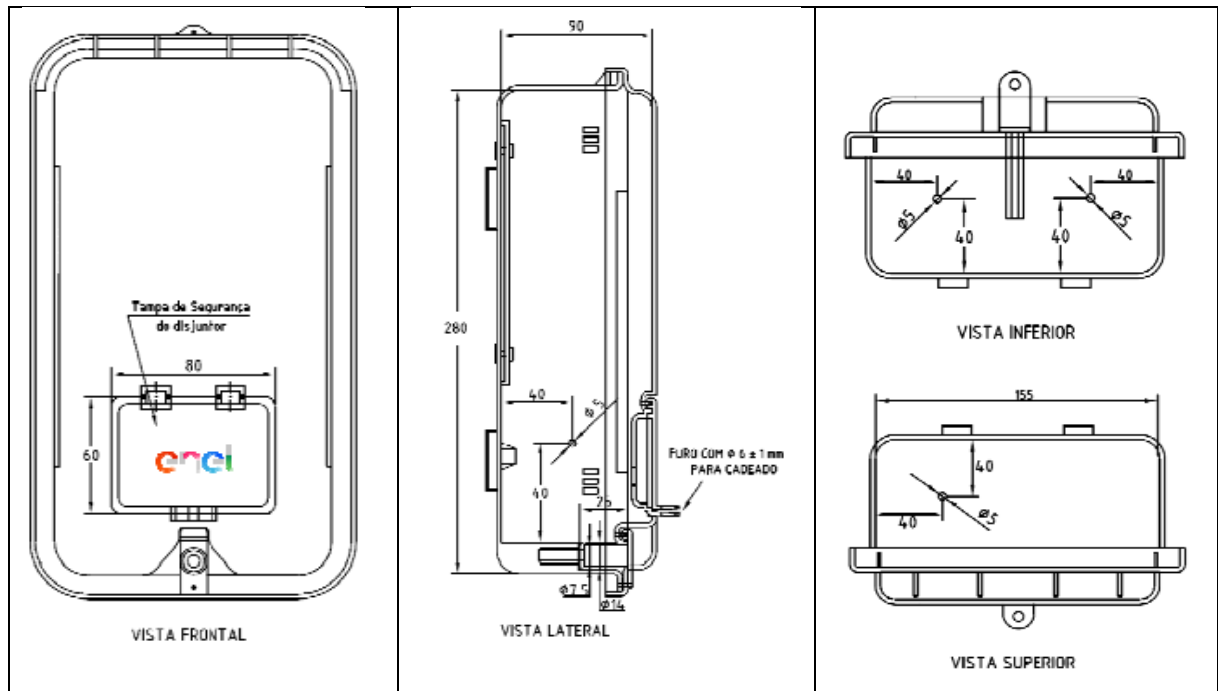


Figura 31: Especificação técnica caixa de medição monofásica

Fonte: Elaboração própria

5.2.1.6 Testes dos Sensores

Sensor Indutivo

Foi realizada a montagem do protótipo do sensor da caixa de medição no Polo de Inovação do IFF Campos. Para essa etapa, foram utilizados os seguintes materiais:

- Fonte CA-CC (127VAC / 24Vcc)
- Sensor indutivo para aplicação industrial
- Rele 24VCC com contatos NA/NF
- Caixa para padrão de medição monofásico de poliéster

Na etapa de pré-montagem do protótipo, foi elaborado esquema eletrônico desenvolvido em simulador da Siemens, conforme apresenta-se na Figura 33.

Os sistemas foram testados individualmente e, em seguida, feito o teste do conjunto. Para realização do teste do conjunto, a caixa foi fixada em altura padrão, no sentido de simular a condição real da caixa de medição. Na Figura 32 mostra-se a montagem e testes realizados. Nas Tabelas 7, 8 e 9, encontram-se os resultados dos testes realizados.

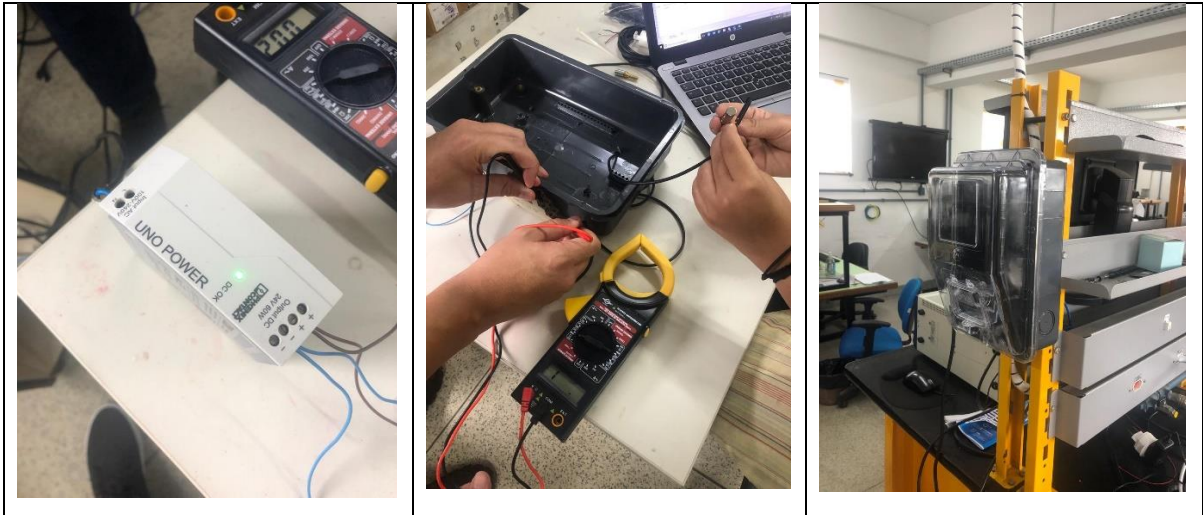


Figura 32: Testes sensor indutivo

Fonte: Elaboração própria

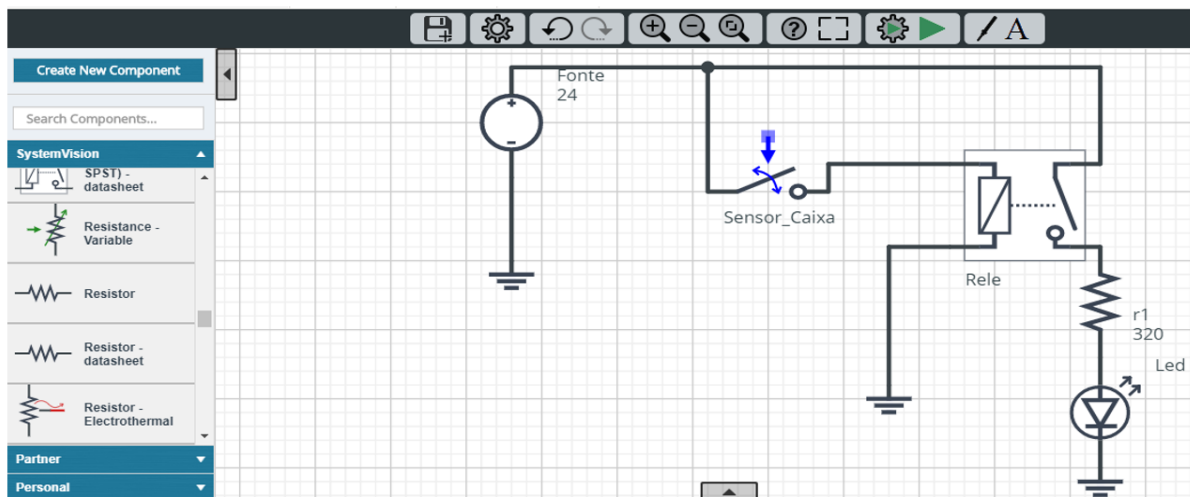


Figura 33: Esquema eletrônico protótipo

Fonte: Elaboração própria




Testes						
Sistema	Teste	Medição	Resultado esperado	Margem de aceite	Resultado Teste	Evidencia
Fonte	Energização	Check de energização	led da fonte aceso ou apagado	Aceso	Aceso	
Fonte	Nível de Tensão	Tensão de saída da fonte	Nível de tensão em Volts (V)	24V (+ OU -) 1V	Entrada 118V / Saída 24V	
Sensor + Fonte	Energização do sensor através da fonte	Acionamento do sensor com ima	Led do sensor acender e apagar	Led aceso	Led aceso	

Tabela 7: Testes dos sistemas Alarmes Sensor de Caixa

Fonte: Elaboração própria




Testes						
Sistema	Teste	Medição	Resultado esperado	Margem de aceite	Resultado Teste	Evidencia
Sensor + Fonte + Rele	Chaveamento do rele através da atuação do sensor	Acionar e desacionar o sensor com ima e observar chaveamento	Led do sensor acender e apagar e rele acionar	Led do sensor aceso e rele acionado	Led do sensor aceso e rele acionado	
Sensor + Fonte + Rele + Caixa	Atuação do sensor em aplicação	Acionamento do sensor fixado na caixa	Fixar o sensor na caixa e testar acionamento	Led aceso e rele acionado na caixa	Led aceso e rele acionado	
Rele	Fixação mecânica	Observar a qualidade dos contatos mecânicos da base do rele	Retirar o sensor da base e analisar a qualidade dos contatos	Contatos limpos e encaixe fácil	Contatos limpos e encaixe fácil	

Tabela 8: Testes dos sistemas Alarmes Sensor de Caixa

Fonte: Elaboração própria



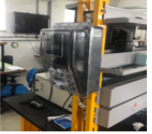

Testes						
Sistema	Teste	Medição	Resultado esperado	Margem de aceite	Resultado Teste	Evidencia
Rele + Fonte + Sensor	Acionamento dos contatos	Medir continuidade dos contatos NA e NF do rele	Testar continuidade dos contatos	Continuidade de condução e chaveamento dos contatos	Continuidade medida através do multímetro e rele chaveou os contatos	
Caixa	Abertura e fechamento	Abrir e fechar a tampa	Abrir e fechar a tampa normalmente	Encaixe normal	Foram realizadas sequências de abertura e fechamento da tampa. Normal.	
Caixa	Fixação	Fixar a caixa em estrutura e observar fixação	Fixar caixa em estrutura	Fixação normal	Caixa fixada com abraçadeiras	
Conjunto (Fonte + Sensor + Rele + Caixa)	Acionamento do sensor com a abertura da caixa	Abrir a caixa com o sistema em operação e verificar o acionamento do rele através da atuação do sensor	Acionamento do Rele após a abertura da caixa	Acionamento do rele em 100% das aberturas de caixa (Realizadas 10 aberturas)	O rele acionou em em 100% das aberturas de caixa (Necessidade de Adaptação de Imã)	

Tabela 9: Testes dos sistemas Alarmes Sensor de Caixa

Fonte: Elaboração própria

Sensor Fim de Curso

Na Figura 34, apresenta-se a montagem e testes realizados com sensor fim de curso para alarme de abertura de porta. Na Tabelas 10 e 11, encontram-se os resultados dos testes.

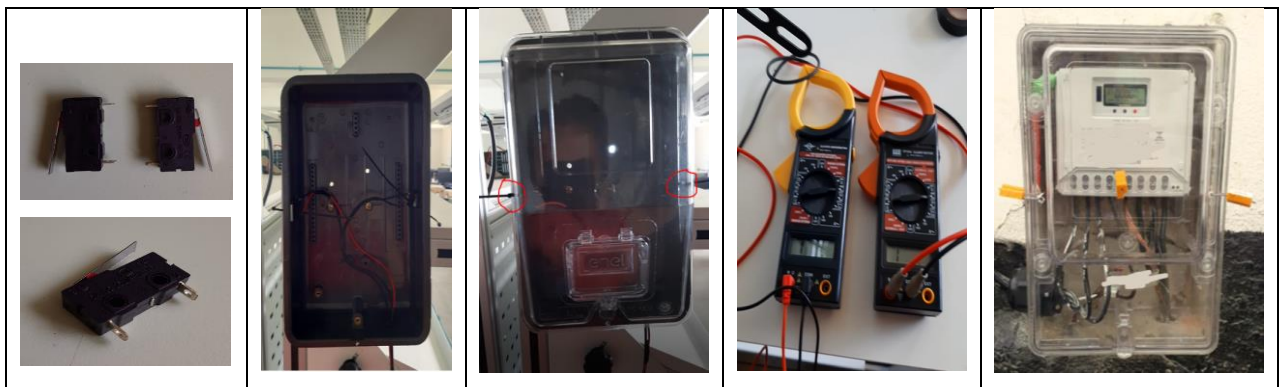


Figura 34: Protótipo simulando a condição de normalização da concessionária

Fonte: Elaboração própria




Sistema	Teste	Medição	Resultado esperado	Margem de aceite	Resultado Teste	Evidencia
Caixa	Montagem	Fixação da Caixa	Caixa Fixa com a tampa no suporte	Caixa fixa sem vibrar no teste de esforço	Caixa Fixa	
Caixa	Montagem	Nivelamento da furação entre caixa e tampa	Furação nivelada e com acesso para os lacres	Caixa furada e furos nivelados	Furos nivelados e com acesso ao lacre	
Sensor	Montagem	Ligação dos sensores e chaveamento	Sensores conectados nos cabos e realizar o chaveamento da continuidade	Sensor acionar quando pressionado	Continuidade com o acionamento do sensor	

Tabela 10: Teste sensor fim de curso

Fonte: Elaboração própria




Sistema	Teste	Medição	Resultado esperado	Margem de aceite	Resultado Teste	Evidencia
Sensor	Montagem	Instalação dos sensores	Sensores instalados alinhados a furação realizada	Sensor alinhado a furação da caixa	Sensores foram instalados e alinhados a furação	
Caixa + Sensor	Montagem	Instalação dos sensores na caixa com o lacre e acionamento dos sensores	Fixar o sensor na caixa e testar acionamento	Sensor acionar quando lacre for fechado	Após lacre instalado na caixa o sensor fez a abertura	
Sensor	Teste Elétrico	Medir continuidade do sensor quando da abertura do acre	Multimetro ativar continuidade após abertura da caixa uma vez que o contato é NF e foi acionado para NA quando instalado o lacre	Continuidade de condução medida pelo multimetro	Continuidade medida através do multimetro após corte do lacre (fraude)	

Tabela 11: Teste sensor fim de curso

Fonte: Elaboração própria

Sensor de Presença e Movimento PIR

Descritivo do teste: Testar acionamento do sensor em bancada: Testar presença e avaliar distância. Foi realizado o teste de acionamento do sensor de presença. O sensor foi testado individualmente e o microcontrolador configurado com apenas uma entrada e uma saída digital. Verificou-se o funcionamento do sensor, realizando o acionamento mediante identificação de presença. Foi verificada, ainda, a necessidade de calibrar a sensibilidade do sensor para evitar acionamento indevido quando montado na caixa de medição. Na Figura 35, mostra-se a montagem e testes realizados. Na Tabela 12, encontra-se o resultado dos testes realizados.

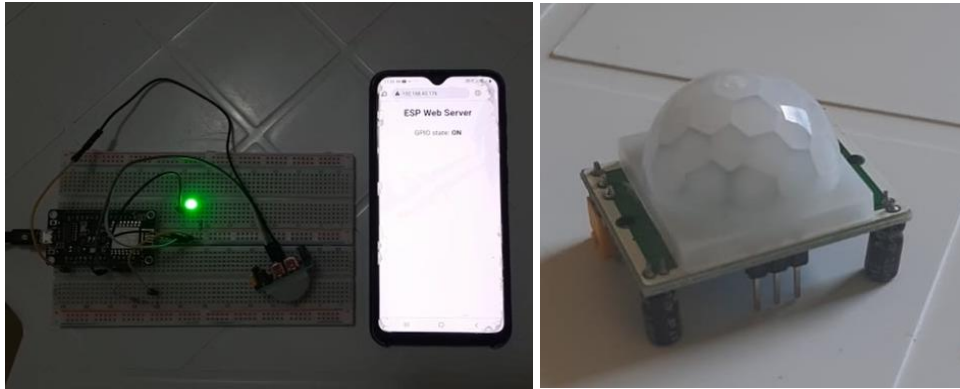


Figura 35: Teste sensor de presença

Fonte: Elaboração própria


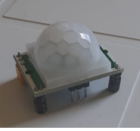

Testes						
Sistema	Teste	Medição	Resultado esperado	Margem de aceite	Resultado Teste	Evidência
Micro Controlador	Energização + Comunicação	Comunicação entre Smartphone e Micro	Smartphone conectar no web server pelo IP	Navegador conectar	Smartphne conectado ao Web Server pelo navegador	
Sensor	Conexão Sensor	Testar conexão do sensor e sensibilidade de acionamento	Led de saída do microcontrolador acionar com a detecção de presença	Led acionar com a presença	Led de saída acionou com a presença (Necessidade de calibração constante)	
Sensor + Micro controlador	Verificação do acionamento do sensor no Web Server	Mudança do status no display do Web Server	Status do display que reconhece a entrada do sensor mudar de status mediante presença	Mudança de status no display mediante presença	Display alterou o status mediante presença	

Tabela 12: Teste sensor de presença

Fonte: Elaboração própria

Sensor Magnético Reed Switch

Descritivo do teste: Testar acionamento do sensor em bancada: Testar acionamento com campo magnético. O sensor foi testado individualmente e o microcontrolador configurado com apenas uma entrada e uma saída digital. O sensor atua como uma chave normalmente aberta que mediante aproximação de campo magnético, realiza o fechamento da chave. Verificou-se o chaveamento do sensor com aproximação de um ímã durante a simulação. Para aplicação na caixa será necessária uma adaptação para fixar o sensor. Na Figura 36, mostra-se a montagem e testes realizados. Na Tabela 13, encontra-se o resultado dos testes realizados.



Figura 36: Teste sensor magnético

Fonte: Elaboração própria

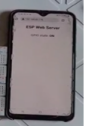

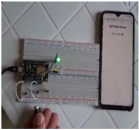
Testes						
Sistema	Teste	Medição	Resultado esperado	Margem de aceite	Resultado Teste	Evidencia
Micro Controlador	Energização + Comunicação	Comunicação entre Smartphone e Micro	Smartphone conectar no web server pelo IP	Navegador conectar	Smartphone conectado ao Web Server pelo navegador	
Sensor	Conexão Sensor	Testar conexão do sensor e sensibilidade de acionamento	Led de saída do microcontrolador acionar com a detecção de campo magnético	Led acionar com a campo magnético	Led de saída acionou com a presença de imã próximo Necessidade de Adaptação mecânica do sensor	
Sensor + Micro controlador	Verificação do acionamento do sensor no Web Server	Mudança do status no display do Web Server	Status do display que reconhece a entrada do sensor mudar de status mediante campo magnético	Mudança de status no display mediante campo magnético	Display alterou o status com a presença de imã próximo	

Tabela 13: Teste sensor magnético

Fonte: Elaboração própria

Sensor de Vibração SW-420

Descritivo do teste: Testar acionamento do sensor em bancada: Testar acionamento com vibração. O sensor foi testado individualmente e o microcontrolador configurado com apenas uma entrada e uma saída digital. Verificou-se o funcionamento do sensor, realizando movimentações e, conseqüentemente, a vibração. Foi verificada, além disso, a necessidade de calibrar a sensibilidade do sensor para evitar acionamento indevido/não acionamento quando montado na caixa de medição. Na Figura 37, mostra-se a montagem e testes realizados. Na Tabela 14, encontra-se o resultado dos testes realizados.

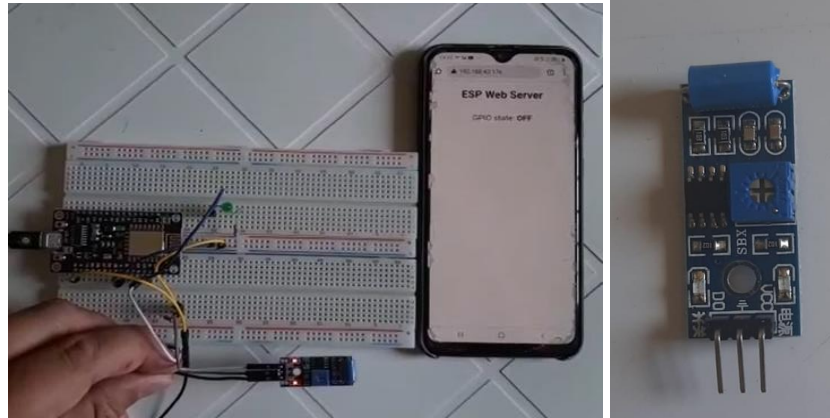


Figura 37: Teste sensor de vibração

Fonte: Elaboração própria


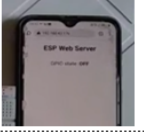

Testes						
Sistema	Teste	Medição	Resultado esperado	Margem de aceite	Resultado Teste	Evidencia
Micro Controlador	Energização + Comunicação	Comunicação entre Smartphone e Micro	Smartphone conectar no web server pelo IP	Navegador conectar	Smartphone conectado ao Web Server pelo navegador	
Sensor	Conexão Sensor	Testar conexão do sensor e sensibilidade de acionamento	Led de saída do microcontrolador acionar com a vibração do sensor	Led acionar com a vibração do sensor	Led de saída acionou com a vibração realizada	
Sensor + Micro controlador	Verificação do acionamento do sensor no Web Server	Mudança do status no display do Web Server	Status do display que reconhece a entrada do sensor mudar de status mediante vibração	Mudança de status no display mediante vibração	Display alterou o status com a vibração	

Tabela 14: Teste sensor de vibração

Fonte: Elaboração própria

Sensor Magnético para Fim de Curso N/A

Descritivo do teste: Testar acionamento do sensor em bancada: Testar acionamento com campo magnético. O sensor foi testado individualmente e o microcontrolador configurado com apenas uma entrada e uma saída digital. O sensor atua como uma chave normalmente aberta que mediante aproximação de campo magnético, realiza o fechamento da chave. Verificou-se o chaveamento do sensor com aproximação de um ímã durante a simulação. O seu funcionamento é similar ao *Reed Switch*, porém este sensor já possui adaptação física para instalação na caixa de medição. Na Figura 38, mostra-se a montagem e testes realizados. Na Tabela 15, encontra-se o resultado dos testes realizados.

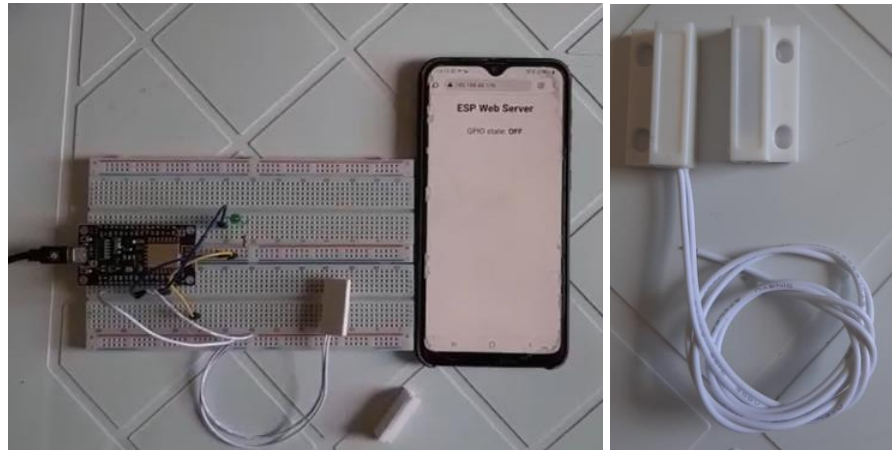


Figura 38: Teste sensor magnético

Fonte: Elaboração própria




Testes						
Sistema	Teste	Medição	Resultado esperado	Margem de aceite	Resultado Teste	Evidencia
Micro Controlador	Energização + Comunicação	Comunicação entre Smartphone e Micro	Smartphone conectar no web server pelo IP	Navegador conectar	Smartphne conectado ao Web Server pelo navegador	
Sensor	Conexão Sensor	Testar conexão do sensor e sensibilidade de acionamento	Led de saída do microcontrolador acionar com a detecção de campo magnético	Led acionar com a campo magnético	Led de saída acionou com a presença de imá proximo	
Sensor + Micro controlador	Verificação do acionamento do sensor no Web Server	Mudança do status no display do Web Server	Status do display que reconhece a entrada do sensor mudar de status mediante campo magnético	Mudança de status no display mediante campo magnético	Display alterou o status com a presença de imá proximo	

Tabela 15: Teste sensor de magnético

Fonte: Elaboração própria

Módulo Sensor de Obstáculo Infravermelho IR

Descritivo do teste: Testar acionamento do sensor em bancada: Testar distância e objeto para acionamento. O sensor foi testado individualmente e o microcontrolador configurado com apenas uma entrada e uma saída digital. Foi verificado o acionamento do sensor quando identificado uma superfície refletiva. Foram realizados ajustes para calibrar a sensibilidade e distância de acionamento. O acionamento deste sensor é limitado à identificação de superfícies refletivas. Na Figura 39, mostra-se a montagem e testes realizados. Na Tabela 16, encontra-se o resultado dos testes realizados.

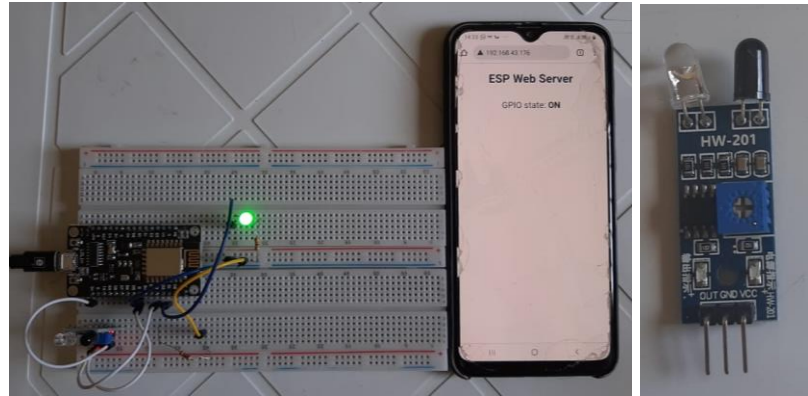


Figura 39: Teste sensor infravermelho

Fonte: Elaboração própria



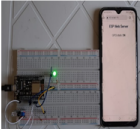
Testes						
Sistema	Teste	Medição	Resultado esperado	Margem de aceite	Resultado Teste	Evidencia
Micro Controlador	Energização + Comunicação	Comunicação entre Smartphone e Micro	Smartphone conectar no web server pelo IP	Navegador conectar	Smartphone conectado ao Web Server pelo navegador	
Sensor	Conexão Sensor	Testar conexão do sensor e sensibilidade de acionamento	Led de saída do microcontrolador acionar com a detecção de anteparo branco na frente	Led acionar com a anteparo na frente	Led de saída acionou mediante anteparo na frente (Acionamento somente com anteparo branco)	
Sensor + Micro controlador	Verificação do acionamento do sensor no Web Server	Mudança do status no display do Web Server	Status do display que reconhece a entrada do sensor mudar de status mediante anteparo na frente	Mudança de status no display mediante anteparo	Display alterou o status com a presença de anteparo	

Tabela 16: Teste sensor infravermelho

Fonte: Elaboração própria

Com base nos testes realizados e nas características similares entre os sensores, chegou-se ao agrupamento de sensores que contempla as dimensões de fraude na caixa, os quais são:

- Sensor fim de custo mecânico;
- Sensor magnético;
- Sensor de vibração.

O sistema completo também foi testado com os três sensores em operação, comunicando com o ESP 8266. Para isso, foram configuradas três portas digitais de entrada e três portas de saída para operação conjunta dos sensores. O microcontrolador também estava atuando como Web Server, configurado para ler as três portas de saída. Na Figura 40, mostra-se a montagem do conjunto de sensores.

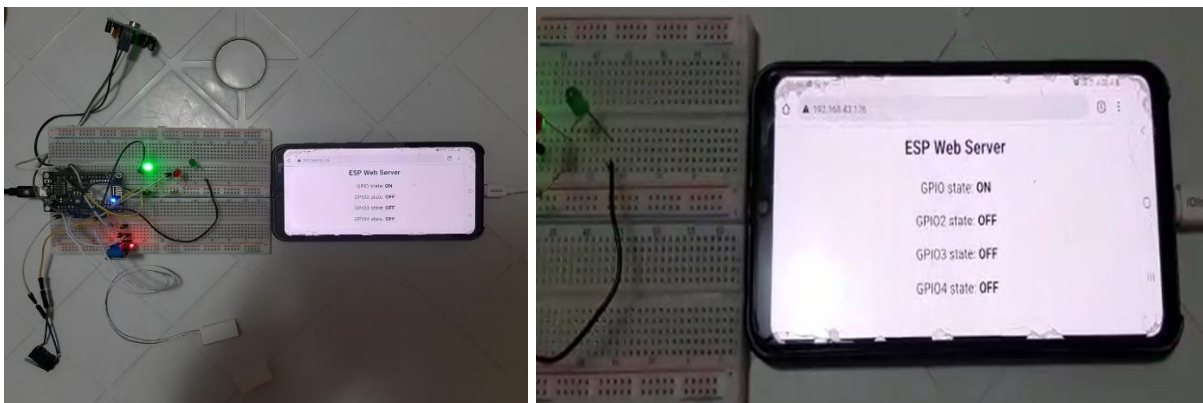


Figura 40: Teste bancada conjunto de sensores

Fonte: Elaboração própria

O teste do sistema performou como esperado, onde foram testados os sensores individualmente, observando a alteração de status tanto dos LEDs de saída quanto no Web Server acessado pelo *SmartPhone*. O script elaborado encontra-se no anexo 1.

Teste Completo com Montagem na Caixa

Após realização dos testes de bancada, foi feita a montagem da Caixa de Medição em condição similar àquela instalada em campo, conforme apresenta-se na Figura 41. Dessa forma, permitindo o início dos testes com os sensores instalados em posições reais.

No fundo da caixa, foi fixado o protoboard com o ESP8266 instalado. Em seguida, foi realizada a montagem do circuito eletrônico conforme diagrama da figura 30. Antes do fechamento da caixa, foram feitos novamente os testes de cada entrada e cada saída do ESP8266 para garantir a correta instalação. Após confirmação do teste, foi concluída a instalação do sensor magnético ao fundo da caixa (detecção da fraude do ímã) e dos sensores fim de curso na tampa da caixa (sensor de abertura). Em seguida, instalado o sensor de vibração na lateral da caixa.

Com o conjunto instalado, foram realizados os testes de detecção de presença do ímã, a abertura da caixa e o teste de vibração. Em ambos os testes, os sensores atuaram e as informações foram enviadas para o servidor.

Com a realização do teste do conjunto, foi possível validar a funcionalidade dos sensores para detecção das principais fraudes, conforme Figura 10 (informações do gráfico de Pareto de tipologia de fraude).



Figura 41: Teste conjunto sensores com montagem na caixa

Fonte: Elaboração própria

5.3 Viabilidade Financeira

Para o cálculo da viabilidade financeira foram utilizadas premissas relacionadas ao Plano de combate às perdas da concessionária de referência. Além disso, com base nas premissas e na projeção de resultados com a aplicação do sensor, foram calculados os parâmetros da viabilidade, como: Preço limite para o produto e Payback. Detalhamento e descritivo das premissas, realização dos cálculos e análise a respeito da viabilidade encontram-se no capítulo de Resultados e Discussão.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Viabilidade Técnica

6.1.1 Análise dos Testes

Quais os requisitos devem ser atendidos para viabilidade? Na tabela 17, encontra-se a análise de atendimento aos requisitos mapeados na Tabela 3. Cada teste foi analisado com base nos requisitos técnicos e funcionais mapeados.

Com base na análise realizada, pode-se perceber que os sensores Fim de Curso Mecânico, Vibração e Fim de Curso Magnético atenderam a maior quantidade de requisitos e, dessa forma, podem ser priorizados nas instalações.

Na tabela 17, o preenchimento em verde indica o atendimento ao requisito, e o preenchimento em amarelo indica que o requisito não foi atendido. Em seguida, o detalhamento dos testes dos sensores e o detalhamento de cada requisito não atendido.

16	4-Muito baixa	Ter função de lacre (Lacre digital - Sinalizar e controlar intervenções programadas no medidor/caixa - Permitir controle digital dos lacres)	Funcional																	
17	1-Alta	Detectar as principais fraudes realizadas	Funcional																	

Tabela 17: Análise requisitos

Fonte: Elaboração própria

6.1.2 Análise Requisitos

Neste item, encontra-se o detalhamento dos requisitos não atendidos pelos sensores que não foram selecionados. Foram analisados somente os requisitos em que houve distinção na avaliação entre os sensores.

Sensor Indutivo

- Não atendimento ao requisito 8 da Tabela 3: Necessidade de adaptação da caixa para inclusão ímã acionador, o que pode alterar as características funcionais de fixação da caixa e acarreta vulnerabilidade para execução de fraudes.
- Não atendimento ao requisito 10 da Tabela 3: Há uma variedade de caixas no parque de medição, inclusive caixas de ferro, que podem afetar o campo magnético do ímã a ser instalado e diminuir a confiabilidade do sinal.
- Não atendimento ao requisito 11 da Tabela 3: Em função da necessidade de instalação do ímã de acionamento, há maior dificuldade para instalação.

Sensor de Presença

- Não atendimento ao requisito 10 da Tabela 3: Esse sensor requer um ajuste detalhado e preciso com relação a sensibilidade do acionamento, isso para que funcione corretamente e acione somente mediante intervenções na caixa. Dessa forma, quando há necessidade de mudança ou flexibilização, o ajuste deve ser novamente realizado, afetando a flexibilidade.
- Não atendimento ao requisito 11 da Tabela 3: Em função da necessidade de ajuste de sensibilidade, o tempo e dificuldade de instalação é maior. Adicionalmente, uma instalação ou ajuste incorreto pode causar sinais incorretos de fraude;

Sensor Magnético Reed Switch

- Não atendimento ao requisito 10 da Tabela 3: Necessidade de adaptação do sensor para aplicação nas caixas de forma que atenda todos os padrões e diferentes tipologias de caixa.
- Não atendimento ao requisito 11 da Tabela 3: Necessidade de adaptação do sensor para aplicação nas caixas e com isso elevação tempo de instalação.

Módulo Sensor de Obstáculo Infravermelho IR

- Não atendimento ao requisito 8 da Tabela 3: O acionamento deste sensor é limitado à identificação de superfícies refletivas, dessa forma funcionaria somente em parte das caixas;
- Não atendimento ao requisito 10 da Tabela 3: O acionamento deste sensor é limitado à identificação de superfícies refletivas, dessa forma funcionaria somente em parte das caixas;
- Não atendimento ao requisito 11 da Tabela 3: Em função da necessidade de ajuste de sensibilidade, o tempo e dificuldade de instalação é maior. Adicionalmente, uma instalação ou ajuste incorreto pode causar sinais incorretos de fraude;
- Não atendimento ao requisito 17 da Tabela 3: O acionamento deste sensor é limitado à identificação de superfícies refletivas

Teste Conjunto

Com base nos resultados dos testes e avaliação de atendimento dos requisitos, foram selecionados três sensores para compor o conjunto, os quais seguem:

- Sensor fim de custo mecânico;
- Sensor magnético;
- Sensor de vibração.

O teste do sistema performou como esperado, em que foram testados os sensores individualmente, observando a alteração de status tanto dos LEDs de saída quanto no Web Server acessado pelo *SmartPhone*.

Teste Completo com Montagem na Caixa

Com o conjunto instalado, foram realizados os testes de detecção de presença do ímã, a abertura da caixa e o teste de vibração. Em ambos os testes, os sensores atuaram e as informações foram enviadas para o servidor.

Com a realização do teste do conjunto, foi possível validar a funcionalidade dos sensores para detecção das principais fraudes, conforme Figura 10 (informações do gráfico de Pareto de tipologia de fraude). Em seguida, serão instalados em campo para avaliação de performance em condição real de aplicação.

6.2 Viabilidade Financeira

Para o cálculo da viabilidade financeira foram utilizadas premissas contidas do Plano de Perdas da concessionária em questão. Usaram-se métricas relacionadas à operação de combate às perdas e métricas financeiras que refletem o custo dessa operação. O detalhamento de cada premissa utilizada encontra-se nos itens abaixo:

- Quantidade de Inspeções: Quantidade de inspeções a serem realizadas. A inspeção no padrão de medição é a primeira etapa de campo após o trabalho prévio de inteligência.
- Quantidade de Normalizações: Quantidade de normalizações a serem realizadas. A normalização ou regularização ocorre após a inspeção, quando é detectada uma irregularidade.
- Quantidade de Equipes: Quantidade de equipes necessárias para realização das inspeções.
- Inspeção/mês: Quantidade de inspeções realizadas por uma equipe durante um mês.
- Efetividade: Relação entre Normalizações e Inspeções. Indica o quão efetiva estão a estratégia e a inteligência para detecção de irregularidades.
- Redução de Custo: Redução de custo em função da redução de equipes, devido ao aumento da efetividade após a instalação dos sensores.

Para realização do cálculo da viabilidade foram levantadas as premissas contidas na Tabela 18, que são constantes e definidas no Plano de Perdas da concessionária em questão.

Para análise de viabilidade, foi utilizado o universo de clientes comerciais, aqueles com maior consumo em que será priorizada a aplicação do projeto. As quantidades de Inspeções e Normalizações são definidas no plano de perdas e correspondem à quantidade a serem realizadas para atingir os objetivos de redução de perdas. A quantidade de equipes corresponde à necessidade de equipes de campo para se atingirem as inspeções e as normalizações previstas. O custo equipe/mês é o custo da equipe, composto por mão de obra, veículo, equipamentos e ferramentas.

A efetividade atual corresponde à relação entre as normalizações realizadas (em função das irregularidades encontradas) e as inspeções. Quanto mais alta, maior a eficiência da concessionária no combate às perdas. As inspeções e as normalizações por equipe correspondem à produtividade por dia das equipes na execução de inspeções e normalizações.

Especificação Premissas	Dados	Valores Previsto
Plano de Perdas (Campos)	Quantidade de Inspeções Comercio (Qtde)	10.663
	Quantidade de Normalizações Comercio (Qtde)	4.683
	Equipes Inspeção Comercial (Qtde)	9
	Custo Equipes/Mês (R\$)	38.000
	Efetividade Atual (%)	25%
	Quantidade de Inspeções/equipe Atual (Qtde)	8
	Quantidade de Normalizações/Equipe Atual (Qtde)	2

Tabela 18: Premissas

Fonte: Elaboração própria

Na tabela 19, o cálculo de redução de equipes, em função da melhor efetividade do sensor. Foi considerada uma efetividade do sensor em 75%, ou seja, 75% das inspeções direcionadas em função dos alarmes do sensor, resultam em caso de irregularidade a ser normalizada pela equipe. Em relação às métricas de quantidade de inspeções e normalizações por equipe, foram adequadas para cenário de efetividade a 75%, ou seja, o volume de inspeções por equipe reduz (devido ao tempo das normalizações) e o volume de normalizações equipe aumenta. Com o aumento da produtividade da equipe, calculou-se a nova quantidade de equipes, necessárias para realizar a mesma quantidade de normalizações.

Especificação Premissas	Dados	Valores Previsto
Projeção	Efetividade Sensor (Qtde)	75%
	Quantidade de Inspeções/Equipe Sensor (Qtde)	6
	Quantidade de Normalizações/Equipe Sensor (Qtde)	4,5
	Quantidade Equipes Sensor (Qtde)	4
	Redução de Equipes (Qtde)	5

Tabela 19: Premissas viabilidade financeira

Fonte: Elaboração própria

Após o cálculo de redução de equipes, foi realizada a projeção financeira comparando os custos sem aplicação do projeto e com aplicação. Na tabela 20, encontra-se a projeção dos custos até 2026. Para o cálculo, foi considerada a instalação dos sensores em um ano (2022) e benefícios a partir de 2023.

Sem Sensor	2022	2023	2024	2025	2026	TOTAL
Equipes (Qtde)	9	9	9	9	9	9
Custo Equipe (R\$)	38.000	38.000	38.000	38.000	38.000	38.000
Custo Total (R\$)	4.104.000	4.104.000	4.104.000	4.104.000	4.104.000	8.208.000
Quantidade Normalizações (Qtde)	4.683	4.683	4.683	4.683	4.683	14.049
Com Sensor	2022	2023	2024	2025	2026	TOTAL
Equipes (Qtde)	9	4	4	4	4	4
Custo Equipe (R\$)	38.000	38.000	38.000	38.000	38.000	38.000
Custo Total (R\$)	4.104.000	1.824.000	1.824.000	1.824.000	1.824.000	3.648.000
Quantidade Normalizações (Qtde)	4.683	4.683	4.683	4.683	4.683	14.049

Tabela 20: Projeção dos custos até 2026

Fonte: Elaboração própria

Considerando os parâmetros e os cálculos realizados na Tabela 20, calculou-se como valor limite do sensor (Produto e mão de obra de instalação), chegando a R\$ 244 como valor máximo, ou seja, qualquer valor abaixo do limite torna o projeto viável. Esse valor foi obtido a partir do cálculo da redução de custo em dois anos após aplicação do projeto. O custo máximo foi obtido da razão entre o valor total de redução de custo e a quantidade de sensores a ser instalada. Na tabela 21, segue estimativa de custo do projeto.

Target Cost Sensor e Mão de Obra Inst.	
Instalação Sensores	18.732
Redução Custo Projeto	4.560.000
Custo Unitário (R\$)	243,43

Tabela 21: Estimativa de custo da solução

Fonte: Elaboração própria

Em relação à estimativa de custo da instalação do sistema de sensoriamento, considerando material e mão de obra, foi segmentado cada item do projeto. Na tabela 22,

encontra-se a segmentação dos custos. O custo dos materiais foi levantado com base na média de venda de mercado. É importante destacar que os valores correspondem aos módulos de testes e que, considerando a compra dos componentes em si, associado a escala de produção, o valor tende a ser menor. A mão de obra foi calculada considerando o custo de uma equipe (referência da concessionária em questão) sobre a produtividade de instalações do sistema de sensoriamento. Foram consideradas dez instalações por dia.

Modulo	Estimativa Valores (R\$)
Sensor Fim de Curso	R\$9,00
Sensor Magnético	R\$15,00
Sensor Vibração	R\$15,00
Microcontrolador	R\$49,00
Modulo de Comunicação	R\$25,00
Mão de Obra	R\$130,00
Total	R\$243,00

Tabela 22: Estimativa de custo sensor

Fonte: Elaboração própria

Considerando as premissas utilizadas e o *target cost* calculado, foi realizada a viabilidade financeira do projeto. Para isso, foi projetado o fluxo de caixa e calculadas as métricas TIR (taxa de retorno), VPL (Valor presente líquido), Índice de rentabilidade e PayBack (tempo de retorno), conforme apresenta-se na Figura 42.



 Mestrado em Sistemas Aplicados à Engenharia e Gestão		 ORÇAMENTO 2021 - 2022 SIMULADOR PARA PROJETOS DE INVESTIMENTO EM DISTRIBUIÇÃO				
FLUXO DE CAIXA (R\$ mil)	VPL	2022	2023	2024	2025	2026
Redução de Custo (redução de equipes)	18.389	-	2.280	2.280	2.280	2.281
Energia Adicionada (Redução de reincidência)		-	-	-	-	-
Capex (antes da capitalização e impostos)	(4.327)	(4.560)	-	-	-	-
Fluxo de Caixa do Projeto	14.062	(4.560)	2.280	2.280	2.280	2.281
TIR	50,01%					
VPL (R\$ Mil)	14.062					
Payback (anos)	2,00					

Figura 42: Resultado de cada indicador

Fonte: Elaboração própria

Analisando o *target cost*, estimativa de custo e métricas financeiras, pode-se avaliar pela viabilidade positiva do projeto e Payback em dois anos.

6.3 Aplicação dos Sensores no Processo de Combate às Perdas

Com a definição do conjunto de sensores, foi ajustado o fluxo do processo de Inspeções e Normalização para combate as perdas. O processo de inspeção visa a assegurar que o padrão de medição está funcionando corretamente e que não está ocorrendo perda de energia na medição. Quando uma irregularidade é encontrada, é realizada a normalização, a qual consiste em realizar as tarefas para que o padrão de medição volte a normalidade. Dentre as atividades realizadas na normalização, encontram-se: substituição de medidores, substituição de ramal, substituição de caixa de medição.

No fluxo apresentado na Figura 49, encontram-se as etapas de inspeção e normalização, já com a atividade de aplicação dos sensores, que ocorre após a normalização, antes de realizar o fechamento da caixa de medição. Após instalados os sensores, a equipe verifica a comunicação deles junto ao centro de operação da medição e finaliza o serviço.

Essa aplicação, após a normalização, visa a evitar a reincidência de fraude e, desse modo, garantir o resultado da energia adicionada após a normalização.

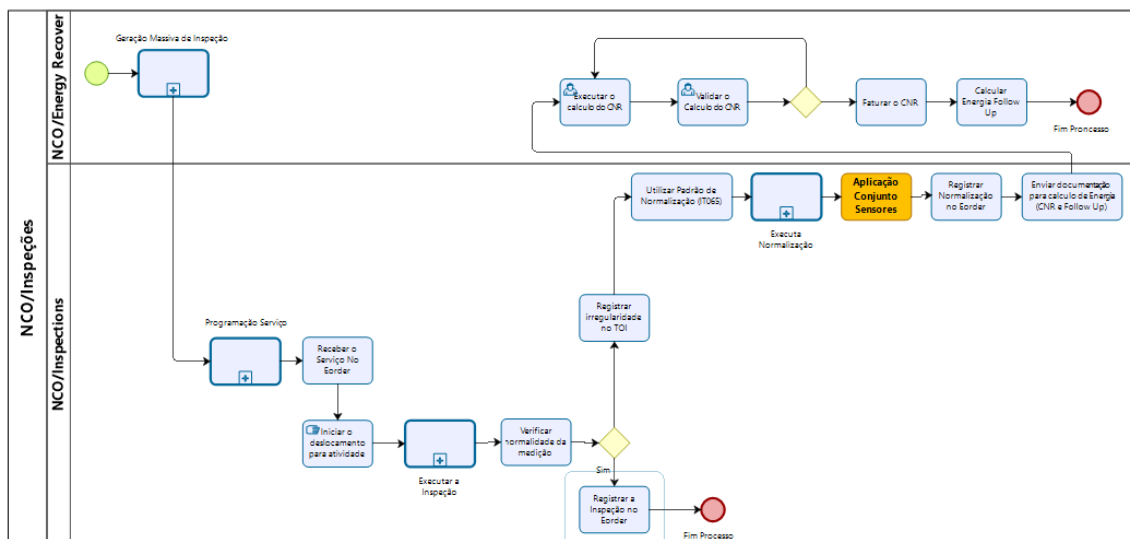


Figura 43: Processo de aplicação dos Sensores

Fonte: Elaboração própria

7 CONCLUSÃO

Este trabalho teve por objetivo avaliar a viabilidade técnica e financeira da aplicação de sete tipos de sensores na detecção de tentativas de fraude na caixa de medição em uma distribuidora de energia elétrica. Pode-se observar que, mediante a utilização do *Design Thinking* e de métodos ágeis, foi possível realizar o desenvolvimento do sensoriamento e atender os requisitos específicos do cliente. A utilização do modelo V no desenvolvimento contribuiu e garantiu o atendimento dos requisitos da entrega final. No desenvolvimento foram avaliados sete sensores, bem como a utilização do microcontrolador ESP8266 e concluiu-se, por meio da análise técnica e da matriz de requisitos, que os sensores a seguir atenderam os requisitos mapeados: Sensor fim de curso mecânico, sensor magnético e sensor de vibração. Além disso, foi possível certificar a funcionalidade do processamento do sinal por meio do microcontrolador ESP 8266. A utilização em conjunto dos sensores e microcontrolador promoveu assertividade na detecção de diferentes tentativas de fraude, bem como foi possível processar o sinal e transmiti-lo para longas distancias.

Concluiu-se que os sensores a seguir não atenderam os requisitos técnicos de viabilidade, mapeados na Matriz de Requisitos: Sensor Indutivo, Sensor de Presença PIR, Sensor magnético Reed Switch, Sensor de obstáculo Infra Vermelho.

Com base na utilização dos parâmetros contidos no Plano de Perdas da concessionária e projeção da redução de custo com a aplicação do projeto, foi possível calcular o preço alvo do produto. Esse valor foi comparado com a estimativa de custo e conclui-se que o preço alvo está acima da estimativa, apontando viabilidade para o projeto. Além disso, calculou-se o Payback do projeto, que resultou em dois anos, reforçando a viabilidade financeira do projeto.

Conclui-se, com base no levantamento bibliográfico e referência de trabalhos realizados, apresentados no capítulo três, que foi possível desenvolver um sistema de sensoriamento de fraude, inovador e na hipótese de aplicação, os resultados apresentam potencial para redução das perdas.

Como possibilidade de trabalhos futuros, destaca-se a aplicação de novos sensores para detecção de outras grandezas relacionadas a fraude de energia, por exemplo, sensores de corrente. Como oportunidade para o negócio de distribuição, podem-se agregar outras informações a serem transmitidas para distribuidora, como falta de energia, medidor queimado, entre outras.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Marcos Antônio Souza; OLIVEIRA, Wilson Couto; DANTAS, Pedro Roberto Paiva. Redução de perdas de energia elétrica na COELBA—Estratégias e Resultados Pós Privatização. V **CIERTEC**, Maceió—AL, 2004.

ALDAWIRA, Cornelio Revelivan *et al.* Door security system for home monitoring based on ESP32. **Procedia Computer Science**, v. 157, p. 673-682, 2019.

ANEEL. Perdas de Energia Elétrica na Distribuição. [s.l.] **Agência Nacional de Energia Elétrica**, jan. 2019. Disponível em:

<https://www.aneel.gov.br/documents/654800/18766993/Relat%C3%B3rio+Perdas+de+Energia+Edi%C3%A7%C3%A3o+1-2019-02-07.pdf/d7cc619e-0f85-2556-17ff-f84ad74f1c8d>.

Acesso em: 20 set. 2020.

BADEWI, Amgad. The impact of project management (PM) and benefits management (BM) practices on project success: Towards developing a project benefits governance framework. **International Journal of Project Management**, v. 34, n. 4, p. 761-778, 2016.

BARBOSA, Fabio José Marques *et al.* Visualização da Informação e Métodos Visuais como Ferramentas Estratégicas para o Gerenciamento de projetos. **Gestão e Projetos: GeP**, v. 9, n. 1, p. 102-114, 2018.

BROWN, T. **Change by design**. New York: Harper Business, 2009.

CAKMAKCI, M. Interaction in Project Management Approach Within Industry 4.0. *In*: TROJANOWSKA, J. *et al.* (eds.). **Advances in Manufacturing II**. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Cham: Springer International Publishing, 2019. p. 176–189.

CORCHAK, Carlos Augusto Kravicz; GASQUES, Ana Carla Fernandes. Proposição e aplicação de um modelo de gerenciamento de projetos em uma empresa de consultoria. **Gepros: Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, v. 15, n. 3, p. 285, 2020.

DORST, K. The core of ‘design thinking’ and its application. **Design Studies**, v. 32, n. 6, p. 521–532, nov. 2011.

DURÃES, L. M. P. **Desenvolvimento e Aplicação de um Modelo de Suporte à Validação de Ideias de Negócio Baseadas em Novos Produtos ou Serviços**. Portugal: Universidade do Minho - Escola de Engenharia, 2019.

DZIOBCZENSKI, P. R. N. *et al.* Inovação através do design: princípios sistêmicos do pensamento projetual. **Design & Tecnologia**, v. 2, n. 3, p. 54-63, 2011.

FARIA, Lucas Teles de. **Estimação espaço-temporal das perdas não técnicas no sistema de distribuição de energia elétrica**. 2016. 158 f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2016.

FINOCCHIO, J. J. **Project Model Canvas**. 1. ed. [s.l.]: Elsevier Brasil, 2013.

FODOR, A.; JANO, R.; FIZEŞAN, R. T. Characterization of the V-model approach in thermal design process. *In: 2019 IEEE 25th International Symposium for Design and Technology in Electronic Packaging (SIITME)*. IEEE, 2019. p. 367-370.

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo. **Métodos de Pesquisa**. 1. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2009.

HODA, R.; MURUGESAN, L. K. Multi-level Agile Project Management Challenges: A Self-Organizing Team Perspective. **Journal of Systems and Software**, v. 117, p. 245–257, jul. 2016.

HOLLOWAY, Matthew. How tangible is your strategy? How design thinking can turn your strategy into reality. **Journal of Business Strategy**, v. 30, n. 2-3, p. 50-56, 2009.

HUBACK, Vanessa Barroso da Silva. **Medidas ao Combate à Perdas Elétricas Não Técnicas em Áreas com Severas Restrições à Operação de Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica**. Rio de Janeiro, RJ, Brasil: COOPE UFRJ, fev. 2018.

MEDEIROS, F. B. de *et al.* Senseboard: A Touchless Input Device for Hand Motion Detection. 2018 20th Symposium on Virtual and Augmented Reality (SVR). **Anais...** In: 2018 20TH SYMPOSIUM ON VIRTUAL AND AUGMENTED REALITY (SVR). Foz do Iguaçu, Brazil: IEEE, out. 2018. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8802481/>. Acesso em: 20 fev. 2022.

MEDEIROS, B. C.; SILVA, R. R. da. Gestão Visual em Projetos: Analisando os modelos de canvas à luz do Guia PMBOK®. **Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade**, v. 6, p. 1-10, 2017.

MOHER, D.; LIBERATI, A.; TETZLAFF, J. Principais itens para relatar Revisões sistemáticas e Meta-análises: A recomendação PRISMA. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 24, n. 2, p. 335–342, jun. 2015.

MOREIRA, T. C. Design Thinking: Incorporando a perspectiva do cliente em processos e serviços. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO. p. 62, 2018.

OGU, R. E.; CHUKWUDEBE, G. A. Development of a cost-effective electricity theft detection and prevention system based on IoT technology. *In: 2017 IEEE 3rd International Conference on Electro-Technology for National Development (NIGERCON)*. p. 756-760, IEEE, 2017.

OLIVEIRA, Stefano Petrini; MUNIZ JÚNIOR, Jorge. Aplicação do scrum em serviços: análise em uma fabricante de aeronaves. **Revista Produção Online**, v. 15, n. 1, p. 276-294, 2015.

PENIN, Carlos Alexandre de Sousa. **Combate, prevenção e otimização das perdas comerciais de energia elétrica**. 2008. 227 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

SABBAG, Paulo Yazigi. **Criação e Viabilidade de Projetos e Gerenciamento de Projetos: Gerenciamento de Projetos e Empreendedorismo (customizado)** / Paulo Yazigi Sabbag. – São Paulo : Saraiva, 2013

SABBAGH, R. **Scrum: Gestão Ágil para Projetos de Sucesso**. 1 ed. São Paulo: Casa do Código, 2013.

SILVA, Anielson Barbosa da; GODOI, Christiane Kleinübing; MELLO, Rodrigo Bandeira de. **Pesquisa Qualitativa em Estudos Organizacionais**. 2. ed. São Paulo: Saraiva Educação S.A., 2010.

SOUSA, J. C. A. **Estudo Comparativo das Metodologias Ágeis e PMBOK**. Portugal: Instituto Politécnico de Viseu, 2018.

SUN, Hui; WU, Qiong. Detection algorithm of regional peak motion based on acceleration sensor. **Computer Communications**, v. 154, p. 173-179, 2020.

APÊNDICE 1

Script teste de acionamento e comunicação dos quatro sensores

```
*****BOOT*****  
# This file is executed on every boot (including wake-boot from deepsleep)  
  
#import esp  
  
#esp.osdebug(None)  
  
import uos, machine  
  
#uos.dupterm(None, 1) # disable REPL on UART(0)  
  
import gc  
  
#import webrepl  
  
#webrepl.start()  
  
gc.collect()  
  
try:  
    import usocket as socket  
except:  
    import socket  
  
from machine import Pin  
from time import sleep  
import network  
  
import esp  
esp.osdebug(None)
```

```
import gc
gc.collect()

ssid = 'Galaxy A30s2FCC'
password = 'gvpn1122'

station = network.WLAN(network.STA_IF)

station.active(True)
station.connect(ssid, password)

while station.isconnected() == False:
    pass

print('Connection successful')
print(station.ifconfig())

led = Pin(5, Pin.OUT)
led2 = Pin(16, Pin.OUT)
led3 = Pin(4, Pin.OUT)
led4 = Pin(3, Pin.OUT)
sens = Pin(0, Pin.IN)
sens2 = Pin(2, Pin.IN)
sens3 = Pin(13, Pin.IN)
sens4 = Pin(12, Pin.IN)

*****MAIN*****

def web_page():
    if led.value() == 1:
        gpio_state="ON"

    if led.value() == 0:
        gpio_state="OFF"
```

```
if led2.value() == 1:
```

```
    gpio_state2="ON"
```

```
if led2.value() == 0:
```

```
    gpio_state2="OFF"
```

```
if led3.value() == 1:
```

```
    gpio_state3="ON"
```

```
if led3.value() == 0:
```

```
    gpio_state3="OFF"
```

```
if led4.value() == 1:
```

```
    gpio_state4="ON"
```

```
if led4.value() == 0:
```

```
    gpio_state4="OFF"
```

```
html = """<html><head> <title>ESP Web Server</title><meta http-equiv="refresh"
content="1"><meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1">
<link rel="icon" href="data:,"> <style>html{font-family: Helvetica; display:inline-block;
margin: 0px auto; text-align: center;}
h1{color: #0F3376; padding: 2vh;}p{font-size: 1.5rem;}.button{display: inline-block;
background-color: #e7bd3b; border: none;
border-radius: 4px; color: white; padding: 16px 40px; text-decoration: none; font-size: 30px;
margin: 2px; cursor: pointer;}
.button2{background-color: #4286f4;}</style></head><body> <h1>ESP Web Server</h1>
<p>GPIO state: <strong>"""+ gpio_state + """"</strong></p><p>GPIO2 state: <strong>"""+
gpio_state2 + """"</strong></p><p>GPIO3 state: <strong>"""+ gpio_state3 +
""""</strong></p><p>GPIO4 state: <strong>"""+ gpio_state4 +
""""</strong></p></body></html>""""
return html
```

```
s = socket.socket(socket.AF_INET, socket.SOCK_STREAM)
s.bind(('', 80))
s.listen(5)
```

```
while True:
    conn, addr = s.accept()
    print('Got a connection from %s' % str(addr))
    request = conn.recv(1024)
    request = str(request)
    print('Content = %s' % request)
    sr = sens.value()
    sr2 = sens2.value()
    sr3 = sens3.value()
    sr4 = sens4.value()
    if sr == 1:
        print('LED ON')
        led.value(1)

    if sr == 0:
        print('LED OFF')
        led.value(0)

    if sr2 == 1:
        print('LED2 ON')
        led2.value(1)

    if sr2 == 0:
        print('LED2 OFF')
        led2.value(0)

    if sr3 == 1:
        print('LED3 ON')
        led3.value(1)
```

```
if sr3 == 0:
    print('LED3 OFF')
    led3.value(0)

if sr4 == 1:
    print('LED4 ON')
    led4.value(1)

if sr4 == 0:
    print('LED4 OFF')
    led4.value(0)

response = web_page()
conn.send('HTTP/1.1 200 OK\n')
conn.send('Content-Type: text/html\n')
conn.send('Connection: close\n\n')
conn.sendall(response)
conn.close()
```


APÊNDICE 2

***Design Thinking* (Criação do produto)**

Design Thinking é uma nova metodologia para lidar com problemas em muitas profissões, mais notavelmente Tecnologia da Informação (TI) (por exemplo, Brooks, 2010) e Negócios (por exemplo, Martin, 2009) (DORST, 2011; MOREIRA, 2018).

Reunida em um conjunto de técnicas e ferramentas, essa abordagem se consolidou como uma metodologia de gestão para resolução de problemas com foco no ser humano – o *Design Thinking*, que despertou interesse das empresas ao se apresentar como uma alternativa para equilibrar os interesses financeiros e comerciais com as necessidades de seus clientes, gerando soluções com alto potencial de inovação nos processos, produtos e serviços das empresas que o utilizam (BROWN, 2009; MOREIRA, 2018).

Esse contexto levou as empresas a recorrerem cada vez mais a abordagem do Design, estendendo-se do desenvolvimento dos produtos a todo o processo de produção, se tornando uma ferramenta presente desde a concepção da estratégia até a forma como o produto ou serviço chega ao cliente (MARTINS, 2004). Dessa forma, o Design se tornou um fator de diferenciação para as empresas, desempenhando um importante papel no processo de inovação e na resolução de problemas (DZIOBCZENSKI *et al.*, 2011; MOREIRA, 2018).

Adotando a perspectiva de *Design Thinking* como uma prática, sua abordagem tem por premissa possibilitar que as empresas enxerguem seu negócio e pensem seus processos, produtos e serviços mediante a ótica do cliente, que vai além do viés econômico-comercial e tecnológico recorrente no pensamento tradicional de gestão (BROWN, 2010). Além disso, oferece uma série de técnicas que tornam mais tangíveis as informações captadas durante sua aplicação acerca das expectativas, necessidades e sentimentos dos clientes, o que confere à organização uma ferramenta para atualizar e alinhar sua estratégia interna e externamente (HOLLOWAY, 2009; MOREIRA, 2018).



Figura 44: Etapas Design Thinking

Gerenciamento de Projeto

Os projetos impactam de forma direta os níveis táticos e operacionais das empresas e estão além dos níveis de planejamento da organização. A implementação e o monitoramento sistemático de projetos são um desafio para essas organizações (BARBOSA *et al.*, 2018).

Um projeto é um esforço temporário para a criação de um produto ou serviço (PMI, 2013), em que recursos de uma variedade de áreas de habilidades distintas são reunidos para que um objetivo comum possa ser atingido (CAKMAKCI, 2019).

A gestão de projetos apresenta benefícios à organização por aumentar a eficácia do esforço humano e tem por finalidade organizar e gerenciar recursos de projeto, de acordo com a expectativa do cliente, concluindo o mesmo dentro dos termos de qualidade, tempo e restrições de custo (BADEWI, 2016; CAKMAKCI, 2019).

AREAS DO CONHECIMENTO GERENCIAMENTO DE PROJETO

A norma do PMBOK Guide reúne as melhores práticas reconhecidas para o gerenciamento de projetos. Ela é estruturada em 05 (cinco) grupos de processos e 10 (dez) áreas de conhecimento em gestão alinhadas a esses cinco grupos.

A figura 5 apresenta as dez áreas de conhecimento contendo os processos associados aos cinco grupos de processo no ciclo de vida do projeto. Em cada área de conhecimento há processos ligados ou à iniciação, ou ao planejamento, ou à execução, ou ao monitoramento e controle ou ao encerramento (SABBAG, 2013).

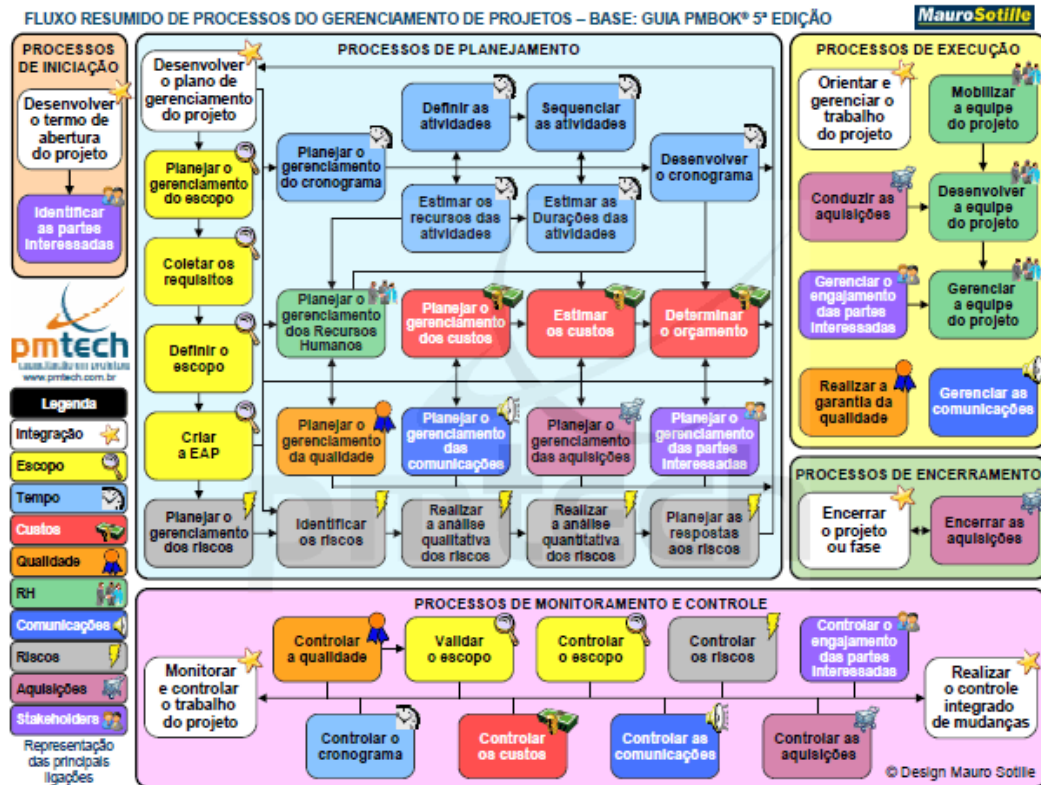


Figura 45: Processos Gerenciamento de Projeto

Fonte: D'ávila (2006).

Das áreas do conhecimento apontadas, serão destacadas aquelas exploradas com mais intensidade no trabalho em questão.

ESCOPO

O escopo do projeto é uma lista completa, mas não detalhada de atividades e entregáveis. Muitas vezes esse documento é acompanhado de uma descrição do produto do projeto, que o PMI denomina Escopo do Produto. Ele pode ser um memorial descritivo ou uma especificação técnica e/ou funcional (SABBAG, 2013).

MATRIZ DE REQUISITO

O primeiro processo listado no PMBOK Guide na área de conhecimento “escopo” é a coleta de requisitos. Estes são a condição ou capacidade que um sistema, produto, resultado ou componente deve possuir para satisfazer aquele que demanda o projeto. Coletar requisitos envolve entrevistar quem demanda o projeto, traduzindo suas demandas em um conjunto de

frases objetivas, claras e consistentes. Evidentemente, servem para tangibilizar quaisquer aspectos intangíveis demandados. Os requisitos podem incluir os negócios, o projeto e os produtos do projeto (SABBAG, 2013).

WBS

A equipe responsável pelo planejamento precisa organizar o escopo de tal modo que seja fácil acrescentar novas atividades ou detalhar cada macroatividade. A técnica para organizar componentes do escopo do projeto é chamada de EAP – Estrutura Analítica do Projeto.

Esse processo requer um *Breckdown*, ou seja, a ideia não é agrupar atividades correlatas para formar o escopo e sim quebrar ou repartir o trabalho. Desmembrar o todo em partes, de cima para baixo, e não agrupar as atividades do mesmo tipo, de baixo para cima, para formar o todo. Portanto, é uma técnica que requer a visão sistêmica do projeto.

Há dois modos de apresentar o escopo do projeto na EAP: o modo pictórico, na forma de uma árvore invertida, e o modo lista enumerada. Cada indivíduo tem uma preferência e deve segui-la para obter o melhor resultado.

A figura 6 apresenta um exemplo de EAP na forma de árvore. Note que, em cada ramo, a última etiqueta envolve o gerenciamento do projeto (SABBAG, 2013).

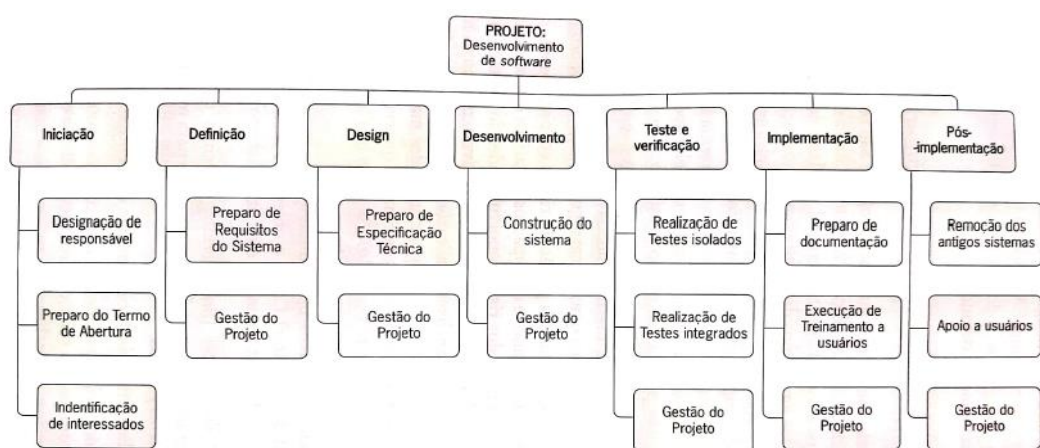


Figura 46: Exemplo de EAP

MATRIZ DE RISCO

Riscos são inerentes a qualquer projeto. São os principais causadores de crises, acidentes, mudanças e insucessos na execução dos projetos. O Plano de Gestão de Riscos fornece respostas em termos de estratégias de execução, de contratação e de comunicação, portanto, soma diversas atividades ao escopo do projeto.

No sentido de mapear os riscos e avaliar as oportunidades atreladas a eles, primeiro são identificados todos os riscos possíveis, mesmo os improváveis. Depois são efetuadas análises qualitativas e quantitativas, para selecionar os riscos/oportunidades mais severos. Para identificar riscos/oportunidades, são recomendadas as técnicas a seguir (SABBAG, 2013):

- *Brainstorming*: técnica de livre associação de ideias que atenua o julgamento crítico para maximizar a quantidade de ideias geradas.
- Análise crítica da documentação existente sobre o projeto.
- Entrevistas: técnica para aferir tolerâncias de interessados e afetados.
- Identificação de causa raiz: usa técnicas como Diagrama de Ishikawa ou técnica de relações de causa e efeito de cada risco percebido.
- Análise SWOT: Forças, Fraquezas, Oportunidades e Ameaças – útil porque cada um dos quatro fatores representa, na verdade, riscos/oportunidades.
- Análise de cenários: otimista, neutro e pessimista.

Há diversos tipos de riscos:

- Riscos externos imprevisíveis: ameaças da natureza, condições de clima.
- Riscos Externos previsíveis: flutuações de demanda e oferta.
- Riscos internos, não técnicos: cultura organizacional, modelo de gestão.
- Riscos técnicos: mudanças tecnológicas.