



**Universidade de Brasília - UnB
Faculdade UnB Gama - FGA
PROJETO INTEGRADOR DE ENGENHARIA 2**

DISPOSITIVO PARA ANÁLISE DE TUBULAÇÕES

Ana C. Carvalho, Felipe Soares, Filipe Alves, Gustavo H. Yabuki, Ícaro Pires, Jean de Andrade, João R. Santos, Margreicy L. Marinho, Max H. Barbosa, Rávela F. S. Dantas, Thompson Moutinho, Victor Santos, Vinicius Ferreira

Orientadores: Alex Reis, Jose Felicio, Rhander Viana, Ricardo Matos, Paolo Gessini

**Brasília, DF
2020**



Ana C. Carvalho, Felipe Soares, Filipe Alves, Gustavo H. Yabuki, Ícaro Pires, Jean de Andrade, João R. Santos, Margreicy L. Marinho, Max H. Barbosa, Rávela F. S. Dantas, Thompson Moutinho, Victor Santos, Vinicius Ferreira

Dispositivo para Análise de Tubulações

Relatório técnico referente ao projeto Dispositivo
para análise de Tubulações, no âmbito da disciplina
Projeto Integrador de Engenharia 2

Universidade de Brasília - UnB

Faculdade do GAMA - FGA

Orientadores: Alex Reis, Jose Felicio, Rhander Viana, Ricardo Matos, Paolo Gessini

Brasília, DF
2020

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Logo	9
Figura 2 - Tipos de Boca de Lobo	10
Figura 3 - Poço de Visita	11
Figura 4 - Posicionamento típico das bocas de lobo (BL) e dos poços de visita (PV) na rede de drenagem	11
Figura 5 - Retenção de lixo devido a exposição da armadura de ferro	12
Figura 6 - Poço de visita com assoreamento	13
Figura 7 - Cronograma para o PC1	28
Figura 8 - Cronograma para o PC2	29
Figura 9 - Cronograma para o PC3	29
Figura 10 - Diagrama lógico do sistema embarcado	45
Figura 11 - Duto de drenagem do solo	50
Figura 12 - Chassi de alumínio	51
Figura 13 - Vista lateral do OlhaDuto	51
Figura 14 - Mecanismo da câmera do OlhaDuto	52
Figura 15 - Vista isométrica do OlhaDuto	52
Figura 16 - Base de recarga do OlhaDuto	53
Figura 17 - Visão geral da arquitetura	58
Figura 18 - Exemplo de segmentação de imagem para detecção de rachadura	59
Figura 19 - EAP Organização	66
Figura 20 - EAP Estrutura	67
Figura 21 - EAP Alimentação	68
Figura 22 - EAP Controle-Software	69
Figura 23 - EAP Controle-Eletrônica	70
Figura 24 - EAP Controle-Documentação	71
Figura 25 - Tela de login	72
Figura 26 - Tela de menu principal	72
Figura 27 - Tela de cadastro	73
Figura 28 - Tela de histórico	73
Figura 29 - Tela de configurações	73
Figura 30 - Tela de recuperar senha	74
Figura 31 - Tela de atalhos do sistema	74
Figura 32 - Tela de iniciar inspeção com infravermelho e plataforma desconectados	74
Figura 33 - Tela de iniciar inspeção com infravermelho e plataforma conectados	75
Figura 34 - Tela de iniciar inspeção, ajuste de iluminação	75
Figura 35 - Tela de inspeção iniciada	75
Figura 36 - Tela de adicionar comentario em frame específico	76
Figura 37 - Tela de para inspeção	76
Figura 38 - Tela de relatório da inspeção	76
Figura 39 - Tela de sair sem gerar relatório	77
Figura 40 - Tela de relatório salvo	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Requisitos funcionais do módulo de controle	17
Tabela 2 - Requisitos não funcionais do módulo de controle	18
Tabela 3 - Requisitos funcionais para o módulo de Machine Learning.....	18
Tabela 4 - Requisitos não funcionais para o módulo de Machine Learning	19
Tabela 5 - Requisitos funcionais para o módulo de relatórios	20
Tabela 6 - Requisitos não funcionais para o módulo de relatórios	21
Tabela 7 - Requisitos funcionais do módulo de autenticação	21
Tabela 8 - Equipe e responsabilidades	26
Tabela 9 - Orientadores do projeto	27
Tabela 10 - Ferramentas e propósito	27
Tabela 11 - Custos preliminares	30
Tabela 12 - Análise SWOT	33
Tabela 13 - Descrição de riscos	34
Tabela 14 - Mapeamento de processos eletrônicos	42
Tabela 15 - Matriz de decisão - Microcontrolador/Microprocessador	44
Tabela 16 - Influência de pesos para os critérios da matriz de decisão	44
Tabela 17 - Matriz de decisão material	48
Tabela 18 - Matriz de decisão elemento tratativo	48
Tabela 19 - Matriz de decisão vedação	49
Tabela 20 - Matriz de decisão design	50
Tabela 21 - Critérios para decisão do controle da plataforma	54
Tabela 22 - Pesos a serem distribuídos por critério	54
Tabela 23 - Matriz de decisão para controle da plataforma móvel	55
Tabela 24 - Lista É/NÃO É	72

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	8
2.	TERMO DE ABERTURA	9
2.1.	Descrição do projeto	9
2.2.	Problema	10
2.2.1.	Sistemas de drenagem pluvial	10
2.2.2.	Bocas de Lobo	10
2.2.3.	Condutores de ligação	11
2.2.4.	Poços de visita	11
2.2.5.	Patologias em sistemas de galerias pluviais	11
2.2.6.	Desgastes Superficiais	12
2.2.7.	Erosão por Abrasão	12
2.2.8.	Fissuras	12
2.2.9.	Desgaste por Assoreamento	13
2.2.10.	Impactos gerados pela falha do sistema de escoamento pluvial	13
2.3.	Justificativa	13
2.4.	Objetivos	14
2.4.1.	Objetivos Gerais	14
2.4.2.	Objetivos Específicos	14
3.	METODOLOGIA DO PROJETO	15
3.1.	Metodologias Ágeis	15
3.1.1.	Kanban	15
3.1.2.	Scrum	15
4.	REQUISITOS DO PROJETO	16
4.1.	Requisitos gerais	16
4.2.	Requisitos de Software	16
4.2.1.	Requisitos da aplicação	17
4.2.2.	Controle do veículo	17
4.2.3.	Machine Learning	18
4.2.4.	Módulo de Relatórios	20
4.2.5.	Módulo de Autenticação	21
4.2.6.	Tecnologias utilizadas	22
4.3.	Requisitos Eletrônicos	22
4.4.	Requisitos Estruturais	23
4.5.	Requisitos de Alimentação	23
4.6.	Premissas e Restrições	24
5.	GERENCIAMENTO DO PROJETO	25
5.1.	Recursos humanos	25
5.1.1.	Stakeholders	25
5.1.2.	Equipe e Responsabilidades	26
5.1.3.	Professores	27
5.2.	Comunicação	27
5.2.1.	Planejamento e monitoramento	27
5.2.2.	Ferramentas	27
5.2.3.	Atas de reuniões	27
5.3.	Tempo	27
5.3.1.	Cronograma	28
5.3.2.	Definição das atividades - EAP	30

5.4.	Aquisições	30
5.4.1.	Custos	30
5.4.2.	Orçamento	31
5.4.3.	Viabilidade financeira	31
5.5.	Riscos	32
5.5.1.	S.W.O.T	32
5.5.2.	Análise quantitativa dos riscos	33
5.5.3.	Planejamento de resposta aos riscos	33
5.5.4.	Riscos Negativos	33
5.5.4.1.	Prevenção	33
5.5.4.2.	Transferência	34
5.5.4.3.	Mitigação	34
5.5.4.4.	Aceitação	34
5.5.5.	Descrição dos riscos	34
5.6.	Gerência de Configuração de Software	39
5.6.1.	Ambiente de Desenvolvimento	39
5.6.2.	Releases e Pacotes	39
5.6.3.	Política de Branch	40
5.6.4.	Integração/Entrega contínua	40
5.6.5.	Folha de estilo	40
6.	PROPOSTA DE VIABILIZAÇÃO	42
6.1.	Solução do Sistema Embarcado	42
6.2.	Solução de Alimentação	47
6.3.	Solução de Estrutura	47
6.3.1.	Material do Chassi	47
6.3.2.	Elemento Trativo	48
6.3.3.	Vedação	49
6.3.4.	Design	49
6.3.5.	Justificativa	50
6.4.	Solução de Software	53
6.5.	Comunicação entre aplicação desktop e a plataforma móvel	57
6.5.1.	Conexão de rede	57
6.5.2.	Robotic Operating System (ROS)	57
6.6.	Arquitetura de Software	58
6.6.1.	Módulo de Machine Learning	59
6.6.2.	Módulo de Controle	59
6.6.3.	Módulo de Relatórios	59
7.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	60
8.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
9.	APÊNDICES	63
9.1.	Atas reuniões	63
9.1.1.	ATA REUNIÃO MICROSOFT TEAMS DIA 19/08 19:00	63
9.1.2.	ATA REUNIÃO MICROSOFT TEAMS DIA 21/08 19:00	63
9.1.3.	ATA REUNIÃO MICROSOFT TEAMS DIA 25/08 19:00	63
9.1.4.	ATA REUNIÃO MICROSOFT TEAMS DIA 11/09 16:00	64
9.2.	EAP	65
9.3.	Lista é/Não é	72
9.4.	Protótipo de alta fidelidade da aplicação de Software	72

1. INTRODUÇÃO

A urbanização é o processo de agrupamento das características rurais de uma localidade ou região, para características urbanas. Usualmente este fenômeno está associado ao desenvolvimento da civilização e da tecnologia. Demograficamente, o termo denota a redistribuição das populações das zonas rurais para assentamentos urbanos.

Um sistema de águas pluviais é uma infraestrutura projetada para abrandar, coletar e remanejar o excesso de água da chuva, a fim de evitar enchentes ou danos causados por grandes volumes de água em uma determinada área[0].

O processo de urbanização gera uma série de alterações no sistema hídrico de uma cidade. Se não controladas adequadamente, essas alterações podem criar um ambiente de incertezas, diante dos riscos de alagamentos e inundações de chuvas[0].

Em paralelo, a pressão urbana pode forçar a ocupação de várzeas e áreas próximas aos corpos de água, reduzindo a área disponível para o escoamento de vazões de cheia. Têm se então a soma de dois efeitos simultâneos que colaboram para o agravamento de inundações: aumento da vazão e redução da área de escoamento[0].

A drenagem urbana é uma questão de alocação de espaço. O escoamento das águas pluviais acontece, existindo ou não um sistema de drenagem, e ocupa espaços disponíveis sejam estes adequados ou não. Manter o sistema de drenagem em boas condições de funcionamento é, portanto, ideal para garantir que o volume de água conduzido, fique armazenado nos locais corretos.

O sistema de inspeção aqui proposto, visa auxiliar os serviços de manutenção nas galerias pluviais por meio de inspeção visual para identificação de patologias nos canais de condução, a fim de informar aos operadores o tipo de patologia e o local de sua ocorrência, com o intuito de agilizar e reduzir os custos nas operações de reparo e desobstrução das galerias.

2. TERMO DE ABERTURA

Este capítulo apresenta uma visão geral do projeto.

2.1. Descrição do projeto

Para gerar identidade ao produto foi criada uma logo representada pela Figura 1.



Figura 1 – Logo. **Fonte:** Autor

Como planejamento estratégico para organizar e guiar a execução de ações dentro do projeto foi utilizado o 5W2H, uma sigla em inglês que ajuda a esclarecer questionamentos e sanar dúvidas sobre um problema ou tomar decisões.

- **What?** (O que?)

Sistema que seja capaz de fazer inspeção em dutos, para mostrar as características internas com o objetivo de prever falhas do sistemas por deformações estruturais ou por obstruções.

- **Why?** (Por que?)

Evitar falhas do sistema de escoamento, inundações e diminuir custos de manutenção e reparos.

- **Where?** (Onde?)

Em tubulões de concreto, de seção circular para água pluvial e esgoto sanitário.

- **When?** (Quando?)

Meados de agosto até o início de dezembro.

- **Who?** (Quem?)

Equipe composta por discentes, da Faculdade do Gama - Universidade de Brasília, que estão cursando a disciplina Projeto Integrador 2.

- **How?** (Como?)

Empregando ferramentas e conhecimentos relacionados às Engenharias (Aeroespacial, Automotiva, Eletrônica, Energia e Software). Trabalho com enfoque na estrutura, em um sistema de controle embarcado e em eficiência energética. Utilizando materiais leves e compactos na estrutura, um computador que se comunicará, por meio de cabo de Rede UTP, com uma placa Raspberry Pi, a qual estará conectada aos motores DC, sensores, câmera IR, no sistema de controle e uma bateria para alimentar o sistema. Realizando a aquisição e o processamento digital de imagens. Uso de programação para integrar os módulos e

possibilitar uma interface que proporcione conforto ao usuário. Projeto de um sistema móvel, leve (em comparação com as plataformas comerciais) e impermeável.

- **How much?** (Quanto?)

O custo total estimado foi de R\$ 4.450,00 conforme apresentado posteriormente em 6.4.1.

2.2. Problema

2.2.1. Sistemas de drenagem pluvial

Uma galeria pluvial é um conjunto de bocas coletoras, tubulações e dispositivos acessórios como poços de visita e caixas de ligação situadas normalmente abaixo do solo, destinada a captação e escoamento das águas pluviais. Segundo a NBR 8890/07 os dutos devem ser pré moldados em concreto armado ou simples, com junta rígida ou junta elástica tipo ponta e bolsa e macho e fêmea, podendo ter diâmetro variando entre 300 a 2000 mm [15].

Para o projeto e a execução destas tubulações, deve ser feito um levantamento de fatores que contribuirão para a geração de escoamento superficial, como áreas de drenagem e impermeabilidade, índices pluviométricos, características do solo e sua topografia.

A partir destes dados é possível definir a disposição dos elementos constituintes da rede de galerias pluviais, responsável por remanejar o fluxo de água acumulada em zonas de retenção natural, para locais onde a vazão e absorção são capazes de eliminar os riscos de alagamento.

2.2.1.1. Bocas de Lobo

São dispositivos que coletam as águas pluviais na superfície, geralmente junto às guias situadas ao longo das vias. São implementadas nos pontos mais baixos nos cruzamentos e, entre as interseções viárias com intervalos definidos em função das vazões de contribuição, considerando a largura máxima de alagamento admissível na via e a altura da guia como limite do nível da água. Os tipos mais comuns são representados na Figura 2:

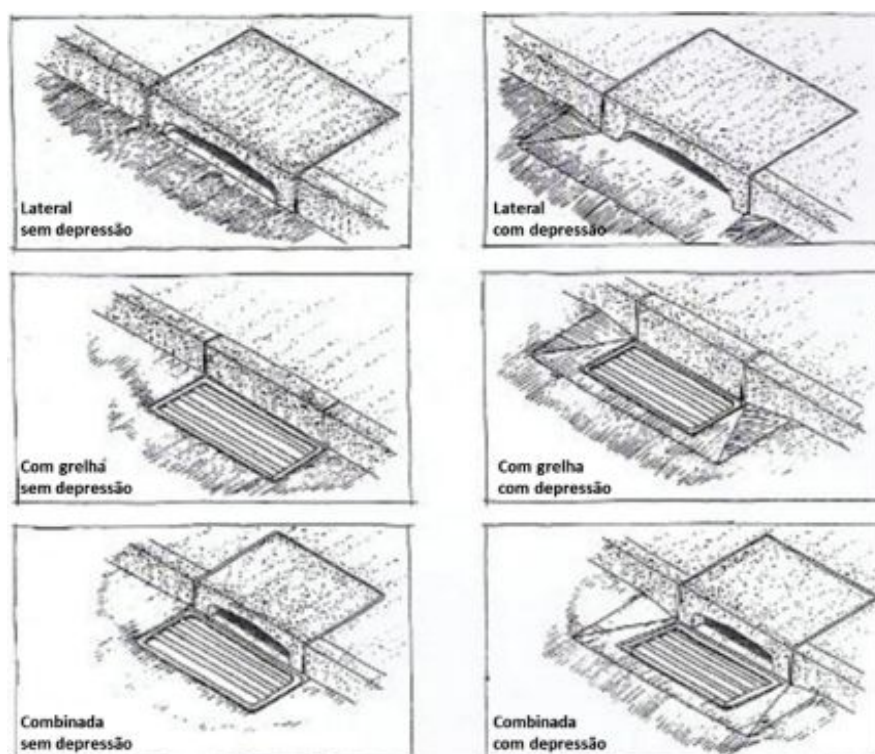


Figura 2 - Tipo de boca de lobo. **Fonte:** Mascaró apub Ebah, 2016.

2.2.1.2. Condutores de ligação

São as tubulações que interligam as captações (bocas de lobo) aos poços de visita. Usualmente tem diâmetro mínimo de 400 mm, sendo que, em todos os casos deverão ser dimensionados considerando a vazão de entrada nas bocas de lobo.

2.2.1.3. Poços de visita

São pontos de acesso subterrâneos, construídos em concreto ou alvenaria, que interligam trechos de rede e condutos de ligação. Com entrada na superfície fechada com um tampão metálico, ou de concreto, removível.

Uma de suas funções é possibilitar o acesso de equipamentos para limpeza e manutenção da rede. O espaçamento máximo entre poços de visita é limitado pelo alcance desses equipamentos e não deve exceder 60 m em áreas urbanizadas e 100 m em áreas não urbanizadas.

A Figura 3 representa um poço de visita em uma junção de condutores com diâmetros diferentes. Enquanto a Figura 4 apresenta uma vista aérea do esboço típico de posicionamento entre bocas de lobo e poços de visita em ruas ou avenidas urbanizadas.

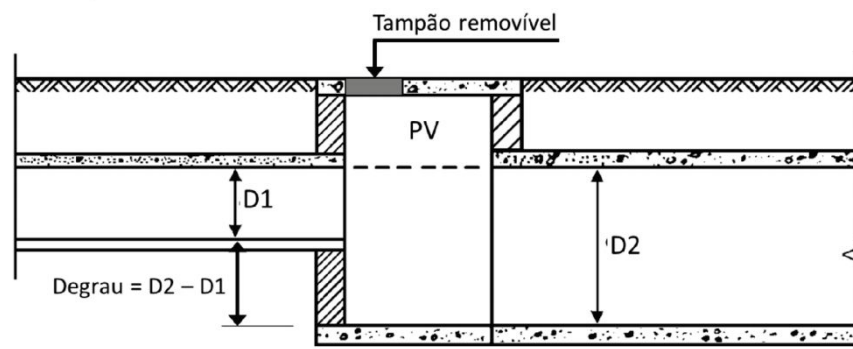


Figura 3 - Poço de Visita. Fonte: ADASA, 2018.

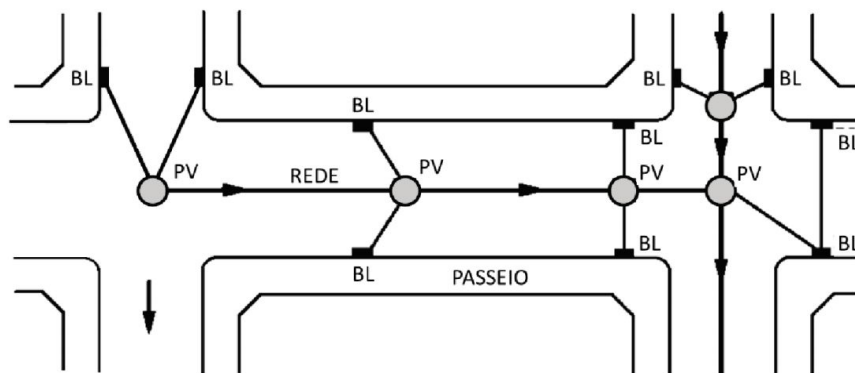


Figura 4 - Posicionamento típico das bocas de lobo (BL) e dos poços de visita (PV) na rede de drenagem. Fonte: ADASA, 2018.

2.2.2. Patologias em sistemas de galerias pluviais

O concreto utilizado na construção de galerias de águas pluviais é produzido seguindo critérios estruturais e condições operacionais, para que possa suportar cargas e sobrecargas por vários anos, sem se desgastar. Porém devido a uma variedade de fatores, como, as interações com o meio ambiente as estruturas sofrem danos, sendo que seu grau de deterioração está diretamente relacionado a estes fatores [3].

Neste ponto do trabalho serão abordadas as patologias mais encontradas nos sistemas de escoamento pluvial, com o objetivo de ilustrar as características e os efeitos físicos gerados na rede de tubulações.

2.2.2.1. Desgastes Superficiais

Tendo como causas principais a deterioração por erosão de abrasão e de cavitação, os desgastes superficiais das estruturas hidráulicas de concreto, de maneira geral, são definidos como a perda da seção do material a partir das superfícies expostas aos fenômenos de deterioração, podendo afetar a espessura total do elemento estrutural [2]

2.2.2.2. Erosão por Abrasão

A erosão do concreto por abrasão geralmente ocorre devido ao carregamento pela água de partículas sólidas, estes materiais são capazes de arrancar por fricção partículas dos condutores de concreto. A laje de piso e a parte inferior das galerias são as regiões estruturais mais afetadas pela erosão. Isso acaba contribuindo para o acúmulo de dejetos, pois, com o desgaste da superfície de concreto, as armaduras internas ficam expostas e visíveis acima do nível da água, conforme a Figura 5, retendo resíduos sólidos e escombros e reduzindo a velocidade de escoamento da água.



Figura 5 - Retenção de lixo devido a exposição da armadura de ferro. **Fonte:** Weber, 2012.

2.2.2.3. Fissuras

Podendo ocorrer devido a fatores externos e internos, as fissuras se não tratadas podem ocasionar a ruptura da galeria. Devido às condições internas dos condutores, sua identificação na fase inicial é de difícil realização e em fase avançada de propagação é necessário a substituição do trecho afetado antes da falha crítica e desabamento da galeria.

As principais causas para a ocorrência de fissuras são os carregamentos estruturais que ocorrem na superfície acima das galerias. As vias são projetadas para receber um determinado carregamento, e o excesso deste carregamento gera um peso acima do projetado para a via, e conseqüentemente, para a galeria abaixo desta via.

2.2.2.4. Desgaste por Assoreamento

O assoreamento pode ser definido como a obstrução por sedimentos, areia ou detritos de um canal por onde passe escoamento, conforme Figura 6. Podendo ser causado por embalagens de metal, plástico e papel, produtos orgânicos e inorgânicos. Atualmente, a maior causa de assoreamento nas galerias pluviais, são as sacolas plásticas, que são descartadas nas ruas e vão para dentro de bueiros e, conseqüentemente, para dentro das galerias de águas pluviais. Por fim este acúmulo impede o escoamento gerando acúmulo e inundações.



Figura 6 - Poço de Visita com assoreamento. **Fonte:** Weber, 2012.

2.2.3. Impactos gerados pela falha do sistema de escoamento pluvial

Conforme descrito na Codificação Brasileira de Desastres - COBRADE, 2012:

- Inundação é o processo em que ocorre submersão de áreas fora dos limites normais de um curso de água em zonas que normalmente não se encontram submersas. O transbordamento ocorre de modo gradual em áreas de planície, geralmente ocasionado por chuvas distribuídas e alto volume acumulado na bacia de contribuição.
- Os alagamentos são caracterizados pela extrapolação da capacidade de escoamento de sistemas de drenagem urbana e conseqüentemente de água em ruas, calçadas ou outras infraestruturas urbanas, em decorrência de precipitações intensas.

2.3. Justificativa

Como as instalações de condutores de galerias pluviais são subterrâneas, existe uma série de fatores que influenciam na conclusão e manutenção de projetos voltados a obras de drenagem de águas pluviais e sistemas de esgoto sanitário.

De acordo com a Associação Brasileira dos Fabricantes de Tubos de Concreto (ABTC, 2003), os tubos são separados em duas classes: flexíveis e rígidos. Sendo que os tubos

flexíveis, compostos por aço ou PVC, podem sofrer deformações superiores a 3%, enquanto os tubos rígidos, feitos de concreto simples e armado ou manilhas de barro, podem sofrer deformações de até 0,1% no diâmetro, medidas no sentido de aplicação da carga, sem que apresentem fissuras prejudiciais.

Especificamente em tubos rígidos, diferentes tipos de falhas podem ocorrer por motivos resultantes de erros de fabricação ou instalação e também, provenientes do desgaste causado pelo constante esforço estrutural e pelo fluxo contínuo de água e rejeitos.

Falhas como trincas, ovalização, separação das juntas, aumento da rugosidade, perda de estanqueidade, perda de alinhamento na junta, deformações, fissuras, quebras e lascamento, podem se agravar e culminar em maiores prejuízos, tais como: erosão do concreto, obstruções, entupimento, inundação, alagamento, crateras, desabamentos e assoreamento.

Com a finalidade de garantir que não existem falhas neste tipo específico de projeto, é possível, por exemplo, realizar inspeções preventivas antes de inaugurar uma obra de saneamento básico, por meio de uma plataforma móvel que percorre todo o condutor realizando a busca e identificação de eventuais patologias. Assim como também é possível realizar inspeções de rotina para identificar possíveis falhas causadas por efeitos da deterioração da tubulação em resposta ao tempo e condições do solo.

A plataforma móvel proposta no escopo deste projeto proporciona maior conforto ao operador, que poderá guiá-la remotamente, isento da exposição física aos efeitos do ambiente em questão. Ela percorre o trecho da tubulação estabelecido identificando, automaticamente, possíveis falhas, registra e envia a localização de interesse.

Assim, de posse destas informações, se localizado e identificado algum tipo de falha, é possível intervir exatamente na área indicada pela plataforma, onde encontra-se a falha ou patologia, poupando mão de obra empregada para escavar todo um trecho durante a procura da origem ou desencadeamento de uma falha e reduzindo, também, tempo e capital gasto.

2.4. Objetivos

2.4.1. Objetivos Gerais

A plataforma móvel OlhaDuto pretende fornecer uma ferramenta para simplificar os processos de identificação, análise e registro de patologias em galerias de águas pluviais. De maneira a auxiliar nos processos de manutenção de condutores hídricos, a fim de evitar enchentes e alagamentos em ambientes urbanos.

2.4.2. Objetivos Específicos

- Realizar inspeção visual interna de galerias pluviais subterrâneas com diâmetro entre 300 e 2000 milímetros.
- Percorrer distâncias entre os poços de visita variando de 60 a 100 metros.
- Identificar patologias existentes e registrar o local de ocorrência.
- Fomentar soluções inteligentes para o UnB - Campus Gama.

3. METODOLOGIA DO PROJETO

3.1. Metodologias Ágeis

A seguir são colocadas as metodologias ágeis que serão aplicadas durante o projeto, tal como os recursos e artefatos de cada metodologia que serão utilizados ao longo do desenvolvimento pelo time de Software, podendo o Kanban ser usado por outra frente.

3.1.1. Kanban

É um sistema de controle e gestão do fluxo de produção de tarefas, também conhecido como gestão visual. Geralmente representado por um quadro com *post-its*, mas também pode ser organizado através de *software* ou até mesmo com uma simples folha de papel, onde os cartões que representam o trabalho devem seguir um fluxo pré-estabelecido de estágios, sendo esses estágios, geralmente, *TO DO*, *DOING* e *DONE*. Onde tarefas que estão na fila para serem executadas ficam em *to do*, tarefas que estão sendo executadas permanecem no estágio de *doing* e, por fim, tarefas concluídas são classificadas como *done*.

Na medida em que o trabalho vai evoluindo, os cartões vão mudando de estágio, e sempre que um novo trabalho é identificado, um novo cartão é criado.

No projeto, o *KANBAN* será utilizado por meio do *GitHub*, onde haverá um quadro que será dividido em cinco colunas. A primeira referente ao *Product Backlog*, a segunda dedicada ao *Sprint Backlog*, a terceira ficarão as atividades que estarão sendo feitas, na quarta as que estiverem sendo revisadas e na última ficarão as atividades que já foram finalizadas.

3.1.2. Scrum

O Scrum é um framework que preza pela entrega de valor ao cliente de maneira rápida, criativa, em que sua equipe trabalha de forma produtiva. Nele os projetos são divididos em ciclos chamados de *Sprints*. De acordo com o *SCRUM*, os recursos utilizados nesta metodologia são os que se seguem:

- **Product Backlog:** é uma lista que contém todas as funcionalidades desejadas pelo cliente para o produto. Tais funcionalidades foram listadas pela equipe desde o início do projeto. Com o tempo, o *Product Backlog* tem a tendência de crescer e mudar à medida que se aprende mais sobre o produto e, também, de seus usuários. Já que o *Scrum* preza pelo *feedback* contínuo.
- **Sprint: Time Box** dentro do qual um conjunto de atividades pré definidas devem ser executadas. Usualmente, no período de 1 (uma) semana ou 15 (quinze) dias.
- **Sprint Backlog:** Itens priorizados do *Product Backlog* que serão completados durante a *Sprint* que está para começar, essa listagem não pode ser alterada depois que uma *Sprint* é iniciada.
- **Daily Scrum:** É uma reunião que acontece todos os dias da *Sprint*. Ela tem como objetivo disseminar conhecimento sobre o que foi feito no dia anterior, identificar impedimentos e priorizar o trabalho a ser realizado no dia. Isso depende do horário que a *Daily* é feita.
- **Sprint Retrospective:** ocorre ao final de uma *Sprint* e serve para identificar o que funcionou bem, o que pode ser melhorado e que ações serão tomadas para melhorar. Utilizando o *time box*, não deve ser uma reunião demorada.
- **Sprint Review Meeting:** Reunião que acontece ao final de cada *sprint*. Durante esta reunião, o time mostra o que foi alcançado durante o *Sprint*. No geral, é exatamente uma revisão do que foi possível ser entregue e se alguma pendência ficou em aberto.

4. REQUISITOS DO PROJETO

4.1. Requisitos gerais

Requisitos funcionais:

1. Projetar uma plataforma móvel guiada remotamente, capaz de realizar inspeções em tubulações de águas pluviais, com as seguintes características:
 - a. Material/Composição: Concreto armado ou simples.
 - b. Diâmetro mínimo: 300 mm.
2. A plataforma deve ser compacta e de material leve;
3. O chassi da plataforma deve ser de material leve para reduzir o esforço dos motores e o consumo de energia elétrica.
4. Possuir rodas ou esteiras com características que permitam atrito suficiente para realização de deslocamento na superfície do tubulão inspecionado.
5. A plataforma deve ter um revestimento impermeável para evitar infiltração e danos aos componentes eletrônicos que ficarão em seu interior;
6. A câmera deve capturar imagens em ambientes de baixa luminosidade;
7. Utilizar estudos prévios e imagens com padrões de falhas catalogadas, como base para a identificação e análise;
8. A comunicação será realizada via cabo de rede UTP;
9. O alcance máximo estabelecido dependerá do comprimento do cabo de rede: A plataforma percorrerá deslocamentos entre 60 e 100 metros.
10. O tempo de inspeção será variável, dependerá da análise. Levando-se em consideração o tempo de duração da carga da bateria (mAh).

Requisitos não funcionais:

1. Desempenho

O dispositivo deverá ter alta autonomia.

O dispositivo deverá coletar e realizar relatório da inspeção em curto prazo.

2. Usabilidade

Usuários conseguirão utilizar o sistema operacional após leitura do manual.

3. Confiabilidade

A comunicação entre os componentes deve acontecer de forma confiável.

4. Manutenção

Serão utilizados materiais de alta performance devido ao ambiente em que se opera (condições severas).

Alta durabilidade devido a boa qualidade dos componentes mecânicos e eletrônicos.

5. Tecnologias

As tecnologias utilizadas serão de fácil acesso e compreensão.

4.2. Requisitos de Software

Para a interação usuário-plataforma do OlhaDuto, foi decidido desenvolver uma aplicação desktop que será instalada no próprio laptop do usuário, ou da empresa, para realizar inspeções. Os detalhes dessa decisão e justificativas podem ser encontrados no tópico 6.4.

4.2.1. Requisitos da aplicação

A priorização de requisitos foi feita utilizando-se a técnica MOSCOW baseado em 4 níveis de importância:

- Must: requisito crítico e obrigatório para o funcionamento do projeto.
- Should: requisito importante e facultativo para o funcionamento do projeto.
- Could: requisito desejável.
- Won't: requisito que, com certeza, não será entregue.

Baseado na metodologia acima e levando em consideração os módulos descritos no tópico 6.7, os requisitos levantados são os seguintes:

4.2.1.1. Controle do veículo

A Tabela 1 contém os requisitos funcionais para o módulo de controle da aplicação desktop do OlhaDuto.

ID	Requisito	Prioridade
RF001	Controlar o deslocamento do robô	MUST
RF002	Controlar o movimento da câmera	MUST
RF003	Controlar intensidade da iluminação	MUST
RF004	Controlar ativação dos sensores infravermelho	MUST
RF005	Visualizar transmissão da câmera	MUST
RF006	Armazenar o vídeo	MUST
RF007	Adicionar frame atual ao relatório	MUST
RF008	Armazenar log da inspeção	MUST
RF009	Visualizar duração da inspeção até o momento	SHOULD
RF010	Adicionar comentário ao frame atual	SHOULD
RF011	Autenticar ao controlar o robô	SHOULD
RF012	Atalhos de teclado para todas funcionalidades de controle do robô	SHOULD

RF013	Visualizar posição do robô	COULD
RF014	Colocar labels nos frames que irão ser adicionados ao relatório	COULD

Tabela 1 - Requisitos funcionais do módulo controle. **Fonte:** Autor.

A Tabela 2 lista os requisitos não funcionais do módulo de controle da aplicação desktop.

ID	Requisito	Prioridade
RNF001	Utilizável no Windows e Linux	MUST
RNF002	Comando enviado ao veículo em real time (baixa latência)	MUST
RNF003	Alta confiabilidade	MUST
RNF004	Interface com tema de cores claro	MUST
RNF005	Segurança contra invasões	SHOULD
RNF006	Interface intuitiva	SHOULD
RNF007	Rápida conexão ao robô	COULD

Tabela 2 - Requisitos não funcionais do módulo de controle. **Fonte:** Autor

4.2.1.2. Machine Learning

A Tabela 3 contém a lista de requisitos e suas priorizações para o módulo de *Machine Learning* da aplicação desktop OlhaDuto.

ID	Requisito	Prioridade
RF015	Modelo prever falhas com uma acurácia acima de 80%	MUST
RF016	Modelo indicar se imagem possui ou não rachadura	MUST
RF017	Modelo suportar aprendizado contínuo	MUST
RF018	Capacidade de exportar o modelo em uso	MUST
RF019	Criar alerta na interface ao identificar rachadura	MUST

RF020	Usuário validar resultado da predição do modelo	MUST
RF021	Modelo indicar região da imagem onde se encontram as possíveis rachaduras	MUST
RF022	Utilizar imagens coletadas pelo robô e validadas pelo usuário para aprendizado contínuo	MUST
RF023	Desabilitar aprendizado contínuo automaticamente para computadores com limitação de recurso	SHOULD
RF024	Usuário ser capaz de desabilitar aprendizado contínuo para computadores com limitação de recurso	SHOULD
RF025	Modelo indicar probabilidade de região conter rachadura no vídeo	COULD
RF026	Modelo indicar região com rachaduras no vídeo	COULD
RF027	Desativar predição em tempo real para computadores com limitação de recursos	COULD

Tabela 3 - Requisitos funcionais para o módulo de Machine Learning. **Fonte:** Autor

A Tabela 4 lista os requisitos não funcionais para o módulo de *Machine Learning* da aplicação.

ID	Requisito	Prioridade
RNF008	Predições acontecerem de maneira rápida (em menos de 1 s) - Intel i5, 7ª geração, sem GPU dedicada	MUST
RNF009	Modelo necessitar um baixo espaço de armazenamento em disco (no mínimo 500 Mb)	MUST

RNF010	Modelo necessitar de pouca memória para realizar previsões (no mínimo 1 Gb)	MUST
RNF011	Computador não necessitar de GPU dedicada	MUST

Tabela 4 - Requisitos não funcionais para o módulo de Machine Learning. **Fonte:** Autor

4.2.1.3. Módulo de Relatórios

A Tabela 5 contém os requisitos funcionais para o módulo de relatórios da aplicação desktop.

ID	Requisito	Prioridade
RF028	Gerar relatório automaticamente	MUST
RF029	Apagar relatório/inspeção	MUST
RF030	Baixar relatório em PDF	MUST
RF031	Relatório guarda informações do usuário que realizou a inspeção	MUST
RF032	Relatório mantém registro das patologias e sua respectiva localização encontradas na inspeção	MUST
RF033	O usuário poderá escolher desabilitar a geração automática do relatório da inspeção	MUST
RF034	O usuário poderá solicitar a geração do relatório de inspeções passadas	SHOULD
RF035	Relatório guarda imagens das patologias encontradas na inspeção	SHOULD
RF036	Relatório guarda comentários realizados pelo usuário nas imagens das registradas	SHOULD
RF037	Relatório contém resumo estatístico da inspeção	SHOULD
RF038	Relatório indica quais	COULD

	patologias foram encontradas automaticamente e manualmente	
RF039	Relatório contém assinatura eletrônica do usuário que realizou a inspeção	COULD
RF040	Relatório contém labels das imagens registradas pelo usuário durante a inspeção	COULD
RF041	Visualizar relatório	COULD
RF042	Editar relatório	WONT

Tabela 5 - Requisitos funcionais para o módulo de relatórios. **Fonte:** Autor

A Tabela 6 lista e prioriza os requisitos não funcionais do módulo de relatórios da aplicação desktop.

ID	Requisito	Prioridade
RNF012	Informações dispostas de maneira intuitiva no relatório	MUST
RNF013	Download rápido do PDF	MUST

Tabela 6 - Requisitos não funcionais do módulo de relatórios. **Fonte:** Autor

4.2.1.4. Módulo de Autenticação

A Tabela 7 lista os requisitos funcionais do módulo de autenticação da aplicação.

ID	Requisitos	Prioridade
RF043	Login de usuário	MUST
RF044	Cadastrar usuário	MUST
RF045	Trocar senha (Esqueci minha senha)	MUST
RF046	Autenticar usuário	MUST

Tabela 7 - Requisitos funcionais do módulo de autenticação. **Fonte:** Autor.

4.2.2. Tecnologias utilizadas

- **Electron:** framework utilizado para a criação de aplicações nativas compatíveis com Linux, MacOS e Windows utilizando tecnologias utilizadas no ambiente web, como HTML, CSS e JavaScript. Nossa aplicação desktop será construída possuindo como base o Electron;
- **NEDB:** descrita como “The JavaScript Database” por seus criadores, é uma base de dados que funciona baseada tanto em armazenamento em memória quanto de maneira persistente. Além de possuir suporte para Electron, possui como pontos essenciais a velocidade e o baixo consumo de memória, essenciais para uma aplicação desktop executada em computadores pessoais que usualmente possuem limitações de recurso;
- **ROS:** framework, que oferece conjunto de ferramentas, e suas integrações, voltadas ao desenvolvimento de robôs. Nesse projeto será utilizada a versão ROS 2 e por meio dele será construída toda a parte de comunicação e controle com o robô a partir da aplicação desktop. Mais detalhes na seção 6.6;
- **Tensorflow.js:** biblioteca para *Machine Learning* em JavaScript. Será responsável pelo treinamento e utilização do modelo que será utilizado para a classificação das imagens geradas pelo robô. Foi escolhida principalmente devido sua facilitada integração com o restante do ambiente provido pelo Electron;
- **rcinodejs:** biblioteca que será a responsável pelo uso do ROS no lado da aplicação desktop, como um cliente Node.js para o ROS. Ela provê uma API simples e de fácil uso que permite a programação utilizando o ROS e, consequentemente, envio e recebimento de mensagens entre o computador do usuário e o dispositivo móvel.
- **ESLint:** ferramenta de análise de código estático para identificar padrões problemáticos encontrados na escrita de códigos em *JavaScript*. Regras no *ESLint* são configuráveis e as regras personalizadas podem ser definidas e aplicadas. Ajudando a identificar e corrigir erros de sintaxe no código. Simplificando, com ele conseguimos definir um guia de estilo ou folha de estilo, dessa maneira, todos os participantes do projeto devem respeitar as configurações e especificações definidas neste guia.

4.3. Requisitos Eletrônicos

Foram estabelecidos, pela equipe de eletrônica, os seguintes requisitos:

Requisitos funcionais:

- O sistema (microcontrolador/microprocessador e periféricos) deve ser controlado por meio de um notebook.
- A plataforma deverá conter controle de estado e velocidade dos motores.
- Deve contar com mecanismo controlado para movimentação da câmera.
- Realizar captura e tratamento de dados de Temperatura e Pressão.
- Realizar captura e transmissão de imagens por meio de dispositivo optoeletrônico.
- Iluminação do ambiente para obtenção das imagens.
- Implementação de Sistema de Posicionamento Global (GPS) para envio da localização ao operador.
- O sistema embarcado deve fazer o processamento de imagens para identificar a existência de falhas nas superfícies interiores ao longo das manilhas.

- Os dados importantes, além de serem enviados ao operador, por meio da rede cabeada, devem ser armazenados em memória flash.

Requisitos não funcionais:

- Deve ser utilizada uma plataforma de controle e processamento multitarefa.
- A comunicação deverá ocorrer por meio de um cabo de rede UTP.
- A plataforma deverá contar com slot para expansão de memória flash, socket para câmera e conexão compatível com conector RJ45.
- Modelagem de fatores, estabelecer função de transferência com base em referências para calibração dos sensores.
- Os componentes devem ser arrefecidos por meio de um cooler e/ou acoplados a dissipadores de calor.
- Os módulos devem ser conectados por meio de uma placa de circuito impresso para minimizar efeitos de interferência, ruídos e mal contato.

4.4. Requisitos Estruturais

A equipe de estrutura se dispôs a resolver os seguintes requisitos:

- A estrutura deve ser capaz de resistir às condições de umidade e temperatura dentro de tubos de galerias pluviais ou de esgotos.
- Os elementos sensíveis à água devem ser isolados e protegidos pela estrutura.
- A estrutura deve ser resistente a colisões com possíveis resíduos e/ou concreto das paredes laterais das galerias.
- A estrutura deve prover uma iluminação suficiente para um sistema de captura de imagens.
- A estrutura deve prover suporte físico para operação dos sistemas.
- A estrutura deve ser de fácil instalação.
- A estrutura deve prover fácil acesso para manutenção dos componentes internos.
- A estrutura deve ser capaz de resistir ao peso de seus componentes.
- A estrutura deve ser capaz de funcionar em terrenos desnivelados.

4.5. Requisitos de Alimentação

Os requisitos apresentados a seguir, são referentes ao sistema energético da solução do problema proposto:

- O sistema deverá apresentar uma alimentação que garanta o funcionamento ideal para o OlhaDuto. Isto é, sem interrupções e fornecer a tensão e corrente adequadas para os subsistemas do projeto.
- O OlhaDuto deve ser alimentado por uma bateria recarregável.
- O dispositivo deve ter autonomia energética.
- A base de recarga deve ter autonomia para recarregar o dispositivo.
- A base deve ser recarregada a partir da rede de distribuição.

4.6. Premissas e Restrições

Este tópico tem por objetivo elaborar premissas e identificar restrições para que o projeto seja executado da melhor forma possível. Foi utilizado como base para o escopo.

Premissas

- Controle do sistema remoto.
- Protótipo deve ser transportável.
- O sistema deve fornecer relatório da inspeção.
- O protótipo deve ser a prova d'água.
- Operar em ambientes severos.

Restrições

- Limitações físicas devido a pandemia causada pelo COVID-19 para produção do protótipo.
- Descolamento superiores a 100 metros.
- Operar em dutos com diâmetro menor que 300 milímetros.
- Limitação energética.
- Operar em água corrente.
- Operar em ambientes submersos.

5. GERENCIAMENTO DO PROJETO

Este tópico tem como objetivo gerenciar os recursos humanos do projeto e pormenorizar os papéis e responsabilidades de cada integrante.

5.1. Recursos humanos

O projeto é composto por 13 estudantes de engenharia, no qual temos 1 de aeroespacial, 2 de automotiva, 3 de eletrônica, 2 de energia, 5 de software. O grupo foi dividido em Estrutura abrangendo Aeroespacial e Automotiva, Controle abrangendo Eletrônica e Software e Alimentação abrangendo Energia.

5.1.1. Stakeholders

O PMBOK define stakeholder como um indivíduo, grupo ou organização que pode afetar, ser afetado por ou perceber a si mesmo como afetado por uma decisão, atividade ou resultado de um projeto [16]. Ou seja, os stakeholders são todos os interessados no projeto.

No projeto vigente, identificou-se três stakeholders, sendo eles: a equipe do projeto, os professores da disciplina, os técnicos responsáveis pela vistoria de tubulações, sendo este último em uma futura fase de implementação, quando o produtor já estivesse disponível para uso.

Equipe do projeto: a equipe é composta por treze alunos da Universidade de Brasília no campus FGA, matriculados e cursando as cinco engenharias do campus: Software, Eletrônica, Energia, Aeroespacial e Automotiva. Sendo estes os participantes do projeto responsáveis pelo desenvolvimento da plataforma móvel e software para controlar a mesma. A fim de atingir os objetivos finais, cada membro do time, segundo seu curso e suas habilidades técnicas, é responsável pelo sucesso do produto final. Dentre elas, pode-se citar o comparecimento às reuniões virtuais, o fornecimento de ideias, o estudo da viabilidade do projeto, bem como as tecnologias utilizadas, a documentação do projeto. Por conseguinte, as expectativas da equipe encontram-se no sucesso do projeto. Tendo por objetivo final produzir simulações e artefatos que sustentem a eficácia do produto no que ele se propõe fazer.

Professores: cinco professores, sendo cada um de uma engenharia, do campus que irão avaliar os artefatos produzidos e entregues ao final do semestre. Buscando que os alunos da disciplina obtenham o conhecimento e o contato prático com a gerência de projetos, e com áreas técnicas de acordo com seu curso. O principal papel dos professores em relação ao presente projeto é fornecer conhecimento teórico e prático, aliados com suas experiências nas engenharias do campus. Possuem, também, o papel de direcionar, aconselhar o grupo e, além disso, insumos teóricos para a construção das simulações. É responsabilidade do grupo de professores disponibilizar as datas do cronograma da disciplina, a fim de nos planejarmos. Bem como, os docentes também têm a responsabilidade de dispor modelos de documentação que nos oriente ao que deve ser entregue e como deve ser entregue. E, assim como a equipe, os professores também possuem a expectativa do sucesso do projeto.

5.1.2. Equipe e Responsabilidades

Coordenador Geral

- Coordenar a equipe e assegurar o cumprimento do cronograma.
- Analisar e aprovar o escopo do projeto junto aos gerentes.
- Controlar e gerenciar orçamento e aquisições.
- Controlar e monitorar o cumprimento das atividades por parte da equipe.
- Garantir que o projeto tenha um resultado satisfatório.

Diretor de Qualidade

- Gerenciar processos relacionados a qualidade do projeto.
- Assegurar que todas as partes estejam integradas e atendendo os requisitos propostos.

Diretor Técnico

- Administrar o subsistema designada.
- Estabelecer comunicação entre desenvolvedores e gerentes compartilhando informações.
- Observar dinamismo entre os desenvolvedores.
- Atuar como desenvolvedor no seu subsistema.

Desenvolvedores

- Perspectiva geral do projeto.
- Escrever e desenvolver o produto de maneira eficiente.
- Manutenção do escopo proposto e identificar possíveis contratempos.

Após definidas as atribuições do corpo técnico, foi possível designar os papéis aos discentes de acordo com a Tabela 8.

Nome	Engenharia	Matrícula	Cargo
Jean de Andrade Silva	Aeroespacial	16/0031397	Diretor Técnico
Felipe Soares da Silva	Automotiva	17/0141772	Coordenador Geral
Rávela Fernanda de Sousa Dantas		16/0143021	Desenvolvedor
Filipe Alves de Sousa	Eletrônica	15/0125429	Diretor Técnico
Thompson Moutinho do Amaral Silva		12/0023245	Desenvolvedor
Victor Santos da Cruz		10/48473	Desenvolvedor
Gustavo Henrique Yabuki Dubas	Energia	15/0128649	Diretor Técnico
Margreicy Luise Marinho de Sousa		15/0139403	Desenvolvedor
Ana Carolina Carvalho da Silva	Software	19/0063441	Diretora de Qualidade
Ícaro Pires de Souza Aragão		15/0129815	Desenvolvedor
João Robson Santos Martins		15/0154003	Desenvolvedor
Max Henrique Barbosa		16/0047013	Desenvolvedor
Vinicius Ferreira Bernardo de Lima		15/0151331	Desenvolvedor

Tabela 8 - Equipe e responsabilidades. **Fonte:** Autor.

5.1.3. Professores

Os orientadores deste projeto serão os seguintes professores, ilustrados na Tabela 9:

Aeroespacial	Paolo Gessini
Automotiva	Rhander Viana
Eletrônica	Jose Felicio da Silva
Energia	Alex Reis
Software	Ricardo Matos Chaim

Tabela 9 - Orientadores do projeto. **Fonte:** Autor.

5.2. Comunicação

Este tópico tem como objetivo apresentar como se dará a comunicação da equipe e o acompanhamento do projeto. Visto que a comunicação é de extrema importância para que os membros possam cooperar analisando e opinando o escopo do projeto.

5.2.1. Planejamento e monitoramento

O acompanhamento das atividades será feito pelo Artia, onde é possível criar cronogramas, visualizar os esforços, andamento do projeto e entre outras ferramentas úteis.

A comunicação é feita pelo Telegram devido as ferramentas disponíveis como criação de enquetes. Um complemento da comunicação será o Microsoft Teams onde se irá realizar reuniões por vídeos e compartilhar o desenvolvimento das atividades.

5.2.2. Ferramentas

As ferramentas utilizadas no projeto e seu respectivo propósito se encontra na Tabela 10.

Ferramenta	Propósito
Telegram	Comunicação e Realização de enquetes
Microsoft Teams	Reunião Geral e entre Subsistemas
Artia	Gestão de Tarefas
Drive	Armazenamento de Documentação
GitHub	Hospedagem do Repositório do Projeto

Tabela 10 - Ferramentas e Propósito. **Fonte:** Autor.

5.2.3. Atas de reuniões

As Atas de reuniões se encontram no Apêndice 8.1.

5.3. Tempo

O objetivo deste tópico é estabelecer o gerenciamento do tempo de projeto e assim organizar o tempo disponível com as atividades a serem feitas.

5.3.1. Cronograma

O cronograma foi designado para controlar e monitorar o andamento das atividades. Com a identificação das atividades identificadas e bem descritas, foi possível realizar a criação do cronograma de acordo com o tempo disponível. Estimou-se a duração média necessária de cada atividade para que seja feita de modo ágil e produtivo e, paralelamente, realizando a documentação do projeto.

Os cronogramas definidos para o Ponto de Controle 1, Ponto de Controle 2 e Ponto de Controle 3 se encontram nas Figuras 7, 8 e 9, respectivamente.


Título	Descrição	Prazo	Duração Estimada	Início Estimado	Término Estimado
Projeto Integrador 2					
Análise De Tubulações					
Ponto de Controle 1					
Organização					
Recursos Humanos	1- Integração dos membros. 2- Divisão interna do grupo. 3- Divisão de tarefas.		3	19/08/2020	21/08/2020
Relatório	1- Revisão do relatório. 2- Formatação.		5	20/09/2020	25/09/2020
Apresentação	1- Criação de slides.		5	26/09/2020	02/10/2020
Planejamento					
Escopo	1- Refinar arquitetura. 2- Definição de requisitos. 3- Levantamento teórico necessário.		12	19/08/2020	03/09/2020
Gerenciamento do Projeto	1- Criação do TAP - 5W2H - Lista É/Não é 2- Criação da EAP (subsistemas)		8	25/08/2020	03/09/2020
Aquisições	1- Levantamento de materiais.		9	03/09/2020	15/09/2020
Custos	1- Criação de orçamento. 2- Levantamento de custos. 3- Viabilidade financeira.		9	03/09/2020	15/09/2020
Riscos	1- Riscos globais e locais. 2- Mitigação. 3- S. W. O. T.		11	03/09/2020	17/09/2020

Figura 7 - Cronograma para o PC1. Fonte: Autor.

Ponto de Controle 2					
Comunicação					
Alimentação	1- Dimensionamento do sistema de alimentação.	●	6	02/10/2020	11/10/2020
Testes	1- Teste do sistema de alimentação.	●	11	02/10/2020	16/10/2020
Controle					
Diagramas	1- Diagramas Elétricos e Eletrônicos. - Circuitos - Unifilares/Trifilares - Alimentação - Barramento - Detalhe de lógica	●	11	02/10/2020	16/10/2020
Programação	1- Desenvolver programação.	●	6	02/10/2020	09/10/2020
Estrutura					
Modelagem	1- Construir geometria CAD. 2- Desenhos técnicos.	●	11	02/10/2020	16/10/2020
Simulações	1- Análise em Métodos de Elementos Finitos.	●	6	09/10/2020	16/10/2020
Organização					
Relatório	1- Revisão do relatório. 2- Formatação.	●	5	18/10/2020	23/10/2020
Apresentação	1- Criação de slides.	●	10	18/10/2020	30/10/2020

Figura 8 - Cronograma para o PC2. **Fonte:** Autor.

Ponto de Controle 3					
Integração					
Plano de integração	1- Integração entre os subsistemas. 2- Diagrama de integração dos subsistemas.	●	16	30/10/2020	22/11/2020
Documentação	1- Documentação detalhada do projeto. - Desenho técnico. - Lista de material. 2- Manual de montagem. 3- Plano de manutenção.	●	16	30/10/2020	22/11/2020
Validação	1- Plano de teste. 2- Plano de fabricação e montagem.	●	16	30/10/2020	22/11/2020
Vídeo	1- Criação de vídeo propaganda.	●	16	30/10/2020	22/11/2020
Organização					
Relatório	1- Revisão do relatório. 2- Formatação.	●	5	15/11/2020	20/11/2020
Apresentação	1- Criação de slides.	●	10	15/11/2020	27/11/2020

Figura 9 - Cronograma para o PC3. **Fonte:** Autor.

5.3.2. Definição das atividades - EAP

A Estrutura Analítica de Projeto (EAP) ou em inglês Work Breakdown Structure (WBS) é uma base para planejamento. A ideia é criar subdivisões das entregas e do trabalho e para tal, é utilizado uma árvore hierárquica e descrito em pacotes, componentes ou tarefas facilmente gerenciáveis. [14]

A EAP foi utilizada justamente como apoio no desenvolvimento e identificação de atividades a serem entregues. A EAP do projeto foi dividido em Organização, Estrutura, Alimentação, Controle e Geral se encontra no Apêndice 8.2

5.4. Aquisições

Este tópico tem como objetivo descrever o modo de como serão feitas as aquisições do projeto. A ideia do planejamento é baseada no custo das fases de construção do protótipo, desde a aquisição de material, fabricação até a montagem seja por terceiros ou pelos próprios membros da equipe.

5.4.1. Custos

Os custos preliminares determinados encontram-se na Tabela 11.

Item	Valor	Qtd	Total	Fornecedor
Raspberry Pi 3B+	R\$ 619,90	1	R\$ 619,90	Mercado Livre
Arduíno Nano	R\$ 40,00	1	R\$ 40,00	Mercado Livre
Driver L298N	R\$ 24,00	1	R\$ 24,00	Robocore
Driver L293D	R\$ 75,50	2	R\$ 151,00	Robocore
Motor AK555	R\$ 91,00	2	R\$ 182,00	Robocore
HP LED's	R\$ 19,99	1	R\$ 19,99	Mercado Livre
Sensor HDC1080	R\$ 84,90	1	R\$ 84,90	Mercado Livre
Sensor MPX5700AP	R\$ 161,03	1	R\$ 161,03	Mercado Livre
GPS NEO-M8N	R\$ 99,99	1	R\$ 99,99	Mercado Livre
Câmera Sony IMX219	R\$ 160,00	1	R\$ 160,00	Mercado Livre
Servo Motor MG946	R\$ 49,90	2	R\$ 99,80	Robocore
Cabo de rede UTP	R\$ 440,00	1	R\$ 440,00	Mercado Livre
Chapa de alumínio 6061	R\$ 400,00	1	R\$ 400,00	Permaque
Chapa de alumínio 7075 T6	R\$ 56,00	2	R\$ 168,00	Mercado Livre
Fibra de Carbono Laminado	R\$ 178,05	2	R\$ 534,15	Mercado Livre

Esteira	R\$ 249,00	2	R\$ 498,00	Robocore
Coroa 104 mm	R\$ 79,00	1	R\$ 79,00	Robocore
Roda 100 mm	R\$ 99,00	2	R\$ 198,00	Robocore
Cola CSL 506t	R\$ 40,70	1	R\$ 40,70	CSL INC. Brasil
Tripé Universal 102 cm	R\$ 89,49	1	R\$ 89,49	RY3110
Fabricação (usinagem, soldagem etc)	R\$ 360	-	R\$ 360	STNZ INC
TOTAL				R\$ 4.449,95

Tabela 11 - Custos preliminares. **Fonte:** Autor.

5.4.2. Orçamento

A justificativa dos custos resultante foi o ensejo da construção do protótipo com materiais que possuam as melhores características como qualidade e performance. A ideia é de que a plataforma móvel consiga realizar o máximo de inspeções possível antes de manutenção e, portanto, a possível aquisição de novas peças.

A escolha dos materiais para a estrutura foi pensada no ambiente insalubre de trabalho do protótipo, portanto foram levantadas uma gama de materiais e descrito suas características. Assim, rapidamente através dessa comparação, foi possível decidir que valia a pena a seleção de materiais com custo benefício elevado.

Para controle, mais específico na área de eletrônica foi feito comparações entre ofertas de fornecedores distintos foram selecionados os componentes de *hardware* requisitados neste projeto, levando-se em consideração a qualidade, o custo unitário e a quantidade necessária para a estimativa do custo total.

Para facilitar a escolha de cada um dos equipamentos secundários, assim como a escolha dos microprocessadores/microcontroladores, por meio de tabelas, foram comparados diferentes modelos disponíveis no mercado.

Parte do orçamento foi destinado à mão de obra, visto que é importante a escolha de profissionais adequados e qualificados para o trabalho. Foi feita uma rápida pesquisa do que seria possível executar na montagem e fabricação e o que seria necessário terceirizar. Estes valores flutuam muito, porém conseguiu-se ter uma aproximação confiável.

O OlhaDuto será desenvolvido, preferencialmente, utilizando softwares Open Source.

5.4.3. Viabilidade financeira

Inundações e alagamentos geram prejuízos financeiros para a população e para o estado. Na maioria dos casos ocorre a degradação dos bens materiais e proliferação de doenças, devido a água suja ou contaminada. Manter o sistema de escoamento pluvial em bom funcionamento é uma obrigação do estado, que realiza manutenção periódica e campanhas para a conscientização da população sobre descarte de lixo em locais indevidos.

A plataforma OlhaDuto utilizada como ferramenta de inspeção, facilitaria a identificação de patologias assim como o local de ocorrência do dano. Com essa informação a equipe responsável pelo serviço de manutenção seria capaz de classificar as áreas com maior risco de falha do sistema de escoamento. Podendo elaborar um calendário para manutenções e poupar recursos financeiros.

Portanto é possível determinar que o consumidor do produto seriam as organizações governamentais ou empresas terceirizadas prestadoras de serviços de manutenção nas redes pluviais.

Dentro do escopo proposto pela disciplina de Projeto Integrador 2, a fabricação de um protótipo funcional para testes de campo, calibração de sistemas e validação se torna viável economicamente, com a divisão dos custos de produção apresentados na Tabela 11, entre os discentes. Totalizando um custo de R\$ 342,00 por membro.

Uma estimativa inicial que certamente sofrerá modificações com o andamento do projeto e a inclusão de outros componentes, como por exemplo aquisição das baterias.

Atualmente existem produtos comercializados com a mesma finalidade do OlhaDuto, tendo origens nacionais e importados, os preços para compra variam entre R\$ 10.000,00 e R\$ 20.000,00, essa variação de preço é reflexo das diferentes funcionalidades entre os produtos.

Com o vantajoso valor comercial de venda, em comparação com os custos de produção de apenas uma unidade, têm se ideia de uma possível margem de lucro na comercialização em escala do produto. No entanto, seria necessário desenvolver todo o aparato comercial e organizacional para o bom funcionamento da empresa.

5.5. Riscos

Este tópico tem o objetivo de identificar e qualificar os riscos inerentes ao projeto. Uma vez que qualquer projeto está propenso a ameaças, o interessante é criar um plano de proteção identificando as melhores respostas para a situação.

5.5.1. S.W.O.T

Análise SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities e Threats) em tradução direta do inglês para Forças, Fraquezas, Oportunidades e Ameaças, é utilizado como planejamento estratégico e integração da equipe. O planejamento estratégico se baseia na redução de riscos que busca identificar os gargalos operacionais e financeiros e aumento na produtividade.

Para a análise SWOT obter sucesso é necessário a cooperação dos membros da equipe. Todos devem estar bem alinhados e engajados com o projeto e para tal, é necessário analisar e opinar sobre ideias e conceitos, tornando as decisões mais eficientes e quantificando os resultados. [14]

O conceito fundamental da análise SWOT é o conhecimento aprofundado das potencialidades e dos limites do produto, assim identificando os pontos positivos (Forças e Oportunidades) e pontos negativos (Fraquezas e Ameaças). Na Tabela 12 é possível identificar a análise SWOT para o projeto proposto.

<p style="text-align: center;">STRENGTHS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Relevância econômica governamental • Custo de produção do protótipo relativamente baixo • Baixa manutenção • Boa integração entre a equipe 	<p style="text-align: center;">OPPORTUNITIES</p> <ul style="list-style-type: none"> • Otimizar medida de correção • Evitar gastos maiores com correção • Crescimento pessoal dos membros da equipe
<p style="text-align: center;">WEAKNESSES</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conhecimento limitado sobre dutos • Demora na aquisição de mapas pluviais • Recursos financeiros baixo 	<p style="text-align: center;">THREATS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Peso do dispositivo ser alto • Tamanho do dispositivo ser grande em relação ao duto • Obstáculos parciais no duto • Sobrecarga dos membros

Tabela 12 - Análise SWOT. **Fonte:** Autor.

5.5.2. Análise quantitativa dos riscos

A probabilidade de ocorrência de cada risco é quantificada de acordo com o impacto, probabilidade e prioridade a partir do intervalo representado pela porcentagem abaixo.

- Muito Baixo (0 - 20%)
- Baixo (21% - 40%)
- Médio (41% - 60%)
- Alto (61% - 80%)
- Muito Alto (81% - 100%)

5.5.3. Planejamento de resposta aos riscos

Esse tópico tem como objetivo a equipe se planejar para reduzir o impacto dos riscos identificados. Considerando propostas e atividades em resposta aos riscos, o planejamento de respostas aos riscos se torna mais fácil de se gerenciar.

5.5.3.1. Riscos Negativos

Os riscos negativos afetam o andamento do projeto de forma a impedir ou dificultar sua execução. Diante disso e para evitar esses obstáculos, foi descrita as possíveis medidas:

5.5.3.1.1. Prevenção

Como estratégia de resposta ao risco está a prevenção. A equipe se mobiliza de modo a eliminar as ameaças ou proteger o projeto do impacto desses riscos. Em outras palavras, as atividades pode ser alteradas para eliminar completamente a ameaça. Também é possível estender prazos do cronograma, mudar a estratégia ou até mesmo estreitar o escopo para prevenir tais riscos.

5.5.3.1.2. Transferência

A transferência de risco atribui o impacto e a responsabilidade da ameaça a um terceiro. Contudo, este método não elimina o risco, podendo apenas alocar o seu trabalho de gestão a outras áreas, membros ou software.

5.5.3.1.3. Mitigação

O processo de mitigação de risco é uma resposta em que a equipe envolvida no desenvolvimento do projeto está comprometida em reduzir a probabilidade ou impacto do risco. Medidas que tentam reduzir a ocorrência de riscos são mais vantajosas do que medidas para reparar danos. Em alguns casos, a probabilidade de risco não pode ser reduzida, portanto, os fatores que podem determinar a gravidade do impacto devem ser considerados.

5.5.3.1.4. Aceitação

A aceitação é a resposta a evitar. Neste caso, a equipe decide não tomar medidas para reduzir o risco. O uso deste método ocorre apenas quando for inviável economicamente resolver o problema ou evitar, reduzir ou transferir.

5.5.4. Descrição dos riscos

A descrição dos riscos subdividido em Projeto, Alimentação, Eletrônica, Estrutura e Software se encontra na Tabela 13.

Riscos	Consequência	Probabilidade	Impacto	Medida a tomar
Riscos do projeto				
Dificuldade de integração com as demais áreas	Atraso no desenvolvimento do projeto e aumento no custo da produção	Moderado	Muito Alto	Prevenção: Construção de um cronograma que contenha espaços para diálogo entre os integrantes das diversas áreas
Danificação da estrutura durante o processo de montagem/transporte.	Gastos adicionais e atrasos na construção	Baixo	Alto	Prevenção: Treinamento e planejamento devem preceder os processos de montagem e transporte
Falta de domínio sobre cálculo e simulação da perda de cargas	Atraso no desenvolvimento do projeto e baixa eficiência	Moderado	Moderado	Prevenção: Revisão do trabalho entre os integrantes de forma constante

Falta de suporte para as diversas condições de pressão, temperatura e umidade	Aumento do custo de produção e perda de componentes	Alto	Alto	Prevenção: Realizar simulações estruturais e projeção de subsistemas que analisem essas condições
---	---	------	------	---

Riscos de Alimentação

Falha na bateria do dispositivo	Paralisação do serviço de análise de tubulação	Baixa	Muito alto	Manutenção preventiva
Falha na bateria da base	Sistema de recarga inoperante	Baixa	Médio	Manutenção preventiva
Durabilidade das baterias	Comprometimento das alimentações dos sistemas	Baixa	Muito alto	Manutenção preventiva
Curto nos circuitos	Queima de componentes	Baixa	Muito alto	Manutenção corretiva

Riscos de Eletrônica

Incompatibilidade entre os componentes e softwares	Atraso no desenvolvimento do projeto e aumento no custo da produção	Moderado	Alto	Realização de reuniões entre as equipes a fim de definir quais ferramentas serão utilizadas.
Mal contato entre as conexões	Funcionamento inadequado, resultados inesperados no sistema.	Alto	Alto	Construção de placa de circuito impresso para integrar os módulos.

Ruídos e Interferência Eletromagnética	Dependendo da quantidade de cabos condutores de eletricidade nas proximidades, pode haver interferência na transmissão de dados.	Moderado	Moderado	Projetar uma placa PCB conforme normas estabelecidas a fim de minimizar interferências externas.
Lentidão e travamento no sistema de processamento devido à sobrecarga	Mesmo sendo uma plataforma multitarefa, a realização de tarefas em paralelo por um longo período pode sobrecarregar o sistema	Alto	Alto	Equilibrar o sistema, dividindo-o em duas partes: 1 - Controle de motores; e 2 – Processamento e transmissão de dados, bem como monitorar o desempenho do sistema.
Aquecimento dos componentes	O aquecimento em excesso pode prejudicar o funcionamento dos componentes bem como a transmissão de dados	Alto	Alto	Utilizar coolers e dissipadores acoplados ao circuito, bem como monitorar a temperatura interna do sistema.
Infiltrações de água e resíduos nos componentes eletrônicos	Possível perda dos componentes e pane no sistema	Moderada	Alta	Prevenção: Impermeabilização das placas, uso de isolantes adesivos repelentes a água.

Falha na transmissão de dados e controle da plataforma	Fissuras ou rompimento do cabo conector de transmissão de dados podem prejudicar o funcionamento do sistema	Moderado	Alto	Verificação e manutenção de cabos e conectores antes e depois de cada estudo realizado em campo pelos operadores
Falha no armazenamento de dados	Possível perda de dados importantes para a análise posterior a inspeção (como: data, hora, temperatura, umidade, pressão, localização geográfica, bem como as imagens registradas)	Moderado	Alto	Possível salvamento após a transmissão cabeada e salvamento local na plataforma, por meio de um cartão de memória microSD.

Riscos de Estrutura

Pane nos motores	Possível dificuldade em recuperar a estrutura	Baixa	Alto	Prevenção: Instalação de um cabo de segurança que possa retirar a estrutura para conserto dos motores
Estrutura não suporta o peso dos componentes	Atraso no desenvolvimento do projeto e possível desperdício financeiro	Moderado	Alto	Prevenção: Efetuar simulações estruturais em softwares de elementos finitos antes da escolha dos materiais e peças constituintes
Falta de domínio sobre o	Atraso no desenvolvimento	Baixo	Muito Alto	Prevenção: Análise

dimensionamento do protótipo	do projeto			cuidadosa do CAD da estrutura antes de qualquer definição
Estrutura não ter portabilidade o suficiente para ser transportada	Aumento do custo de produção	Moderado	Baixo	Prevenção: Realizar esboços e teste com todos os componentes

Riscos de Software

Falha de conexão entre o software e plataforma	Não é possível o software analisar as imagens e movimentar a plataforma	Baixo	Alto	Prevenção: Uso de tecnologias e protocolos que evitem esse tipo de situação.
Notebook do usuário com pouca memória	Não é possível executar a aplicação desktop nem realizar as previsões de possíveis rachaduras.	Baixo	Alto	Prevenção: especificação prévia dos requisitos computacionais mínimos para executar o software
Equipe de desenvolvedores não ter experiência nas ferramentas que serão utilizadas	Funcionalidades demoram a serem entregues atrasando o prazo final	Alto	Alto	Prevenção: estudo regular das tecnologias e troca de conhecimento entre a equipe
Modelo preditivo não ter uma acurácia razoável em situações reais	O sistema não identificar corretamente rachaduras ou deixar de identificá-las	Moderado	Moderado	Prevenção: utilização de um dataset com um número grande de amostras para treinamento prévio (mais de 10000 imagens de rachaduras em concreto) e aplicação de aprendizado

				contínuo
Delay na comunicação entre a plataforma e a aplicação desktop e vice versa	A plataforma demora para responder aos comandos. Usabilidade ruim.	Moderado	Alto	Prevenção: dar prioridade para processos relacionados aos comandos de movimentação e imagem do veículo
Dificuldade para empacotar a aplicação para sistemas operacionais como Windows ou MacOS	A aplicação está disponível apenas para Linux	Baixo	Alto	Prevenção: pesquisar se dependências utilizadas estão disponíveis para todos os sistemas operacionais alvos

Tabela 13 - Descrição de Riscos. **Fonte:** Autor.

5.6. Gerência de Configuração de Software

Os próximos subtópicos irão detalhar algumas medidas relacionadas à área de Gerência de Configuração de Software, que é focada no apoio ao desenvolvimento de software no sentido de prover mais facilidade e qualidade a esse desenvolvimento com o objetivo de, entre outras coisas, facilitar sua implantação e validação.

5.6.1. Ambiente de Desenvolvimento

Para facilitar e agilizar as tarefas de instalação e configuração de ambiente pelos desenvolvedores, será criada uma imagem de container Docker com todas as dependências necessárias instaladas e pronta para: execução da aplicação, construção (build), checagens estáticas (linters) e execuções das suítes de testes. Essa imagem estará disponibilizada na plataforma Docker Hub e disponível para download por qualquer interessado no projeto, além disso, os arquivos utilizados para sua geração e uso estarão disponíveis no repositório principal do projeto, no GitHub.

5.6.2. Releases e Pacotes

As *releases* ao longo do trabalho irão evidenciar as novas funcionalidades implementadas tanto na aplicação como um todo, o que inclui o desenvolvimento de modelo de detecção de rachaduras nas imagens e os módulos de geração de relatório, controle de usuários e de controle, assim como as principais alterações e os bugs encontrados até aquele momento pela equipe.

Cada *release*, além de evidenciar as novas funcionalidades de cada versão lançada, irá conter os arquivos binários para execução em Linux e em Windows (Ex: app.exe) correspondentes a esta versão.

O versionamento será baseado nas regras do modelo SemVer (Semantic Versioning) [5]. Assim, o formato das versões é representado por “MAJOR.MINOR.PATCH”, onde se incrementa a versão:

- MAJOR, quando são feitas mudanças incompatíveis com a API/Aplicação anterior;
- MINOR, quando são adicionadas funcionalidades de maneira compatível com versões anteriores; e
- PATCH, quando são feitas correções de *bug* compatíveis com versões anteriores.

5.6.3. Política de Branch

A organização de branches do *GitHub* do repositório do projeto será disposta de maneira a facilitar a manutenção e o controle de releases. A partir da *branch master*, cada release gerada se tornará uma *branch* ‘filha’ da *master*. O momento de criação da *branch* referente a *release* indicará o momento de criação da nova versão.

As *branches* de desenvolvimento deverão ser criadas a partir da *branch master* e seu nome deve conter o seguinte formato: “{issue_id}-{nome-da-branch}”, onde “{issue_id}” é o identificador único da issue e “{nome-da-branch}” é um nome sucinto representado a *branch* e a issue que a *branch* está vinculada. Ao finalizar a funcionalidade referente a *branch* de desenvolvimento, o desenvolvedor deve criar um *Pull Request* para a *branch master*. Uma versão será criada a partir da *branch master* quando os pedidos de *Pull Request* de um conjunto de *branch* de desenvolvimento forem aceitos para a *branch master*.

Como exemplo do fluxo de desenvolvimento até uma versão nova ser criada, suponha que uma issue com id 42 referente a tela de login da aplicação precisa ser implementada. O desenvolvedor responsável por essa issue deverá criar uma *branch* nova a partir da *master* com o seguinte nome: “42-tela-login”. Ao finalizar a issue na sua *branch* de desenvolvimento, o desenvolvedor criará um *Pull Request* com a finalidade de tornar essa nova funcionalidade disponível na *branch master*. Uma vez aceito o *Pull Request*, ao gerar uma nova release, a *branch* criada a partir da *master* referente a essa nova release portará a tela de login.

5.6.4. Integração/Entrega contínua

A integração contínua se trata de uma prática de desenvolvimento de software que tem o objetivo de automatizar e tornar mais eficiente a integração de funcionalidades novas ao código já existente. Por meio da utilização de um sistema de controle de versão, como o *Git*, e de testes automatizados, capazes de detectar imediatamente erros ou possíveis bugs, as entregas podem ser realizadas de maneira mais frequente e de forma mais rápida.

No contexto do OlhaDuto, a cada funcionalidade nova desenvolvida e enviada para sua *branch* específica no *GitHub*, seguindo a política de *branch* detalhada acima, a ferramenta *GitHub Actions* coordenará e realizará:

- Testes automatizados, que verificam a integridade do código adicionado;
- Checagem de folha de estilo, para garantir que novas linhas de código mantenham o padrão de indentação, nomenclatura de variáveis, número máximo de caracteres por linha, entre outros aspectos, abordados com mais detalhes no tópico 6.6.5;
- A geração de uma build do projeto, que é uma versão estável e empacotada, pronta para ser executada por um usuário final e disponível nas *releases* no *GitHub*.

Ao fim do desenvolvimento da nova funcionalidade, um *Pull Request* pode ser aberto para a *branch* principal do projeto, chamada *master*, que contém a versão estável e sem erros do software que está em produção. Para o *Pull Request* ser aceito, além da necessidade de que todas as checagens descritas nos tópicos acima sejam finalizadas sem erro, o código novo também deve passar pela avaliação de um membro da equipe de desenvolvimento.

No caso do código ter sido avaliado como pronto para ser integrado à *branch master*, o *Pull Request* é aceito. Caso contrário, o desenvolvedor da funcionalidade deverá realizar as mudanças necessárias, repetindo o fluxo com todas as etapas citadas acima novamente.

5.6.5. Folha de estilo

A fim de organizar e padronizar a escrita de códigos de software, é adicionado uma folha de estilo, que seria um guia de boas práticas de escrita, previamente configurado pelo time de desenvolvimento, em que o objetivo final é que todos os desenvolvedores envolvidos em determinado projeto escrevam de uma forma similar.

Como o presente projeto conta com vários desenvolvedores, é importante que todos contribuam e sigam escrevendo, declarando variáveis, indentando e criando funções de maneira padronizada. Evitando erros e má escrita. Por isso, foi decidido aplicar tal prática.

Para tal, usaremos uma ferramenta, previamente descrita, chamada *ESLint*. Constará em nosso repositório o padrão que seguiremos, tendo em vista que uma folha de estilo é um documento longo que, no momento, não se faz necessário ser incluído neste relatório.

6. PROPOSTA DE VIABILIZAÇÃO

6.1. Solução do Sistema Embarcado

A eletrônica embarcada na plataforma móvel comunica-se de modo a atender as necessidades em conjunto com as demais áreas do projeto. Por tanto, foi necessário o entendimento da equipe de eletrônica em relação a todo o processo de tomada de decisão adotado pelas outras equipes. A inserção de equipamentos eletrônicos embarcados na plataforma exigiu, também das demais equipes, o entendimento básico no que tange aos seus princípios de funcionamento, riscos e requisitos.

Baseado no critério de atender um possível cliente, foi levado em consideração, o mapeamento de processos apresentado na Tabela 14. Os requisitos foram levantados com o intuito de facilitar a escolha dos componentes eletrônicos embarcados que serão inseridos na plataforma.

Nº	Requisitos (Voz do Cliente)	Considerações
1	Plataforma Móvel	Segurança
		Alcance
		Velocidade
2	Capacidade	Processamento
		Comunicação
		Armazenamento
3	Sensoriamento	S. de Temperatura
		S. de Pressão
		S. Optoeletrônico
4	Acionamento	Motores e Servo motores
		Iluminação / Led's
5	Interface	Operador - Hardware
6	Custo	Preço

Tabela 14 - Mapeamento de processos eletrônicos. **Fonte:** Autor.

As considerações levantadas na Tabela 14 são comentadas a seguir:

- **Segurança:** Risco da plataforma ficar presa dentro de uma tubulação, em uma região de difícil alcance. Com a passagem de cabos revestidos com isolamento, blindagem contra interferências, pode-se puxá-lo. Além disso, é necessária a proteção das placas contra umidade, água, poeira, lama, resíduos, etc.

- **Alcance:** Limitado, depende do comprimento máximo do cabo de segurança acoplado, cabo de rede e/ou cabo de alimentação.
- **Velocidade:** A velocidade de deslocamento da plataforma deve ser controlada por meio do acionamento remoto de motores, estes devem ter potência adequada para suportar a carga total incluída no chassi.
- **Processamento:** Preferência por multitarefa – execução de processos em paralelo.
- **Comunicação:** Envio e recebimento de dados e informações (comandos, imagens, data, hora, valores de parâmetros medidos, como posicionamento geográfico, temperatura e pressão) – decidido, via cabo de rede.
- **Armazenamento:** Permitir o armazenamento/registro automático de dados de interesse, juntamente com data e hora, em uma memória RAM - medida de segurança para eventuais casos de problemas durante a transmissão cabeada.
- **Sensores de temperatura e pressão:** Parâmetros coletados para fins de estudos complementares durante a análise de imagens de interesse.
- **Sensor Optoeletrônico:** Câmera para realizar transmissão de vídeo, em tempo real, possibilitando o registro e identificação de imagens de possíveis falhas em superfícies internas de tubulações.
- **Motores:** O acionamento dos motores deve contar com uma lógica que permita mover a plataforma por meio dos seguintes estados: Frente, Trás, Esquerda, Direita e Parado. A velocidade dos motores poderá ser controlada via *pulse wave modulation* (PWM).
- **Iluminação / Led's:** Pode-se combinar diferentes tipos de *Led's* para fornecer iluminação/irradiação adequada para captura de imagens de qualidade.
- **Operador/Hardware:** Aplicação integrada para o usuário/operador realizar de forma prática e intuitiva, o controle da plataforma durante a inspeção e receber as informações de interesse.
- **Preço:** Custo médio aplicado.

Tendo em vista diferentes opções de componentes microcontroladores e microprocessadores, foi realizada uma análise sistemática, a qual envolveu a avaliação e escolha daqueles que são capazes de satisfazer uma lista de requisitos levantados. A Tabela 15 apresenta a matriz de decisão utilizada durante a escolha de componentes julgados como satisfatórios. Nesta etapa, foram listadas quatro alternativas de microcontroladores / microprocessadores de interesse e atribuídos pesos para cada critério do mapeamento de processos (valor inteiro de 0 a 10). Neste procedimento de tomada de decisão, os pesos serviram como referência, atribuindo a importância estabelecida para cada critério, elegendo algumas das alternativas como ótimas no atendimento dos requisitos funcionais e não funcionais listados anteriormente. A Tabela 16 apresenta os fatores de influência atribuídos a cada um dos critérios, em cada alternativa. A escolha foi influenciada pela maior soma total, obtendo-se os microprocessadores/microcontroladores julgados como compatíveis e aqueles que melhor se adequaram ao atendimento das demandas solicitadas no mapeamento de processos.

Matriz de Decisão					
Escolha do Micro Controlador/Computador		Alternativas			
Critérios	Pesos	Arduíno	Esp32	Raspberry Pi	BeagleBone Black
Segurança	9	6	6	8	8
Alcance	3	2	4	7	6
Velocidade	9	8	7	8	8
Processamento	9	2	4	9	9
Comunicação	9	3	4	10	10
Armazenamento	9	1	3	7	8
Temperatura	3	7	8	9	9
Pressão	3	7	8	9	9
Optoeletrônico	9	2	2	8	8
Motores	9	9	4	9	9
Iluminação / Led's	9	8	6	8	8
Operador - Hardware	9	5	8	10	9
Preço	3	9	8	8	2
Total		492	504	819	798

Tabela 15 - Matriz de Decisão - Microcontrolador/Microprocessador. **Fonte:** Autor.

Pesos:	
1	Pouca Influência
3	Influência média
9	Influência forte

Tabela 16 - Influência de pesos para os critérios na matriz de decisão. **Fonte:** Autor.

A escolha dos componentes permitiu esboçar o diagrama lógico apresentado na Figura 10. Foi considerado que, apesar de alguns desses equipamentos serem chamados de secundários, eles são de fundamental relevância no que tange ao atendimento dos requisitos levantados, fator que influenciou, também, na escolha dos componentes principais (microcontroladores/microprocessadores) para alcançar os objetivos gerais estabelecidos no

projeto. Sem eles, os critérios mencionados deixam de ser atendidos ou são de maneira não satisfatória.

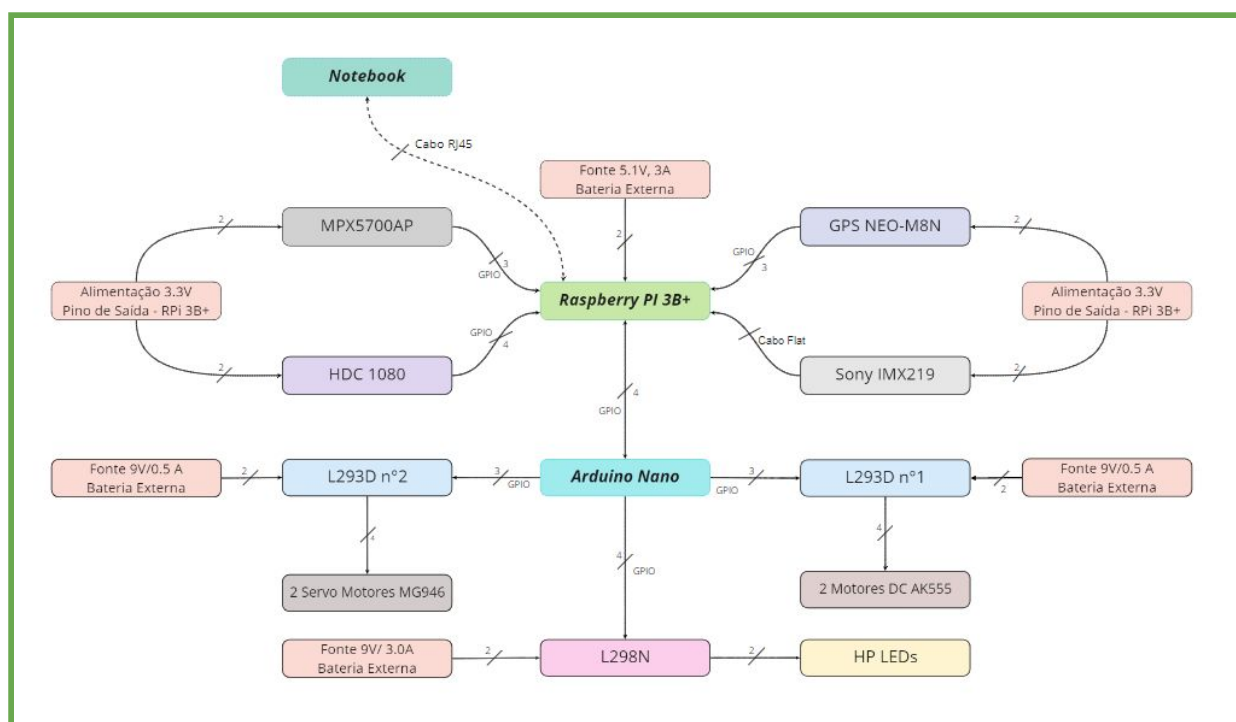


Figura 10- Diagrama Lógico do Sistema Embarcado. **Fonte:** Autor.

O diagrama inclui os componentes eletrônicos que serão utilizados, suas demandas energéticas requeridas para o adequado funcionamento e ainda a quantidade de conexões entre pinos necessárias. Cada um destes equipamentos foi escolhido para atender um ou mais dos requisitos listados e permitir soluções de modo a satisfazer os objetivos específicos. Tais componentes foram apresentados a seguir:

- **RaspBerry PI 3B+ (RPi):** Dentre as vantagens do uso desse tipo de *RaspBerry* PI destacam-se alta frequência de operação do processador (ARM) - quando comparado com outras placas analisadas (Dallagnol M. S., 2014) -, capacidade de processamento paralelo dos componentes conectados, uma das melhores opções quanto à memória RAM, slot para armazenamento externo de dados e conexão via cabo de rede. Este microprocessador irá processar e tratar dados advindos de outros 5 componentes, são eles: sensor de temperatura e pressão, câmera com infravermelho, GPS e microcontrolador Arduino.
- **Arduíno Nano:** A placa Arduino utiliza um microcontrolador ATmega328 com capacidade suficiente para controle de placas Ponte-H conectadas a ele. Este tipo de microcontrolador apresenta um desempenho melhor no propósito de controle para motores e servo motores (Smidt A. C. G., 2013). O objetivo de seu uso é evitar o acúmulo de funções e eventual sobrecarga no microprocessador RPi e facilitar as interconexões entre os demais componentes embarcados. As placas Ponte-H farão a conexão para controlar os motores e servo motores acoplados, além de controlar a intensidade de iluminação dos Led's de alta potência. Este tipo de arduino possui conversor A/D e ambiente de programação amigável, além de grande repositórios de projetos que podem ser usados como base.

- **MPX5700AP:** Sensor de Pressão é uma das propostas inovadoras no projeto e vai ajudar na coleta de dados de topologias e possíveis defeitos nas galerias de tubulações analisados. Possui faixa de leitura de pressão entre 15 kPa e 700 kPa e precisão de 24 bits.
- **HDC 1080:** Sensor de Temperatura e Umidade é outra proposta que pode auxiliar o entendimento de possíveis casos que podem ser encontrados. Este sensor possui baixo consumo de corrente, podendo medir temperaturas entre -40°C e 125°C. Possui ainda resolução de 14 bits, suporte ao protocolo de barramento I2C, alta precisão nas leituras de temperatura e ainda fornece leituras de umidade do ambiente.
- **GPS NEO-M8N:** “Global Positioning System” ou GPS é um sensor que auxiliará obter a posição da plataforma em tempo real dentro das tubulações analisadas. Este tipo de GPS é de fácil conexão com a RPi pois possui conexão direta via USB, além disso seu software possui compatibilidade com diversos sistemas operacionais, inclusive com o do microprocessador
- **Sony IMX219:** Câmera com Infra Vermelho (IR – Infra Red) para obtenção de imagens com qualidade em ambientes com baixa iluminação. Pode ser utilizada em conjunto com microcomputador ou somente com a RPi (Scheidemantel F.L., 2015). Apesar do recurso ‘IR’ a plataforma também será equipada com iluminação externa. Essa câmera possui resolução de 8 MPixels, obtém imagens de alta resolução em 1080p, 30 fps (3280 x 2464 Pixels) e utiliza protocolos seriais de comunicação - CSI2.
- **L293D:** Shield Driver Ponte-H baseado no chip L293D. Serão requeridos dois destes Shields, o primeiro ficará responsável pelo controle de dois motores DC, para tração nas rodas/esteiras da plataforma móvel, e o segundo será responsável pelo controle de dois servo motores que controlam a movimentação da câmera. Este drive dissipa, no máximo, até 4W de potência, o que é suficiente para o acionamento dos motores utilizados, além disso possui 4 canais permitindo a conexão de quatro motores ou dois servos motores simultâneos.
- **Servo Motor MG946:** Estes servos têm a função especial de controlar a movimentação horizontal e vertical da base onde ficará acoplada a Câmera IR e a iluminação externa por meio de LED’s. Possui modulação PWM, rotação em até 180° e engrenagem de metal. Além disso, possui torque de 11,0 kgf*cm quando alimentado com 6,0 V de tensão ou torque 9,4 kgf*cm quando alimentado com 4,8 V onde estima-se ser suficiente para sua função mesmo conectado com a menor tensão.
- **Motor DC AK555:** Os motores contêm caixa de redução acoplada o que aumenta o torque fornecido. Basicamente ficarão responsáveis pela movimentação de engrenagens conectadas a esteiras externas na plataforma. Podem fornecer até 11,1 kgf.cm de torque o que é suficiente para permitir a manobrabilidade através de PWM mesmo com somente dois motores – dianteiro e traseiro.
- **L298N:** Shield Driver Ponte-H baseado no chip L298N será necessário para o controle de intensidade na iluminação externa através de PWM. Este possui potência máxima dissipada de 25 W e 2 canais permitindo a conexão de até dois motores ou um servo motor ou ainda, como é o caso, o acionamento de LED’s de alta potência através de PWM.
- **HP Led’s:** Led’s de alta potência serão responsáveis pela iluminação externa da plataforma, permitindo obtenção de imagens de qualidade pela câmera, como alternativa ao acionamento dos Leds da câmera ‘IR’. Possui luz na cor branco frio ideal

para ambiente com baixa luminosidade, 100 W de potência e fluxo luminoso entre 8000 a 9000 lumens.

- **Cabo de rede Furukawa - UTP CAT6:** Para realizar a conexão direta entre a RPi e o notebook, optou-se por utilizar o cabo de transmissão de dados UTP categoria 6, devido a compatibilidade, por meio de conectores RJ45 e a possibilidade de realizar aplicações em padrões atuais de redes. Ele é formado por 4 pares trançados de condutores sólidos, de cobre, 24 AWG, isolados em polietileno especial e revestidos por uma capa externa de baixo atrito, em PVC. Tendo como base o alcance estabelecido, influenciado, também, pelo comprimento do cabo, foi pensado em um cabo de 100 metros de comprimento. Este cabo em conjunto com um revestimento externo com maior resistência à tração, pode permitir puxar a plataforma caso ela fique presa em obstáculos, em situações adversas, durante a inspeção[13].

6.2. Solução de Alimentação

A solução do subgrupo responsável pela alimentação será constituída de duas baterias que irão garantir o funcionamento perfeito e completo de todo o projeto, plataforma móvel e base de recarga, para as inspeções que serão realizadas nas galerias pluviais, como descrito na problematização. A forma de alimentação por bateria foi escolhida, principalmente, por conferir ao OlhaDuto maior autonomia para a realização das inspeções. O tipo de bateria foi escolhido levando em consideração, principalmente, o custo e a durabilidade. Portanto, a escolhida foi a tipo íons de lítio, que já é amplamente usada nos eletrônicos atuais, pois possui custo moderado, alta durabilidade e baixo peso.

Na plataforma móvel, a bateria será integrada ao motor e aos outros componentes eletrônicos. Essa será capaz de alimentar e garantir a autonomia do sistema como um todo. Até o momento, sabe-se que a bateria deverá alimentar motores, servo motores, sensores de pressão e umidade, uma câmera, um LED de alta potência e uma placa Raspberry. Portanto a bateria será dimensionada para comportar a demanda energética requerida de todos os subsistemas que compõem o dispositivo móvel. Como alternativas para recarregar essa bateria, foram levantadas duas opções, por indução ou por conector. Para esta tomada de decisão foram utilizados alguns critérios, onde os mais relevantes foram durabilidade, custo, tempo de recarga e custo de manutenção. Assim, pudemos concluir que a recarga por meio do conector mecânico é melhor para fins de projeto, uma vez que ele apresenta menor custo de implementação, menor tempo de recarga e menor custo de manutenção.

A bateria da base será recarregada a partir da rede de distribuição, armazenando a energia elétrica que aumentará a autonomia do dispositivo. Esta deve ser maior, em termos de capacidade, que a escolhida para o dispositivo móvel, pois deverá ser capaz de proporcionar mais de uma carga para o projeto.

6.3. Solução de Estrutura

Este tópico irá abordar as soluções encontradas para a estrutura.

6.3.1. Material do Chassi

Definidos os esforços em 4 principais pontos que regem a base para atender aos arquitetura do sistema.

Observando a necessidade de compor um chassi que seja capaz de resistir aos esforços mecânicos habituais, resistência para possíveis colisões com resíduos no ambiente, além disso, comprometer ao mínimo a capacidade de autonomia do protótipo, uma vez que a alimentação será limitada, o peso será de fundamental importância para o rendimento.

Com base nesses requisitos, foi montada uma matriz de decisão, Tabela 17 para avaliar os materiais que podem ser utilizados.

Matriz de Decisão						
Escolha do material		Alternativas				
Critérios	Pesos	Aço Inox	Aço	Alumínio	Acrílico	Compósito
Custo	3	2	3	8	5	2
Material	9	8	6	10	3	8
Peso	3	4	4	7	10	10
-	Total	90	75	117	72	108

Tabela 17 - Matriz de decisão material. **Fonte:** Autor.

Observando assim a singularidade de dois materiais: alumínio e compósitos. Posteriormente, será apresentado como será feita essa interação para a produção do chassi. Basicamente, o alumínio dará rigidez estrutural e a dissipação de calor e o compósito dará a resistência mecânica necessária em ambientes propostos para o projeto, uma vez que a dureza superficial, absorvendo bem aos impactos, e a resistência à abrasão é superior à do alumínio, além da redução de peso desejada.

6.3.2. Elemento Trativo

Em um ambiente onde a umidade é alta e portanto, fator de corrosão deve ser levado em consideração, além disso, a existência de resíduos, possíveis obstruções, variações na elevação e obstáculos em geral. Visto isso, foi identificado a existência de possibilidades além das rodas tradicionais para locomoção de veículos em geral. Sendo assim, foi construída uma matriz de decisão, Tabela 18 para selecionar as possibilidades disponíveis.

Matriz de Decisão					
Elemento Trativo		Alternativas			
Critérios	Pesos	Pneus	Esteira	Corrente	Articulados
Custo	3	8	6	8	2
Durabilidade	9	8	6	6	6
Peso	3	6	8	4	5
Manutenção	9	8	8	2	5
-	Total	186	168	108	120

Tabela 18 - Matriz de decisão elemento trativo. **Fonte:** Autor.

Outros elementos devem ser levados em conta para a escolha em definitivo, a dimensão (visto o trabalho em dutos menores) é um ponto a ser levantado.

6.3.3. Vedação

Observando a necessidade de comportar todos os componentes eletrônicos de forma segura, visto as possibilidades de entrada de água e resíduos em geral que possam danificar ou prejudicar de alguma forma a viabilidade da missão, é necessário a construção de um chassi que seja capaz de proteger todos esses elementos. Dado a escolha, foi então buscado modos de barrar a entrada de quaisquer resíduos, sejam eles líquidos ou sólidos.

Diante disso, a construção de uma matriz de decisão, Tabela 19 se viu mais uma vez necessária.

Matriz de Decisão				
Vedação		Alternativas		
Critérios	Pesos	CSL 588	CSL 506 T	Cola Junta
Custo	3	9	7	8
Durabilidade	9	7	8	6
Resistência	9	8	8	4
Isolamento E.	9	8	8	1
-	Total	186	189	117

Tabela 19 - Matriz de decisão vedação. **Fonte:** Autor.

A conhecida Cola Junta, adesivo indicado para junta de motores, mesmo com sua alta resistência a temperaturas, teve sua avaliação prejudicada por adesivos com isolamento elétrico.

6.3.4. Design

O comporte da estrutura deve ser capaz de analisar desde dutos de diâmetros próximos de 300 mm como de manilhas maiores, chegando até 2000 mm. Assim sendo, se fez necessário pensar em um design capaz de adentrar em dutos menores sem perder o poder de análise de dutos maiores. Observando opções existentes no mercado, foi reduzido para 3 as opções, ilustradas na Tabela 20 abaixo.



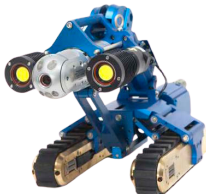
Matriz de Decisão				
Opções de Design		Alternativas		
				
Critérios	Pesos			
Funcionalidade	9	3	8	9
Implementação	9	5	7	7
Robustez	9	8	6	6
Simplicidade	3	9	5	1
-	Total	171	204	201

Tabela 20 - Matriz de decisão design. **Fonte:** Autor.

Foram analisados pontos positivos e negativos de cada uma das estruturas como elemento trativo, ganho de elevação no objeto de análise de imagens, variação na inclinação, estabilidade e robustez.

6.3.5. Justificativa

Sobre a estrutura, o conceito a ser usado foi o de um produto que seja útil ao maior número de galerias pluviais e de esgoto possíveis. Em virtude disso, foi necessária uma avaliação para que o produto possa funcionar nos menores dutos dentro da categoria de galerias pluviais, Figura 11, assim como também em maiores diâmetros. Além disso, deve proporcionar um formato capaz de trafegar em situações inóspitas em diversos aspectos, desde ocasiões com um nível mais alto de umidade, até ser capaz de ultrapassar dejetos, rachaduras e obstáculos em geral.



Figura 11 - Duto de drenagem do solo. **Fonte:** NTCBrasil

A princípio, por conta da dificuldade com a umidade dentro desses dutos, é necessário que todas as partes dos componentes eletrônicos estejam no interior da estrutura e isolados da entrada de resíduos ou água. A partir desta necessidade, desenvolveu-se um estudo a respeito da disposição dos subsistemas dentro do chassi.

A necessidade de ser funcional em dutos mínimos de 300 mm de diâmetro reduziram as dimensões do produto, ao mesmo tempo que se fez necessário adicionar mecanismos que auxiliem a análise em dutos maiores.

Com os requisitos propostos para o funcionamento da eletrônica juntamente com os requisitos anatômicos, o protótipo será construído da seguinte maneira:

Um chassi retangular com estrutura em alumínio, Figura 12, e chapas laterais em compósito. Alumínio escolhido com base em sua resistência mecânica acentuada e boa condutividade térmica. Chapas laterais em compósito justificadas por sua boa resistência mecânica e de modo especial, por sua leveza.

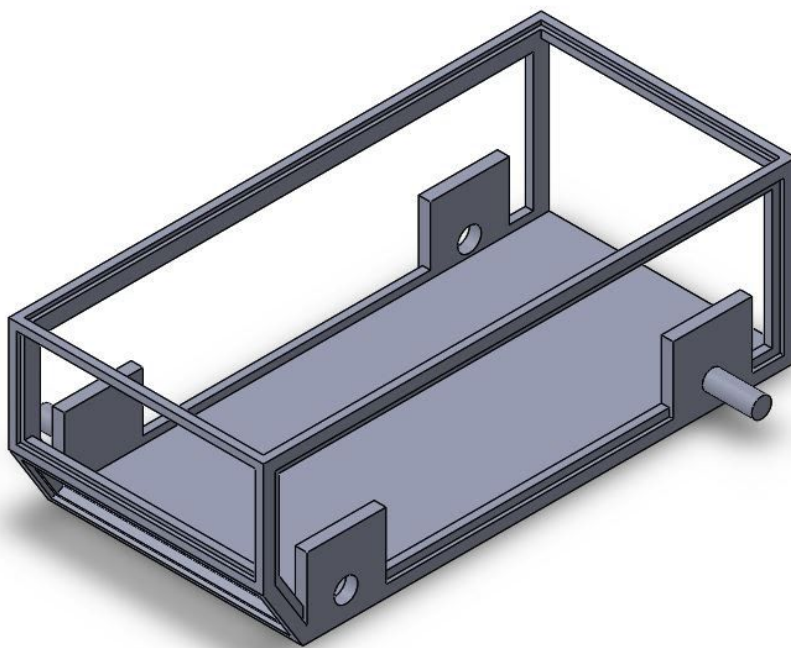


Figura 12 - Chassi em alumínio. **Fonte:** Autor

Movimentação se dará por esteiras acopladas ao chassi, Figura 13. Leveza, dimensões reduzidas e estabilidade estão entre as justificativas dessa escolha. Escolha essa que traz consigo a necessidade de dois motores que irão gerar o torque necessário em cada um dos lados.

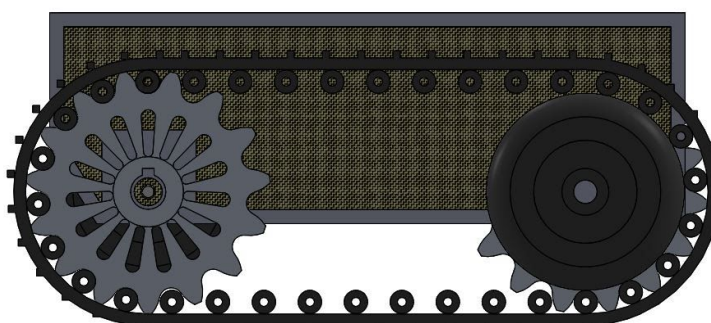


Figura 13 - Vista lateral do OlhaDuto. **Fonte:** Autor

Mecanismo de movimentação acoplado a parte superior do chassi, Figura 14, dará a possibilidade de elevação da posição da câmera que será utilizada para inspeção, possibilitando assim a inspeção mesmo em dutos maiores.

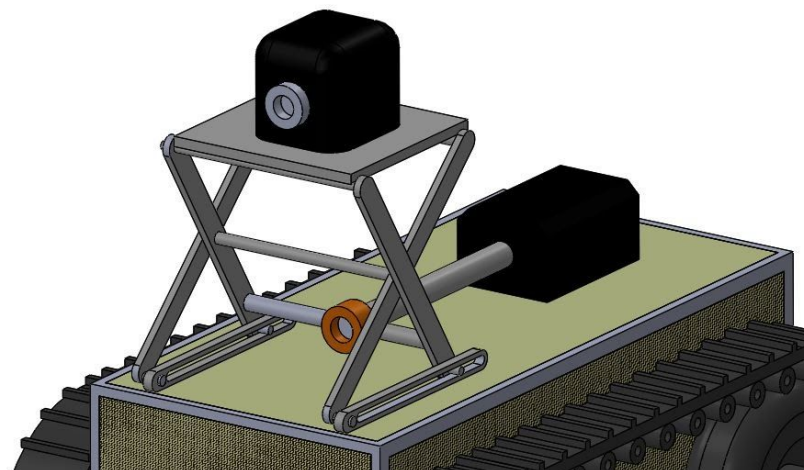


Figura 14 - Mecanismo da Câmera do OlhaDuto. Fonte: Autor

Para acomodar todos os componentes eletrônicos, será utilizado o selante/adeseivo CSL 506t para unir e vedar os componentes da estrutura do chassi, gerando um ambiente propício para a funcionalidade dos componentes eletrônicos e bateria do sistema, sem acrescentar assim peso ou aumentos na fragilidade da estrutura.

Pela necessidade de ser portátil, é necessário gerar um espaço considerável internamente, de modo que seja capaz de abrigar uma bateria e os demais sensores e placas eletrônicas. Além disso, também se fez necessário um maior comprimento, uma vez que o sistema pensado para abrigar e movimentar a câmera, de forma que esta seja capaz de variar sua altura será feito aos moldes de um “macaco mecânico” transformando rotação em elevação de altitude com o auxílio de um motor que disponibilize o torque necessário para elevar o suporte que conterá, além da câmera, leds que auxiliarão na captação de imagens em um ambiente de baixa luminosidade como será dentro dos dutos. Características ilustradas pela Figura 15.

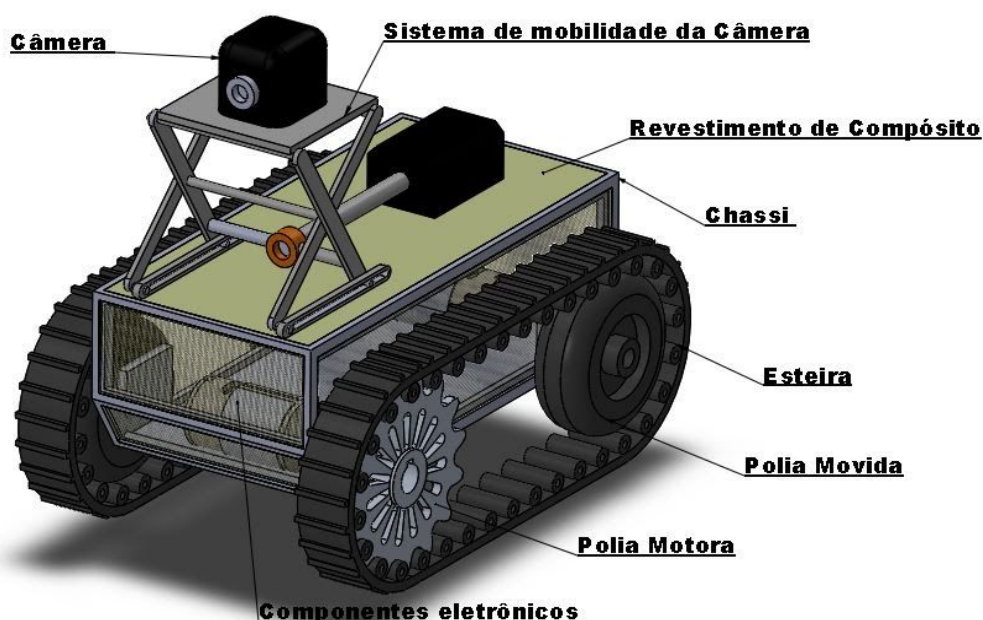


Figura 15 - Vista Isométrica do OlhaDuto. Fonte: Autor

Tudo isso gerando um protótipo leve que consiga ter uma boa autonomia, boa estabilidade, captação de imagem adequada para dutos de diâmetros diversos, e ainda assim consiga proteger todos os componentes em um ambiente inóspito.

De acordo com o CAD preliminar foi possível estimar o peso inicial da plataforma móvel que ficou em torno de 2,91 kg. Porém não leva em consideração o peso das baterias e outros componentes eletrônicos, portanto é apenas um cálculo aproximado para a fuselagem juntamente aos elementos trativos e motores.

Por fim, com a necessidade de gerenciar um dispositivo que irá contar com uma bateria que será a responsável pela autonomia do protótipo, se fez necessário a construção de uma base de recarga, Figura 16, e avaliação, para que o equipamento possa ser recarregado e ter sua autonomia estendida, caso seja necessário e para abrigar o desktop que será utilizado para gerenciar as imagens captadas pela câmera dentro do duto.



Figura 16 - Base de recarga do OlhaDuto. **Fonte:** Autor

O tripé e o Laptop facilitarão o uso do protótipo pelo responsável avaliador. Já a fonte de recarga poderá se conectar facilmente ao protótipo, estendendo sua autonomia. De forma simples, com montagem rápida e facilidade para locomoção.

6.4. Solução de Software

Como requisito primário do sistema de controle da plataforma móvel, foi realizado um brainstorming para levantar ideias de possíveis dispositivos que poderiam ser usados para interação do usuário com a plataforma. Baseado em experiências da equipe e exemplos da indústria os seguintes candidatos foram elencados:

- **Aplicativo para dispositivo móvel** (smartphone, tablet, etc...): o usuário poderia controlar a plataforma através de controles digitais de um aplicativo disponível em lojas de aplicativos;
- **Aplicação desktop**: instalando a aplicação em um notebook, o usuário poderia controlar a plataforma através de comandos do teclado e *touchpad*;

- **Dispositivo embarcado:** dispositivo de propósito específico para interação do usuário com a plataforma móvel;
- Combinação entre **embarcado e aplicativo para dispositivo móvel** [8].

Utilizando uma matriz de decisão e levando em consideração algumas características relevantes para a implementação de cada ideia, foi possível chegar numa decisão coerente. Para isso, foi necessário definir o peso que cada critério possui na decisão final. A Tabela 21 a seguir mostra tais critérios:

Critérios	Descrição
Mobilidade	Facilidade de transporte do controle remoto
Facilidade de implementação	Nível de complexibilidade da implementação
Usabilidade	Nível de facilidade do uso do controle remoto
Confiabilidade	Capacidade do sistema funcionar sem ocorrência de falhas
Tempo de resposta	Diferença do tempo entre a ação do operador e a resposta do veículo
Portabilidade	Capacidade de ser compilado e executado em diferentes ambientes
Custo (Produto)	Custo final para adquirir o produto
Custo (Desenvolvimento)	Custo para desenvolver o produto
Interoperabilidade	Capacidade de fazer interface com outros sistemas

Tabela 21 - Critérios para decisão do controle da plataforma. **Fonte:** Autor

Os pesos foram definidos de maneira categórica onde o peso 1 representa uma influência baixa na decisão, o peso 3 uma influência média e o peso 9 uma influência alta conforme ilustrado na Tabela 22 seguir:

Pesos	
1	Influência baixa
3	Influência média
9	Influência alta

Tabela 22 - Pesos a serem distribuídos por critério. **Fonte:** Autor

Por meio dessa metodologia, uma matriz de decisão foi construída para selecionar a melhor ideia dentre as elencadas para o controle da plataforma móvel. A imagem a seguir mostra as ideias candidatas e suas respectivas notas (valor inteiro variando entre 1 e 5 inclusos) para cada critério:

Matriz de Decisão					
Escolhas do Controle Remoto		Alternativas			
Critérios	Pesos	Mobile	Desktop(not ebook)	Dispositivo Embarcado	Mobile + Embarcado
Mobilidade	9	5	4	3	5
Implementação	9	3	4	2	1
Usabilidade	9	2	4	3	5
Confiabilidade	9	2	3	4	1
Tempo de Resposta	3	2	4	5	2
Portabilidade	1	4	4	1	2
Custo(produto)	9	5	4	2	1
Custo(desenv.)	3	4	5	2	1
Interoperabilidade	1	3	4	1	3
-	Total	178	206	149	131

Tabela 23 - Matriz de decisão para controle da plataforma móvel. Fonte: Autor

Conforme indicado na imagem acima, a aplicação desktop recebeu a melhor nota final e foi eleita a solução preferível para a interação usuário-plataforma. Segue algumas justificativas da maior e menor nota de cada critério:

1) Mobilidade:

- Mobile - nota 5: por ser um aplicativo no *smartphone* ou *tablet* do usuário, possui a maior mobilidade;
- Dispositivo Embarcado - nota 3: possui uma mobilidade média já que dependeria do tamanho final do *case* com os circuitos eletrônicos.

2) Facilidade de implementação:

- Aplicação Desktop - nota 4: possui uma facilidade de implementação razoável já que a tecnologia *Electron JS* facilita a compilação para múltiplos sistemas operacionais com o mesmo código base;
- Mobile + Embarcado - nota 1: é o mais difícil de ser implementado pois, além da necessidade do desenvolvimento do aplicativo, seria necessário construir o dispositivo embarcado que se comunicaria com o aplicativo e a plataforma móvel.

3) Usabilidade:

- Mobile + Embarcado - nota 5: recebe a nota máxima pois, além da tela sensível ao toque do *smartphone/tablet*, o dispositivo embarcado contaria com

controles analógicos que permitiriam uma navegação intuitiva da plataforma móvel;

- b) Mobile - nota 2: recebe a menor nota já que os controles da aplicação seriam digitais na tela do smartphone ou tablet do usuário.

4) Confiabilidade:

- a) Dispositivo Embarcado - nota 4: recebe a maior nota pois a comunicação serial junto com algoritmos de controle de erro de paridade permitiriam uma melhor confiabilidade mas ainda estaria suscetível a falhas;
- b) Mobile + embarcado - nota 1: recebe a menor nota já que a comunicação entre o controle e a plataforma móvel seria sem fio deixando mais propício a falhas.

5) Tempo de resposta:

- a) Dispositivo Embarcado - nota 5: por utilizar a comunicação serial, o *overhead* de empacotamento e camadas de transporte seria mínimo em comparados a comunicação de rede na aplicação desktop.
- b) Mobile - nota 2: recebe a menor nota pois possui poucas entradas para comunicação direta via cabo. Consequentemente, a solução disponível seria a comunicação sem fio entre a plataforma móvel e o dispositivo móvel do usuário.

6) Portabilidade:

- a) Desktop - nota 4: possui uma portabilidade razoável já que será desenvolvido utilizando o framework *Electron JS* conforme justificado no tópico 4.2.2.
- b) Dispositivo embarcado - nota 1: possui a menor portabilidade já que os dispositivos embarcados, de modo geral, são construídos para um hardware específico atendendo um conjunto limitado de requisitos, diferente dos computadores de propósito geral como laptops.

7) Custo (Produto):

- a) Mobile - nota 5: recebe a maior nota já que o aplicativo poderia ser disponibilizado de graça nas lojas de aplicativos. Por conseguinte, seria necessário que o usuário tivesse um smartphone ou um tablet para uso do aplicativo;
- b) Mobile + Embarcado - nota 1: além de ser necessário a posse de um smartphone para utilizar o aplicativo, o usuário precisaria comprar o controle embarcado.

8) Custo (Desenvolvimento):

- a) Aplicação Desktop - nota 5: recebe a nota máxima pois não é necessário pagar pela ferramenta de desenvolvimento *Electron JS* que será utilizada. E através dessa ferramenta, é possível gerar o instalado para múltiplos sistemas operacionais;
- b) Mobile + Embarcado - nota 1: para desenvolver o aplicativo para IOS seria necessário a posse de um MacBook [9]. Além disso, seria necessário comprar os microcontroladores e atuadores necessário para construção do controle embarcado.

9) Interoperabilidade:

- a) Aplicação Desktop - nota 4: recebe a maior nota já que seria capaz de fazer interface com múltiplos sistemas além da plataforma móvel;
- b) Dispositivo embarcado - nota 1: recebe a menor nota por ser um sistema embarcado de propósito específico e conseguiria fazer interface apenas com a plataforma móvel.

6.5. Comunicação entre aplicação desktop e a plataforma móvel

6.5.1. Conexão de rede

Uma das decisões do projeto é de que o controle do OlhaDuto será feito através de computadores com software próprio instalado, este também será desenvolvido. Tendo como referência o Modelo OSI (Open System Interconnection) nas camadas 1 (Física), camada 2 (Enlace) e camada 3 (Rede) serão utilizados os protocolos IEEE 802.3, Ethernet e IP (versão 4) respectivamente. Da camada 4 em diante a comunicação será especificada pela arquitetura do ROS2, framework que também será utilizado no projeto e terá seu funcionamento mais detalhado na seção 6.5.2.

Outra condição já definida no projeto é que a ligação física entre ambos os dispositivos, o computador do usuário e o OlhaDuto, acontecerá de forma direta através de um cabo, sem nenhum dispositivo de roteamento entre eles. Nesse cenário, é condição necessária, devido ao funcionamento do protocolo IP, que ambos os dispositivos envolvidos na comunicação tenham, em algum momento, sido atribuídos endereços IP válidos e que estejam na mesma rede para que haja comunicação.

Sob a visão de produto, é desejado que as configurações citadas aconteçam da forma mais automática possível, plugar e utilizar. A opção escolhida para atingir esse objetivo nesse projeto é a de que na própria plataforma móvel OlhaDuto estará sempre em execução um servidor DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol). Com isso, as configurações de rede relevantes para o seu funcionamento (endereço IP e máscara de rede) estão configuradas de forma estática na plataforma e qualquer dispositivo que possua um cliente DHCP em execução, configuração padrão para todos computadores domésticos (que não são utilizados como servidores), receberá configurações compatíveis ao se conectarem.

Seguindo essa estratégia, usuários da plataforma, que não precisarão ter conhecimentos avançados sobre computação ou redes de computadores, terão seu equipamento pronto para uso ao conectar o cabo na plataforma. O inconveniente dela é que o computador conectado terá sua conexão de rede trazida exclusivamente para o propósito de se comunicar com a plataforma, provavelmente sendo necessário até o desativamento da rede Wi-Fi (se isso não for feito de forma automática pelo sistema operacional), porém, como o ambiente padrão de uso do OlhaDuto será externo, na rua, esse problema não é entendido como um impeditivo. Como trabalhos futuros, é possível adicionar opções mais dinâmicas de configuração de rede, mas isso não faz parte do escopo inicial deste projeto.

6.5.2. Robotic Operating System (ROS)

Aqui “controle” refere-se ao controle da plataforma física do OlhaDuto, à nível de aplicação será utilizado o ROS2 como ferramenta intermediária da comunicação (middleware) necessária a esse controle. O ROS2 é a segunda grande versão do ROS (Robot Operating System), um framework open source flexível para escrita de software para robôs [7]. Ele, nessa segunda versão, utiliza como middleware uma implementação do DDS (Data Distribution Service) escrita pelo OMG (Object Management Group), grupo responsável por outros padrões importantes em Engenharia de Software, como UML (Unified Modeling Language) e CORBA (Common Object Request Broker Architecture) [6].

Devido ao uso do DDS, o ROS2 utiliza como padrão para transporte das mensagens o publish-subscribe e o UDP (User Datagram Protocol) como protocolo da camada 4 (Transporte). O UDP deixa de oferecer uma série de recursos, inclusive de confiabilidade, quando comparado à principal alternativa, o TCP (Transmission Control Protocol), então para manter a robustez, além do UDP, o DDS também utiliza o DDSI-RTPS (DDS Interoperability Wire Protocol), que implementa alguns dos recursos presentes no TCP de forma mais flexível, além de recursos extras. [6]

Outra característica importante trazida pelo uso do ROS2, é a implementação de um serviço de descoberta automático, permitindo a total descentralização da aplicação com um todo. Não existirá uma entidade que exerce um papel central, como de broker (intermediário) ou servidor, existirão entidades chamadas nós (nomenclatura característica do modelo publish-subscribe), esses nós descobrirão um ao outro de forma automática e a comunicação acontecerá entre eles. Eles podem ser implementados em diferentes linguagens, característica notável de interoperabilidade do DDS, e existirá pelo menos um nó na aplicação desktop e um nó na plataforma móvel.

6.6. Arquitetura de Software

Para o desenvolvimento do software por trás do OlhaDuto, por se tratar de uma aplicação nativa para desktop, será utilizado o próprio armazenamento local para guardar relatórios e as imagens oriundas de inspeções realizadas, de acordo com a figura 17. Será utilizado o ROS 2 como framework para desenvolver as questões do controle, transmissão de imagens ao longo das inspeções e comunicação em geral, já que existe um nó tanto no computador quanto na plataforma móvel.

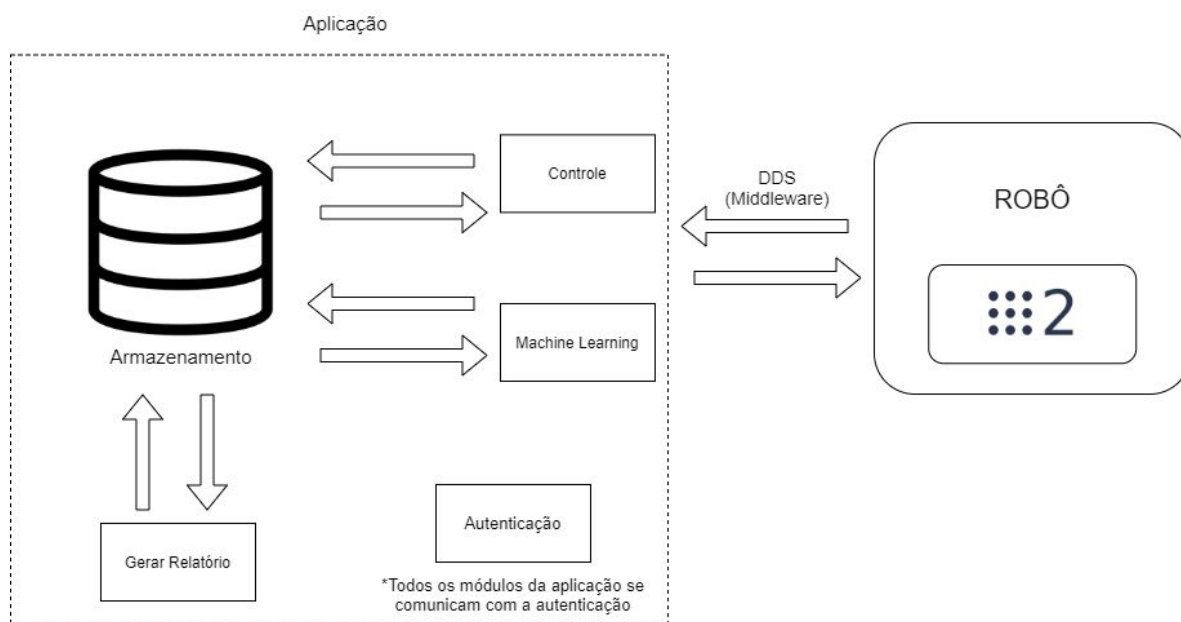


Figura 17 - Visão geral da arquitetura. **Fonte:** Autor.

6.6.1. Módulo de Machine Learning

O módulo de Machine Learning terá como objetivo indicar a presença e a posição de prováveis rachaduras nas imagens capturadas pelo robô e enviadas a aplicação desktop. Por meio da segmentação dessas imagens, que é um processo capaz de indicar regiões que sejam caracterizadas como rachaduras, o módulo será capaz de gerar um resultado similar ao apresentado figura 18:



Figura 18 - Exemplo de segmentação de imagem para detecção de rachadura. **Fonte:**

https://github.com/khanhha/crack_segmentation

Esse resultado será apresentado ao usuário por meio da interface gráfica, onde ele poderá validar a predição feita e indicar se a região fotografada pelo robô realmente possui uma falha. Por meio dessa validação, o modelo preditivo será capaz de aprender de maneira contínua, aprimorando sua performance e acurácia.

6.6.2. Módulo de Controle

O módulo de controle será o módulo responsável por permitir que o usuário controle a plataforma móvel. Através dele o usuário poderá enviar comandos relativos ao controle do deslocamento, posição e direção da câmera, controle de luminosidade, etc. Ele também é o responsável por receber imagens da câmera e exibi-las ao usuário.

A maior parte da complexidade desse módulo estará em definir os tipos e formatos das mensagens considerando o efeito desejado, além do escalonamento entre tarefas que necessitam enviar comandos e as que precisam receber dados. Tarefas de ambos os tipos devem ser realizadas com frequência regular e com independência sobre outros aspectos da aplicação, são tarefas prioritárias e essenciais ao sucesso da realização de uma inspeção.

6.6.3. Módulo de Relatórios

O módulo de relatórios tem como objetivo a geração e o download de arquivos PDFs com as informações sobre uma inspeção. O usuário poderá, ao realizar o download, compartilhar o relatório com outras pessoas da equipe de inspeção. Será possível gerar e realizar o download de qualquer inspeção já realizada e mantida no sistema.

Os relatórios deverão conter informações relevantes tais como patologias encontradas e suas respectivas localizações, tempo de duração, data e hora da realização da inspeção e usuário responsável pela inspeção. Um requisito desejável mas que não será implementado conforme o tópico 4.2.1.3 indica é a possibilidade de editar um relatório. Por conseguinte, os relatórios só poderão ser gerados automaticamente e conterão apenas as informações previamente selecionadas e imutáveis sobre uma inspeção.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como resultado obtido no desenvolvimento das atividades referentes ao Ponto de Controle 1, tivemos:

- O entendimento do problema e a elaboração da solução.
- Foram organizados os processos para o desenvolvimento da tecnologia empregada no protótipo final.
- Definição das soluções de engenharia.
- Tradução dos requisitos em produtos de engenharia.
- Escolha de materiais e componentes.

A partir dos dados coletados, terá início às próximas etapas do desenvolvimento, onde serão finalizados os processos de evolução das arquiteturas empregadas, integração de subsistemas, testes e documentação.

O protótipo de alta fidelidade da solução de software consta na seção de apêndice 9.4. Levando em consideração todos os resultados apresentados neste relatório, bem como os requisitos e uma primeira visão de como o projeto está encaminhado para o desenvolvimento.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [0] ADASA - Manual de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas do Distrito Federal. Brasília, Distrito Federal.
- [1] ABTC - Avaliação comparativa do desempenho entre tubos rígidos e flexíveis para utilização em obras de drenagem de águas pluviais. Disponível em: <https://www.abtc.com.br/site/download/avaliacao_obras_drenagem.pdf> Acesso em: setembro de 2020.
- [2] WEBER, Bruno P. - Patologias em galerias pluviais de concreto - Estudo de caso da cidade de Brasília/ DF. 2012.
- [3] REVISTA IBRACON - Revista Ibracon de Estruturas. Instituto Brasileiro de Concreto. Disponível em: http://www.ibracon.org.br/pepublicacos/revistas_ibracon/rev_estruturas/ > Acesso em: Setembro de 2020.
- [4] COBRADE - Classificação e codificação Brasileira de Desastres. Disponível em: <https://defesacivil.es.gov.br/Media/defesacivil/Publicacoes/Simbologia%20dos%20Desastres.pdf>. Acesso em: Setembro de 2020
- [5] Semantic Versioning. Disponível em: <https://semver.org/>. Acesso em: Setembro de 2020.
- [6] ROS2 - ROS on DDS. Disponível em: http://design.ros2.org/articles/ros_on_dds.html . Acesso em: Setembro de 2020
- [7] ROS - About ROS. Disponível em: <https://www.ros.org/about-ros/> . Acesso em: Setembro de 2020
- [8] DJI - Mavic Air 2. Disponível em: <https://www.dji.com/br/mavic-air-2?site=brandsite&from=nav>. Acesso em : Setembro de 2020
- [9] Getting Started with iOS App Development. Disponível em: <https://aws.amazon.com/pt/mobile/mobile-application-development/native/ios/>. Acesso em: Setembro de 2020.
- [10] DallAgnol M. S. Projeto de disciplina para o aprendizado em Linux e Raspberry Pi. Monografia. Universidade de São Paulo. São Carlos, 2014.
- [11] Smidt. A. C. G. Implementação de uma plataforma robótica controlada remotamente usando Arduino. Monografia Universidade de São Paulo. São Carlos, 2013.

[12] Scheidemantel F.L. Monitoramento de vídeo por meio do computador Raspberry Pi. Monografia. Universidade de Brasília. Brasília - DF, 2015.

[13] Furukawa. Catálogo geral - Soluções inteligentes para infraestrutura de redes, 2010.

[14] ARTIA. WBS: entenda como e por que utilizar uma Estrutura Analítica de Projeto!, 2020. Disponível em: <<https://artia.com/blog/wbs-entenda-como-e-por-que-utilizar-uma-estrutura-analitica-de-projeto/>>. Acesso em Setembro de 2020.

[15] NBR 8890/07 - Norma Brasileira Regulamentadora 8890/07 Tubo de Concreto de secção circular para água pluvial e esgoto sanitário. Requisitos e métodos de ensaio. Disponível em: <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/758/abnt-nbr8890-tubo-de-concreto-de-secao-circular-para-agua-pluvial-e-esgoto-sanitario-requisitos-e-metodos-de-ensaios> . Acesso em: Setembro de 2020.

[16] PMI - Project Management Institute 2013 Annual Report. Disponível em: <https://www.pmi.org/-/media/pmi/documents/public/pdf/about/annual-reports/pmi-annual-report-consolidated-financials-2013.pdf?v=dac03206-adec-43a0-87cf-98ea050138cc> . Acesso em: Setembro de 2020.

9. APÊNDICES

9.1. Atas reuniões

9.1.1. ATA REUNIÃO MICROSOFT TEAMS DIA 19/08 19:00

Foi levantado questões a serem respondidas e assim refinar o escopo do projeto.

Pontos mais gerais

1. O que já existe de similar no mercado?
2. Existe alguma restrição da disciplina?
3. Quem vai ser o usuário?
4. Inspeccionar dutos que passam...? (Líquido, sólido, particulado, pastoso)
5. O que colocar de informações?
6. Industrial ou urbano?
 - a. Inspeccionar só no seco?

Pontos mais específicos

1. Diâmetros do duto;
2. Inclinação do duto;
3. Como será o controle ? (Celular, computador, outro equipamento)
4. Custo;
5. Peso;
6. Resistência;
7. Alimentação;
8. Comunicação (protocolos);

9.1.2. ATA REUNIÃO MICROSOFT TEAMS DIA 21/08 19:00

Pontos a serem resolvidos:

1. Escolher o foco da análise de tubulações (Esgotos/Galerias Pluviais) ou dutos industriais.

Votação feita no Grupo do Telegram. Foi definido trabalhar com dutos de galerias pluviais.

2. Felipe sugere que se faça análise preventiva ao invés de corretiva: o benefício seria o de evitar a complexidade de detritos.

- a. Definido como uma análise Preventiva do Duto. Analisando tanto antes da inauguração, como com análises periódicas para evitar possíveis problemas, quanto com análises posteriores aos problemas, avaliando as causas.

Dificuldade encontrada: Tempo de duração da bateria de um protótipo para tubulações de diâmetro maior.

3. Definição dos papéis de cada membro.
4. Plataforma deveria ser adaptável a canais pluviais possivelmente alagados.

Para a próxima reunião: Requisitos necessários para definir o projeto e apresentar ao orientador. Metodologia ágil que será seguida.

Terça às 19:00hrs

9.1.3. ATA REUNIÃO MICROSOFT TEAMS DIA 25/08 19:00

Pautas da Reunião

Requisitos básicos para eletrônica: Cabo inicialmente a frente da bateria.

Matriz de Decisão - Arquivo a ser enviado para o grupo

Placa Raspberry de Corrente Contínua: Possibilidade de sensores

Placa L298N : Comunicação da RaspBerry com os motores

De 6 a 35 v : Possibilidade de controle de Velocidade

Possibilidade de processamento digital de imagens

Dúvida: Câmera com auxiliada a uma fonte luminosa x Câmera infravermelho

- Menor diâmetro de tubulação possível 300mm

- Variação da posição da Câmera (Braço Robótico)

Uso do GitHub e do Google Drive para compartilhamento de informações.

Formas de controle do protótipo : Celular, Desktop, formas de controle independente ?

- Custos e Performance.

Votação: Integração RaspBerry - Computador (Necessário fazer comparações que justifiquem a escolha)

Para Próxima Reunião: Matriz dos Subsistemas para serem apresentadas na próxima reunião. Características globais finalizadas na próxima reunião. Iniciar o trabalho com cronograma.

9.1.4. ATA REUNIÃO MICROSOFT TEAMS DIA 11/09 16:00

Pautas da Reunião

Cada apresentação foi realizada num time-box de 10 minutos com a abertura de 5 minutos para perguntas para cada equipe.

Eletrônica:

Pretendem continuar o que já foi produzido e fornecer um diagrama com a questão de estrutura, com uma entrega até segunda feira.

- Utilizar cabo de rede utp;

- Pesquisar sobre baterias diferentes para poder alimentar cada módulo;

Software:

Software apresentou o diagrama referente a arquitetura geral sobre o que é a aplicação, onde vai ser desktop interagindo com o protótipo através de um framework chamado ROS. Foi dividido em módulos:

- Machine Learning;

- Controle;

- Autenticação;

- Relatório;

Apresentação sobre o levantamento de requisitos realizado, utilizando o método MOSCOW, onde é atribuído um valor de importância para cada requisito.

- Requisitos funcionais

- Requisitos não funcionais

Com isso dá-se um entendimento quase geral das possibilidades que o protótipo poderá fazer.

Ícaro: Levantou a necessidade de discutir com o subsistema de eletrônica, a capacidade de conexão com o robô para que seja o máximo “plug and play” possível.

Alimentação (energia):

Iniciaram a escrita do ponto de controle 1, acrescentando nela solução de problemas e propostas da parte de energia.

A maior dúvida, é a necessidade de levantar um nome específico para se chamar o “produto” de projeto.

Perguntas:

- Conversar sobre o dimensionamento de bateria;

- Onde será escrito o ponto de controle;

- Como vai ser o controle do carrinho;

- Conversar com o pessoal de estrutura sobre a base para carregar a energia do carrinho.

Estrutura (automotiva e aeroespacial):

Organizaram requisitos e definiram algumas questões como a esteira e justificaram a questão de ser dois motores. Foi conversado a possibilidade da elevação da câmera sem um gasto grande de energia.

Assuntos Gerais:

Plataforma a ser utilizada para confecção dos relatórios: Overleaf x Google Drive;
Sugestão de nomes para o protótipo vai ser pelo telegram;

9.2. EAP

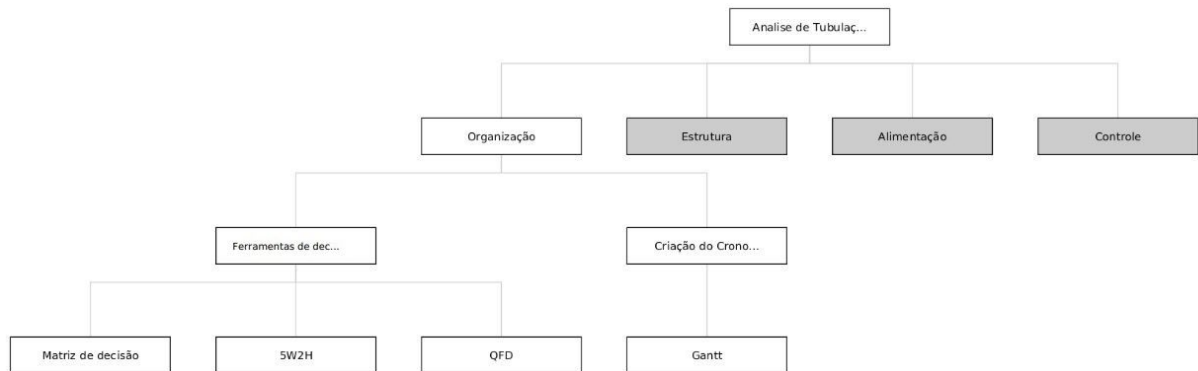


Figura 19 - EAP Organização. **Fonte:** Autor.

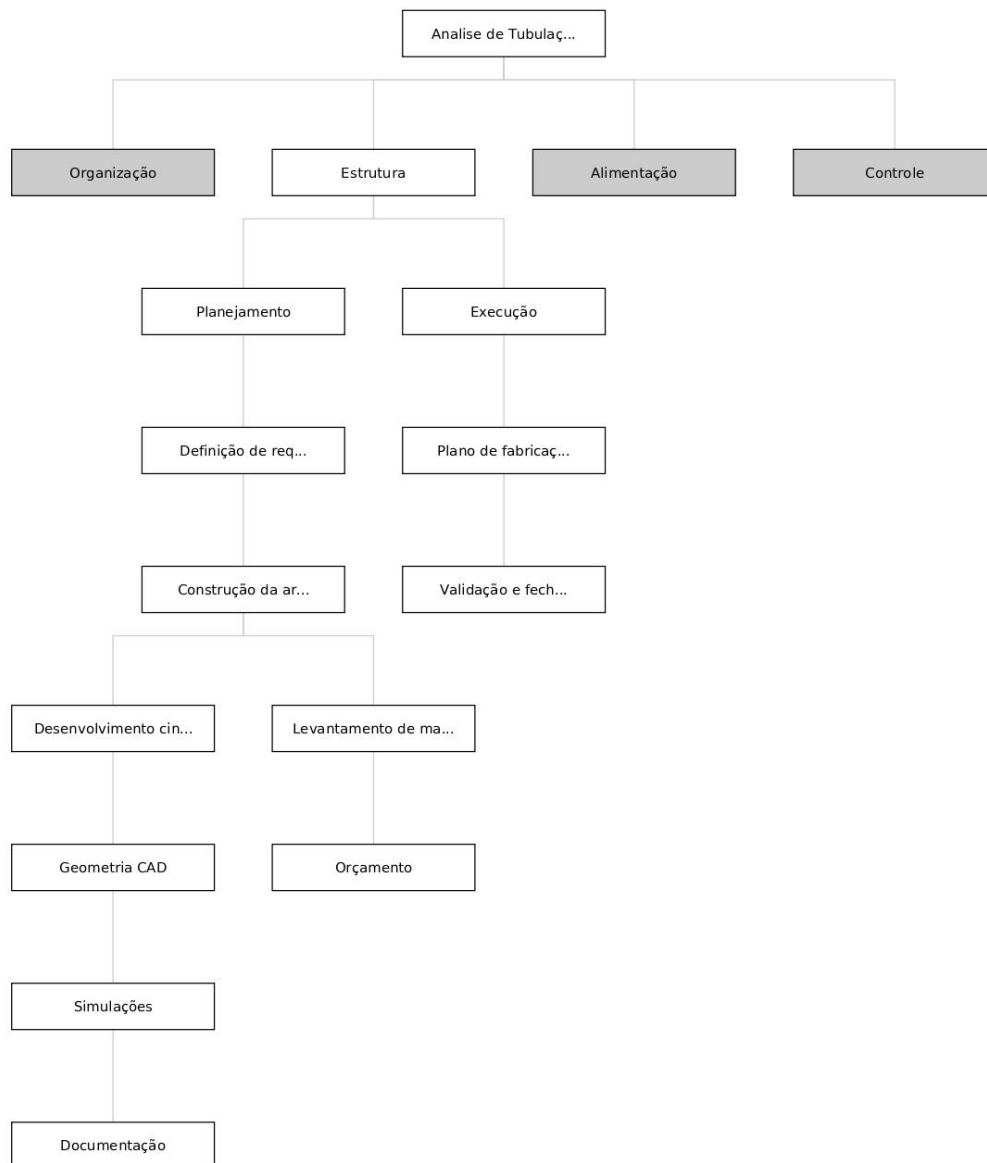


Figura 20 - EAP Estrutura. Fonte: Autor.

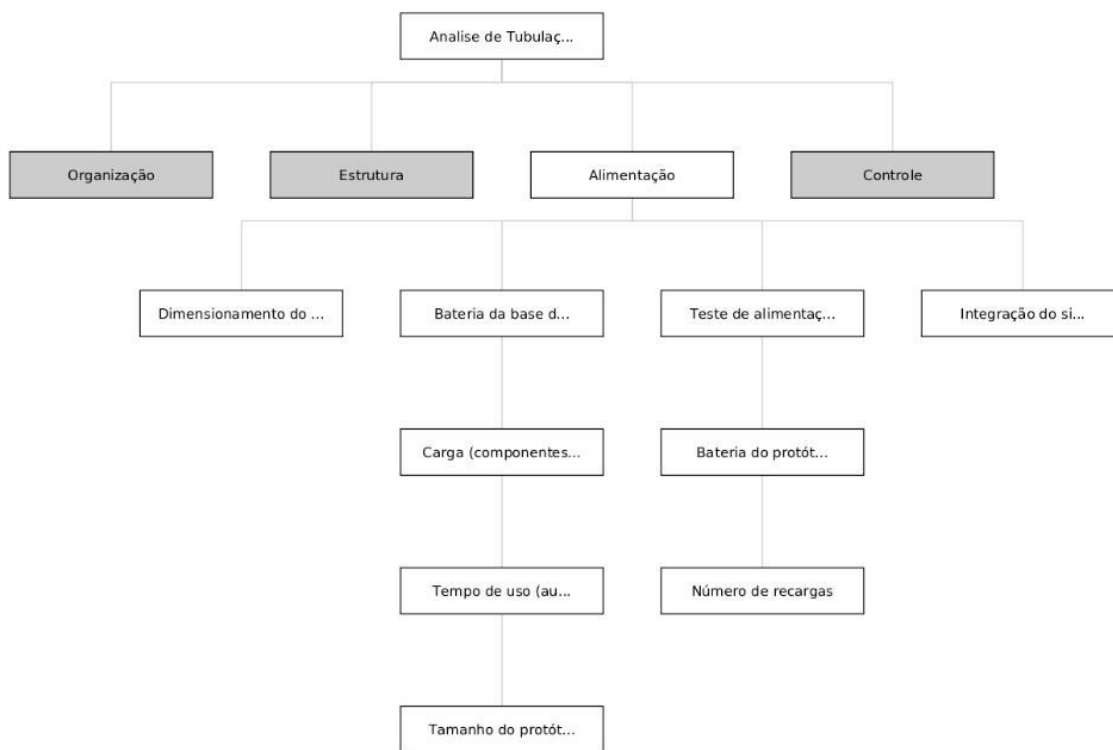


Figura 21 - EAP Alimentação. Fonte: Autor.

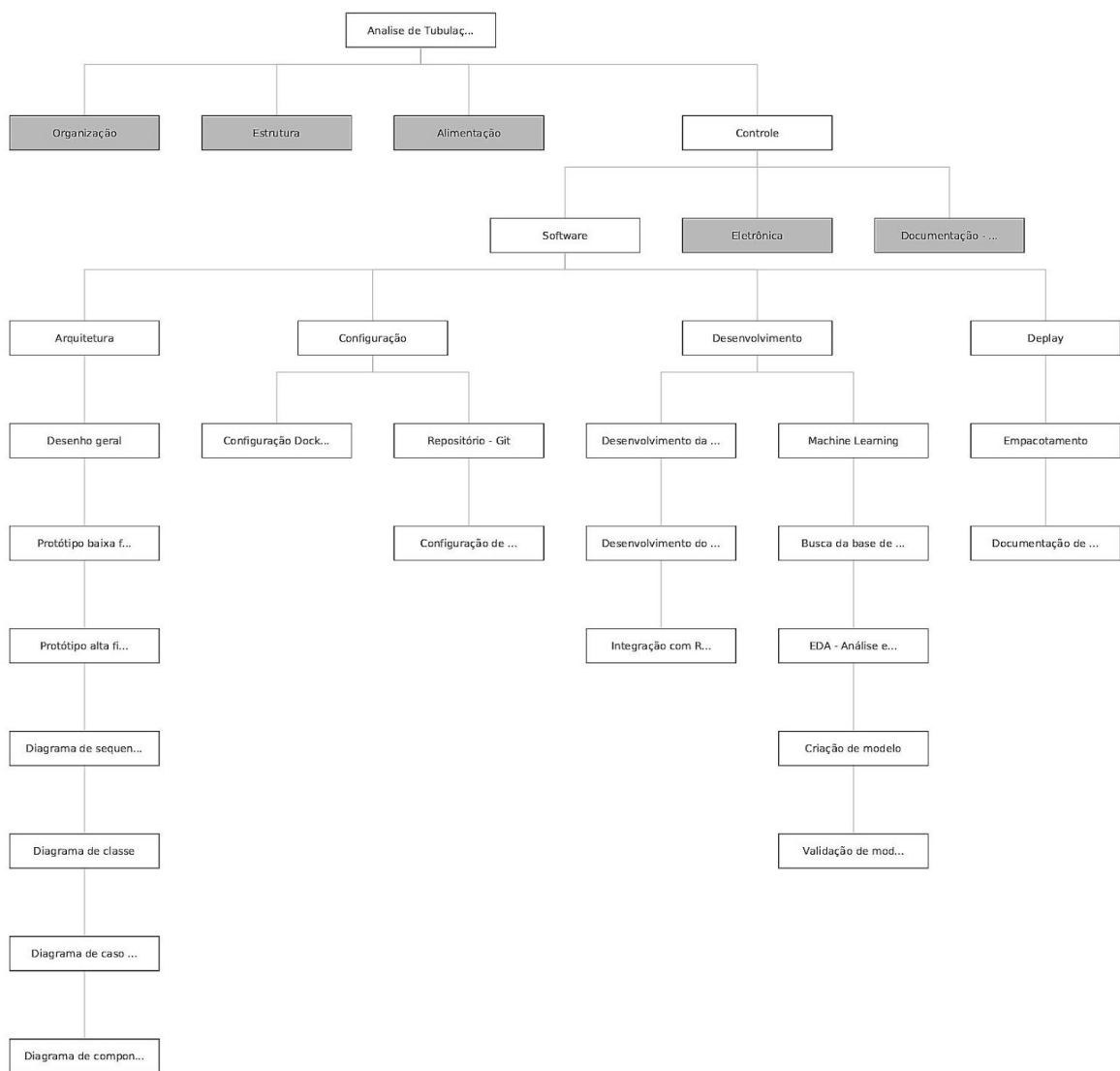


Figura 22 - EAP Controle-Software. Fonte: Autor.

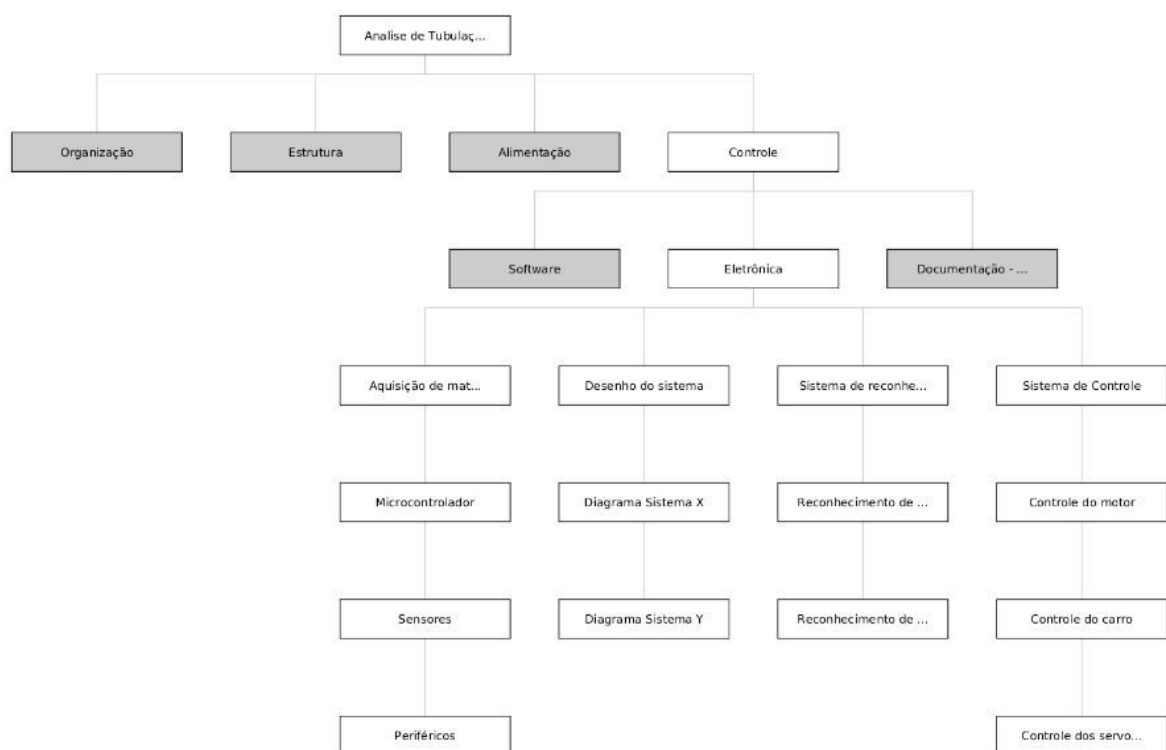


Figura 23 - EAP Controle-Eletrônica. **Fonte:** Autor.

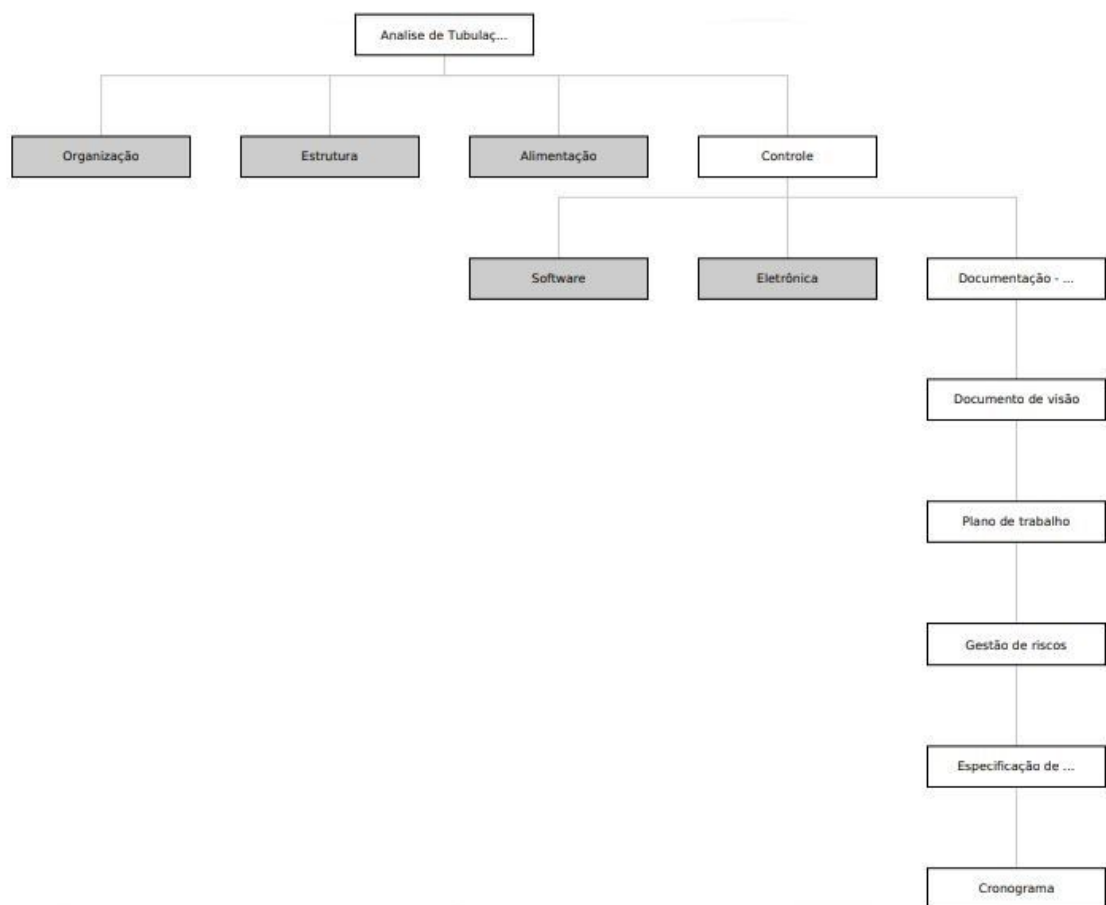


Figura 24 - EAP Controle-Documentação. Fonte: Autor.

9.3. Lista é/Não é

É	NÃO É
A prova d'água Preventivo/ Inspeção Desmontável Controlado / guiado Comunicação cabeada	Não opera em água Corretivo Não é inteiriço Autônomo Wireless

Tabela 24 - Lista É/NÃO É. **Fonte:** Autor.

9.4. Protótipo de alta fidelidade da aplicação de Software

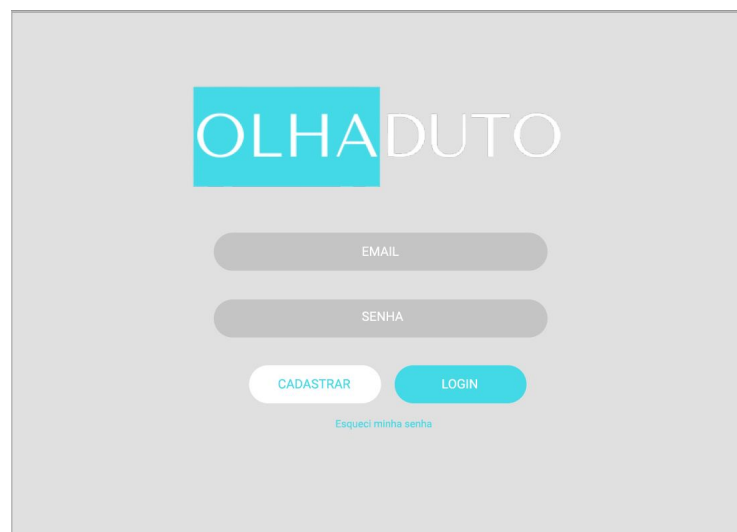
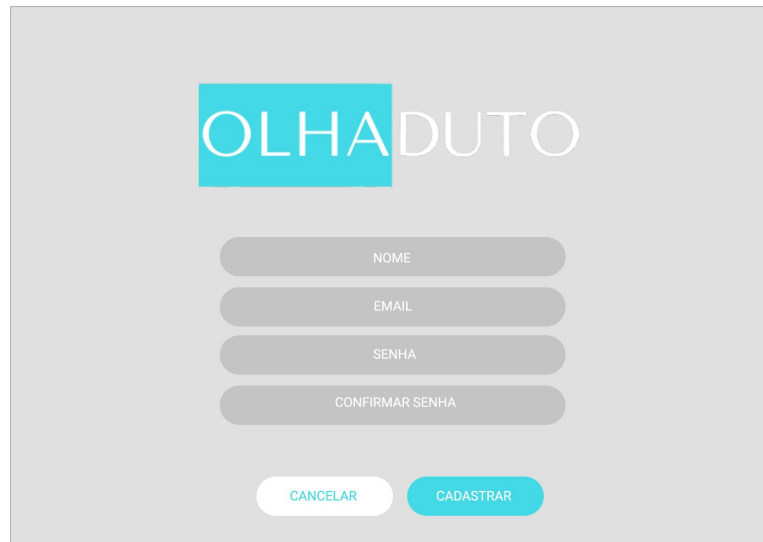


Figura 25 - Tela de login. **Fonte:** Autor.



Figura 26 - Tela de menu principal. **Fonte:** Autor.



OLHADUTO

NOME

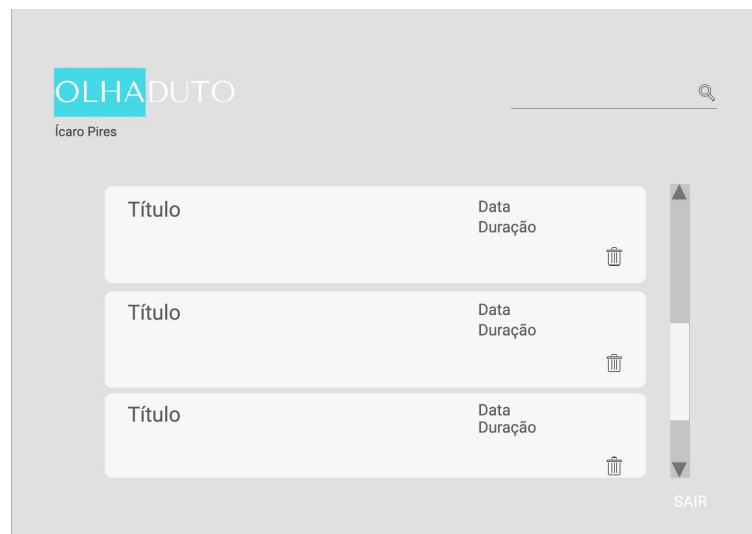
EMAIL

SENHA

CONFIRMAR SENHA

CANCELAR CADASTRAR

Figura 27 - Tela de cadastro. **Fonte:** Autor.



OLHADUTO

Ícaro Pires

Título Data Duração

Título Data Duração

Título Data Duração

SAIR

Figura 28 - Tela de histórico. **Fonte:** Autor.



OLHADUTO

Ícaro Pires

Lorem ipsum

Lorem ipsum

Lorem ipsum

Voltar Exportar modelo em uso SAIR

Figura 29 - Tela de configurações. **Fonte:** Autor.

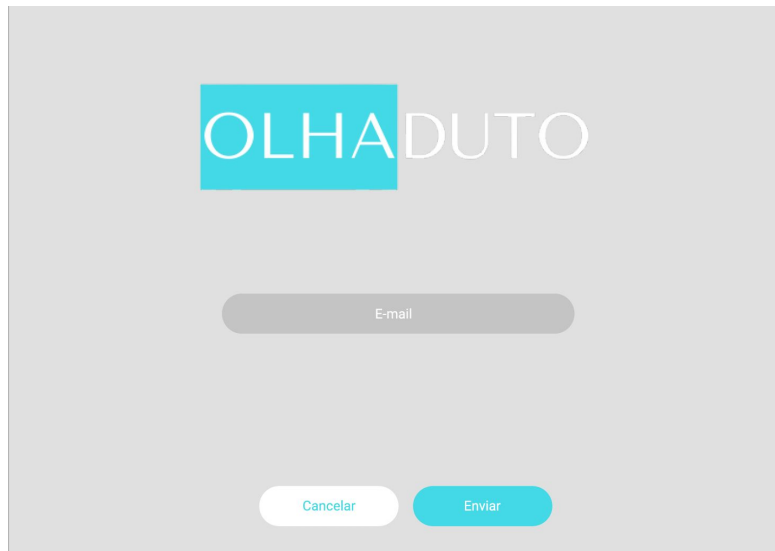


Figura 30 - Tela de recuperar senha. **Fonte:** Autor.

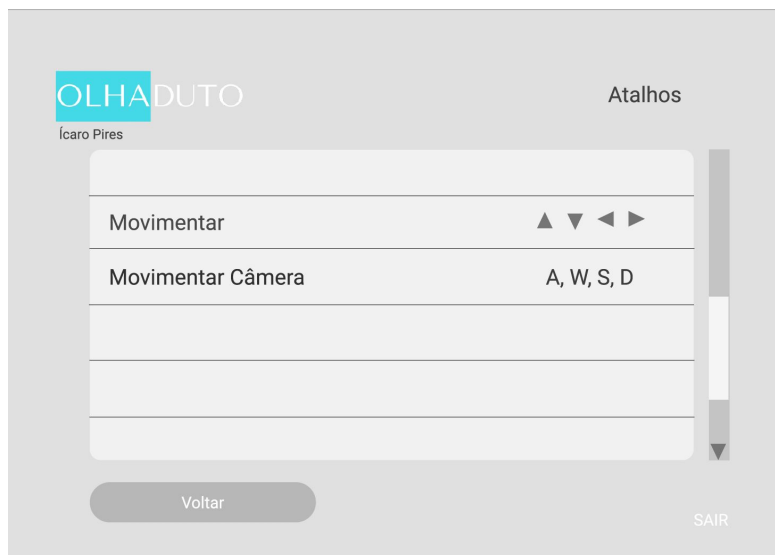


Figura 31 - Tela de atalhos do sistema. **Fonte:** Autor.

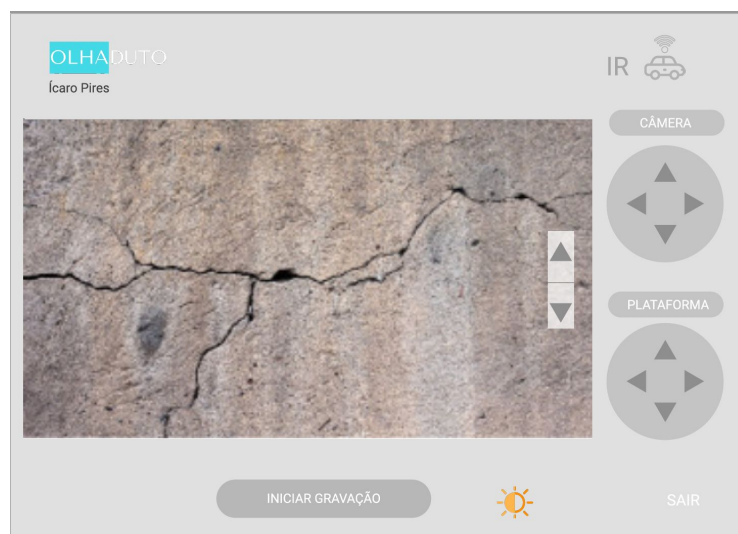


Figura 32 - Tela de iniciar inspeção com infravermelho e plataforma desconectados. **Fonte:** Autor.

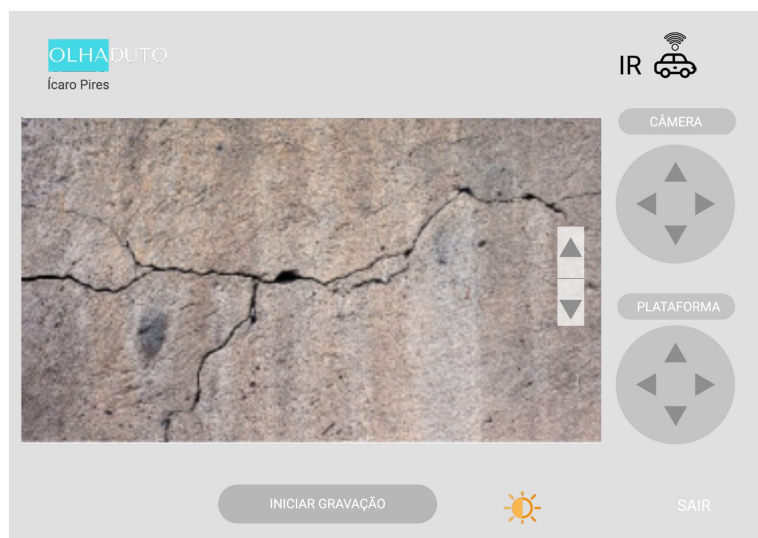


Figura 33 - Tela de iniciar inspeção com infravermelho e plataforma conectados. **Fonte:** Autor.

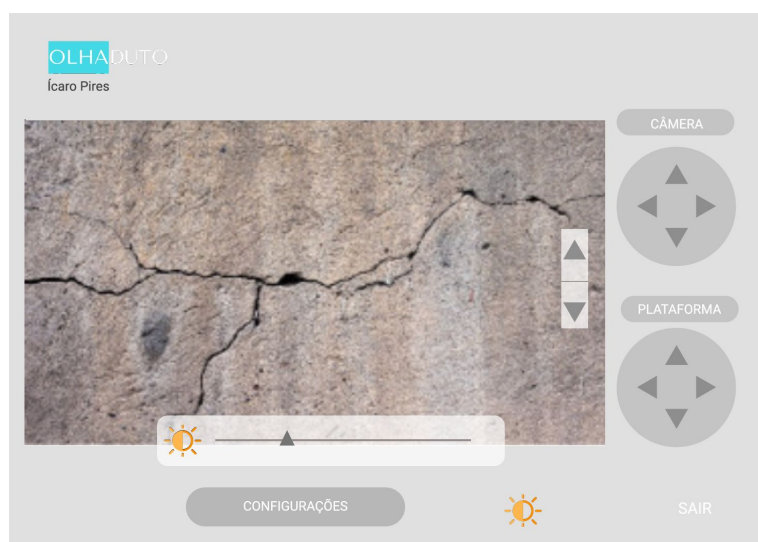


Figura 34 - Tela de iniciar inspeção, ajuste de iluminação. **Fonte:** Autor.

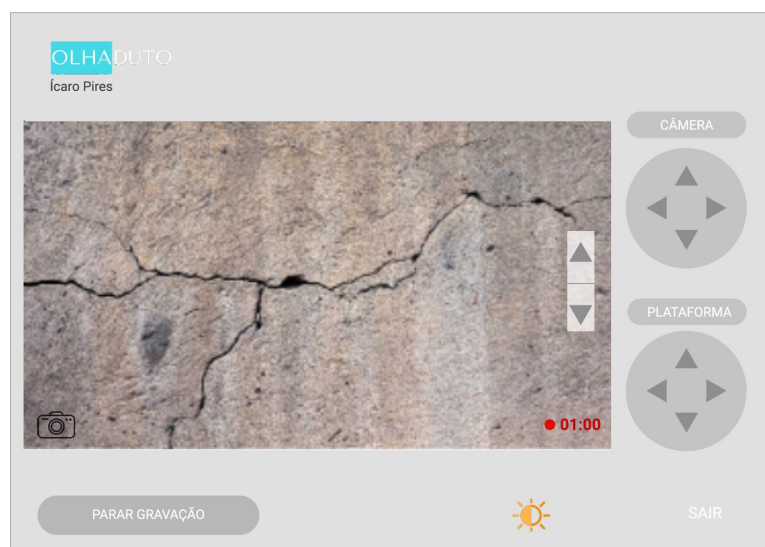


Figura 35 - Tela de inspeção iniciada. **Fonte:** Autor.

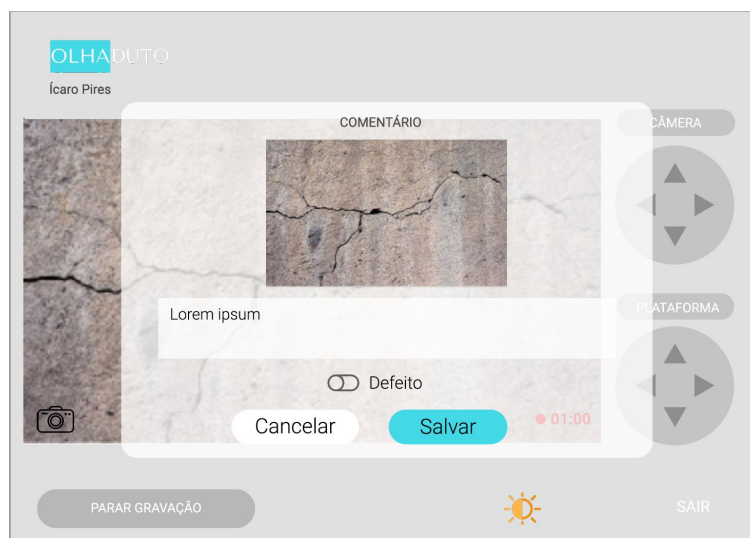


Figura 36 - Tela de adicionar comentário em frame específico. **Fonte:** Autor.



Figura 37 - Tela de para inspeção. **Fonte:** Autor.

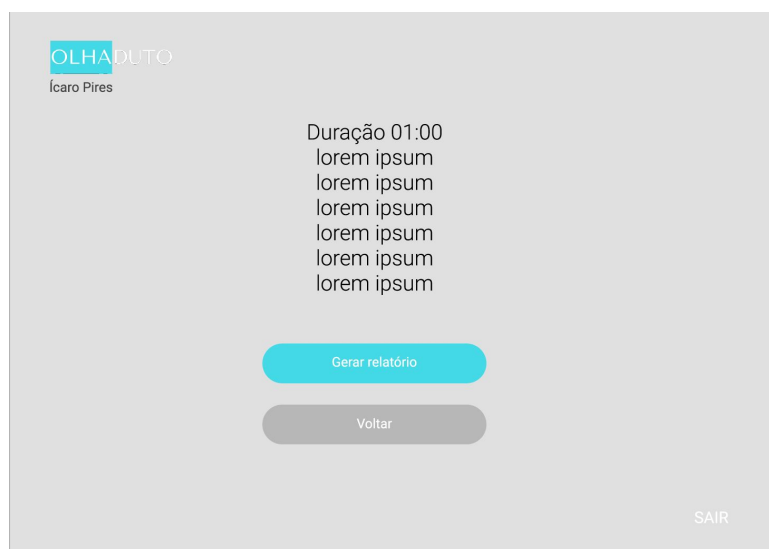


Figura 38 - Tela de relatório da inspeção. **Fonte:** Autor.

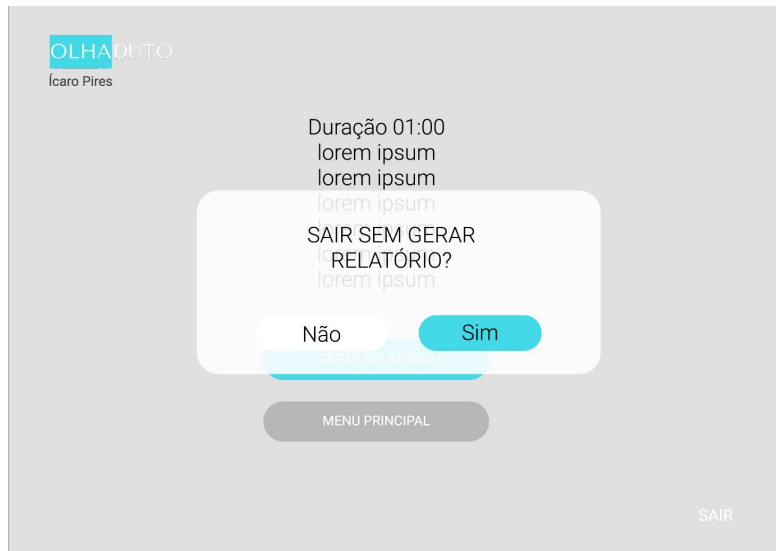


Figura 39 - Tela de sair sem gerar relatório. **Fonte:** Autor.

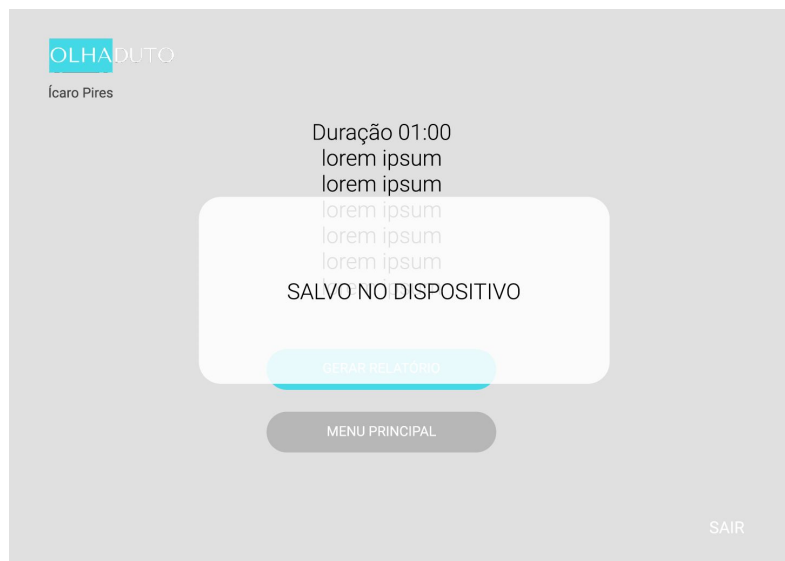


Figura 40 - Tela de relatório salvo. **Fonte:** Autor.