

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE COMPUTAÇÃO  
ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO

MATHEUS PEREIRA DOS SANTOS

**PROPOSTA DE UMA PLATAFORMA DESCENTRALIZADA COM  
BASE NA BLOCKCHAIN DA ETHEREUM PARA A DENÚNCIA DE  
CRIMES AMBIENTAIS NO TERRITÓRIO BRASILEIRO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CORNÉLIO PROCÓPIO - PR  
2022

MATHEUS PEREIRA DOS SANTOS

## PROPOSTA DE UMA PLATAFORMA DESCENTRALIZADA COM BASE NA BLOCKCHAIN DA ETHEREUM PARA A DENÚNCIA DE CRIMES AMBIENTAIS NO TERRITÓRIO BRASILEIRO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Computação da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Computação.

Orientador: Prof. Dr. Lucas Dias Hiera Sampaio  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

CORNÉLIO PROCÓPIO - PR  
2022



4.0 Internacional

Esta é a mais restritiva das seis licenças principais Creative Commons. Permite apenas que outros façam download dos trabalhos licenciados e os compartilhem desde que atribuam crédito ao autor, mas sem que possam alterá-los de nenhuma forma ou utilizá-los para fins comerciais.

Para a minha família, em especial à minha mãe,  
Maria das Graças, por todo o apoio durante a  
minha caminhada dentro e fora da universidade,  
e por ser a minha estrela guia no caminho da  
vida.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à minha família pelo apoio durante a minha formação de Bacharel em Engenharia de Computação e aos meus amigos pelos momentos dentro e fora da universidade. Também sou grato a todos os professores, em especial ao meu orientador, pelo empenho no árduo trabalho de lecionar. E por último, agradeço a Universidade Tecnológica Federal do Paraná de Cornélio Procopio, pela estrutura dada e pelo apoio na formação de novos Engenheiros no Brasil.

*"Um sorriso ainda é a única língua que todos entendem." (EMICIDA, 2019).*

## RESUMO

SANTOS, Matheus. Proposta de uma plataforma descentralizada com base na Blockchain da Ethereum para a denúncia de crimes ambientais no território brasileiro. 2022. 25 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Engenharia de Computação, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Cornélio Procópio - PR, 2022.

O combate aos crimes ambientais evoluiu durante as últimas décadas principalmente por conta de políticas internacionais, como o compra e venda de matérias primas de origem idônea. Em geral, os órgãos governamentais detêm todas as informações desses crimes e das investigações em andamento e tratam o problema numa visão de arquitetura de software centralizada. Essa é uma abordagem que apresenta problemas publicamente conhecidos, alguns deles são apagões de dados de perícias e indisponibilidade de sistemas, o que prejudica o trabalho das autoridades na aplicação de multas e responsabilização dos culpados. A proposta deste trabalho é a criação de uma aplicação descentralizada com base na Blockchain da Ethereum para a denúncia de crimes contra o meio ambiente no território do Brasil. Os requisitos para o funcionamento e desenvolvimento do projeto são discutidos, bem como o cronograma e as tecnologias, em especial a Blockchain e os Smart Contracts.

**Palavras-chave:** Crimes ambientais, Blockchain, Aplicação descentralizada.

## ABSTRACT

SANTOS, Matheus. Title in English. 2022. 25 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Engenharia de Computação, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Cornélio Procópio - PR, 2022.

The fight against environmental crimes has evolved during the last decades mainly due to of international policies, such as the purchase and sale of raw materials of correct origin. In general, the government organizations hold all the information on these crimes and ongoing investigations and address the problem in a centralized software architecture view. That it is an approach that presents publicly known problems, some of them are blackouts of expertise data and unavailability of systems, which make difficult for the authorities to apply fines and accountability of those responsible. The purpose of this work is the creation of a decentralized application based on the Ethereum Blockchain for reporting the environmental crimes in Brazilian territory. The requirements for project development are discussed, as well as the schedule and technologies, in especially Blockchain and Smart Contracts.

**Keywords:** Environmental crimes, Blockchain, Decentralized application.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma exemplificando o Processo de Administrativo Sancionador (PAS) do IBAMA . . . . .	6
Figura 2 – Diagrama representando como é o processo de coleta das denúncias pelo SISLIV. . . . .	7
Figura 3 – Arquitetura básica da aplicação descentralizada . . . . .	11
Figura 4 – Divisão do front end em duas aplicações com propósitos distintos. . . . .	12
Figura 5 – Diagrama de Casos de Uso da aplicação . . . . .	14
Figura 6 – Diagrama de classes da aplicação. . . . .	18
Figura 7 – Diagrama de sequência da aplicação. . . . .	19
Figura 8 – Tarefas planejadas. . . . .	21



## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Caso de Uso para autenticação do Denunciante. . . . .	15
Quadro 2 – Caso de Uso para criar uma denúncia. . . . .	16

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tarefas do projeto . . . . .	20
-----------------------------------------	----

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
API	Application Programming Interface
BC	Blockchain
BPMA	Batalhão da Polícia Militar Ambiental
CSV	Cadeia de Suprimentos Verde
CV	Criminologia Verde
DACOM	Departamento de Acadêmico de Computação
DAPP	Decentralized App
EUROPOL	European Union Agency for Law Enforcement Cooperation
EVM	Ethereum Virtual Machine
FM	Fundações Municipais
IAP	Instituto Ambiental do Paraná
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IMA	Instituto do Meio Ambiente
LGPD	Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais
LPOO	Linguagem de Programação Orientada a Objetos
NFT	Non-fungible Token
PAS	Processo Administrativo Sancionador
PoS	Proof of Stake
PoW	Proof of Work
SC	Smart Contract
SISLIV	Sistema Linha Verde de Ouvidoria
UML	Unified Modeling Language

## SUMÁRIO

<b>1 – INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
1.0.1 OBJETIVO GERAL	2
1.0.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
1.1 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	2
<b>2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>3</b>
2.1 A LEGISLAÇÃO E CRIMES AMBIENTAIS	3
2.2 IMPACTOS DOS CRIMES AMBIENTAIS	3
2.3 O PAPEL DA TECNOLOGIA NO COMBATE AOS CRIME AMBIENTAIS	4
2.4 PROCESSO DE DENÚNCIAS DE CRIMES AMBIENTAIS NO BRASIL	4
<b>3 – METODOLOGIA</b>	<b>8</b>
3.1 TECNOLOGIAS E FERRAMENTAS	8
3.1.1 BLOCKCHAIN	8
3.1.2 DECENTRALIZED APPLICATIONS	9
3.1.3 SOLIDITY E GAS	10
3.2 DA ARQUITETURA DA APLICAÇÃO	10
3.3 ANÁLISE E DESENVOLVIMENTO	13
3.3.1 DEFINIÇÕES	13
3.3.2 HISTÓRIAS DE USUÁRIO	13
3.3.3 CASOS DE USO	14
3.3.3.1 Caso de Uso: Autenticar-se no Sistema	14
3.3.3.2 Caso de Uso: Incluir Denúncia	14
3.3.4 DIAGRAMA DE CLASSE	17
3.3.5 DIAGRAMA DE SEQUÊNCIA	17
<b>4 – CRONOGRAMA</b>	<b>20</b>
4.1 TÉCNICAS	20
4.2 PLANEJAMENTO	20
<b>5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>22</b>
<b>Referências</b>	<b>23</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Os crimes ambientais envolvem atividades que causam prejuízos ao meio ambiente. Segundo a [EUROPOL \(2022\)](#), essas atividades podem incluir coleta ou descarte de resíduos; assassinato, destruição, posse e tráfico de animais selvagens protegidos ou espécies de plantas. São caracterizadas pelo aumento no nível de poluição, degradação da vida selvagem, redução da biodiversidade e distúrbio do balanço ecológico. Ainda segundo a agência europeia, que existe desde 2010, uma parte importante do problema é o uso de estruturas legais na execução dessas atividades. “Em muitos casos, negócios legais e atores criminosos são indistinguíveis” ([EUROPOL, 2022](#)). Um exemplo é a atuação de traficantes de resíduos na cadeia de tratamento e processamento desses materiais. Todos esses atentados às leis ambientais trazem sérias consequências, como o aumento do risco de doenças; mudanças ambientais; mudanças climáticas; redução da expectativa de vida e até a perda de vidas humanas.

No cenário nacional, de acordo com a matéria do jornal O Globo, publicada em julho de 2021 por [Grandelle \(2022\)](#), o principal órgão responsável pelas políticas de proteção do meio ambiente no Brasil, o IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis) possuía em 2021 somente 26,6% do contingente de agentes necessários para realização da fiscalização. Esse dados foram informados pela própria instituição. Para além do baixo contingente, outro problema é a baixa transparência do processo de denúncia, investigação de delitos e a quantidade de dados, como apurado por [Dolce \(2021\)](#) em entrevista com Wallace Lopes, fiscal do IBAMA e diretor Executivo da ASCENA (Associação Nacional de Servidores da Carreira de Especialista de Meio Ambiente). Segundo fiscal, falhas no sincronismo dos dados das ações de fiscalização e a lista pública de autuados gerou um “apagão” de dados abertos que continham multas e embargos, o que permite que responsáveis por crimes ambientais continuem tendo acesso à crédito e financiamento de bancos.

Segundo um levantamento feito por [Corrêa \(2014\)](#) para a BBC Brasil, alguns dos principais fatores de sucesso do Brasil no combate ao desmatamento foram o investimento em tecnologias de monitoramento que permitem mapear áreas que estão sendo desmatadas, a aplicação de medidas judiciais por parte do Ministério Público Federal, o MPF, que reforçam a aplicação da lei e o posicionamento de empresas contra a compra de grãos de soja e carne bovina que são produzidas nessas áreas.

Em paralelo a isso, uma importante tecnologia vem tomando conta dos noticiários e dos fóruns de discussão pela internet e das redes sociais, a Blockchain. Já é sabido o seu grande potencial nas aplicações financeiras, especialmente na criação das chamadas cripto-moedas como o Bitcoin e o Ethereum. Há ainda aplicações no setor imobiliário e até mesmo no meio artístico, como no caso das obras que utilizam o NFT (Non-fungible Token, ou Tokens não fungíveis). O que torna essa tecnologia tão atraente é a forma como ela descentraliza e gerencia a inserção das informações que são guardadas dentro dela, impedindo que hajam atores que tomem para si as regras e dados que nela são armazenados.

Tendo em vista o atual cenário das políticas ambientais e os recentes casos de baixa transparência e disponibilidade de dados, esse trabalho objetiva propor uma solução de caráter descentralizada e distribuída utilizando para isso a Blockchain. Ela irá servir como um banco de dados onde as denúncias deverão ser inseridas e lidas, mas nunca adulteradas, graças ao protocolo de consenso, um dos pilares da Blockchain. Ao final deste trabalho o leitor deve conseguir identificar a principal característica dessa tecnologia e o grande potencial da sua aplicação como mais uma ferramenta auxiliar no monitoramento de crimes ambientais.

### 1.0.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste trabalho é um sistema para denúncia de crimes ambientais, permitindo que haja transparência e disponibilidade de informações a respeito de denúncias contra crimes ambientais.

### 1.0.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Esse trabalho tem como objetivos específicos realizar o levantamento dos requisitos do sistema proposto, dos casos de uso, definir o cronograma a ser seguido e as atividades que estarão envolvidas durante o processo de implementação da proposta. Para isso irei adotar o modelo cascata como ciclo de vida do desenvolvimento do sistema e o Gráfico de Gantt como forma visual de organizar as tarefas em uma linha temporal, além do Kanban para organização e gerenciamento das atividades em backlog e em andamento.

Tanto o desenvolvimento e os testes serão feitos por meio da rede de teste chamada testnet. A testnet simula a Ethereum, os tokens e o Ether, a criptomoeda da Ethereum, que não possuem valor e não custam nenhum ativo, permitindo que o desenvolvimento ocorra sem taxas.

## 1.1 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O restante deste trabalho está organizado da seguinte maneira: no [Capítulo 2](#) definimos o que é crime ambiental com base na legislação do Brasil e apresentamos os impactos causados por ele, também descrevemos como funciona o atual fluxo de denúncia desses crimes no país; no [Capítulo 3](#) iniciamos apresentando o funcionamento da Blockchain e a definição de Aplicações Descentralizadas e em seguida descrevemos a arquitetura da solução proposta bem como as tecnologias que poderão ser aplicadas durante o desenvolvimento da solução; o [Capítulo 4](#) trás o cronograma das atividades envolvidas na construção da proposta; e por fim a conclusão é apresentada no [Capítulo 5](#).

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção são analisados alguns trabalhos já escritos a respeito do conceito de crime ambiental, sua relação com as mudanças climáticas, do seu impacto econômico, social e ecológico. Também fala sobre a Constituição Federal do Brasil e como ela define e precavê o combate a essas infrações, e o que tem sido estudado e praticado a respeito dos fatores envolvidos e impactos esperados.

### 2.1 A LEGISLAÇÃO E CRIMES AMBIENTAIS

A Legislação Brasileira prevê o crime contra o meio ambiente. Ele é descrito no Capítulo V da Lei número 9605 de fevereiro de 1998, e nele é possível identificar seis formas principais desse crime, são eles:

- Crimes contra a fauna
- Crimes contra a flora
- Poluição e outros crimes ambientais
- Crimes contra o ordenamento urbano e o patrimônio cultural
- Crimes contra a administração ambiental
- Infração administrativa

Dos itens listados, estão relacionados diretamente com esta seção os crimes contra a fauna, flora e poluição. Crimes contra a administração ambiental e infração administrativa, relacionado a omissão da verdade, sonegação de informação ou dados tecno-científicos em processos de autorização ou licitação ambiental ([Brasil, 1998](#)), relaciona-se com os resultados que desejáveis com a proposta deste trabalho.

O crime contra a fauna está previsto no Art. 29º da Lei nº 9605 e é descrito como "matar, perseguir, caçar, apanhar, utilizar espécimes da fauna silvestre, nativos ou em rota migratória, sem a devida permissão, licença ou autorização da autoridade competente, ou em desacordo com a obtida". E a pena para este tipo de crime, que também está prevista no mesmo artigo, é detenção de seis meses a um ano, e multa ([Brasil, 1998](#)). Já o crime contra a flora, de acordo com a mesma Lei nº 9605 está relacionado com: a destruição, danos ou infração das normas de proteção de floresta considerada de preservação permanente; destruir ou danificar vegetação primária ou secundária, em estágio avançado ou médio de regeneração, do Bioma Mata Atlântica; cortar árvores em floresta considerada de preservação permanente, sem permissão de autoridades competentes; causar dano direto ou indireto às Unidades de Conservação, independente de sua localização. A pena é detenção, de um a três anos, ou multa, ou ambas as penas cumulativamente ([Brasil, 1998](#)).

A Seção III, em seu artigo nº 54, da mesma Lei define poluição e outros crimes contra o meio ambiente como: "Causar poluição de qualquer natureza em níveis tais que resultem ou possam resultar em danos à saúde humana, ou que provoquem a mortandade de animais ou a destruição significativa da flora" ([Brasil, 1998](#), art. 54). A pena prevista para tal é a reclusão, de um a quatro anos, e multa.

### 2.2 IMPACTOS DOS CRIMES AMBIENTAIS

O estudo de práticas de combate a crimes ambientais vem ganhando bastante espaço e visibilidade. Para [Arroyo-QUIROZ \(2020\)](#), ao não encararmos a natureza como um sujeito, não consideramos os crimes e danos causadas a ela, aspectos que são estudados pela "*Criminologia*

Verde" (CV). O desenvolvimento da CV, de acordo com EMAN et al. (2013), iniciou-se entre o fim da década de 1960 e início da década de 1970, impulsionada pela empatia de criminalistas e sociólogos ambientalistas, que se voltaram inicialmente para o problema da poluição e destruição ambiental. Após a Conferência de Stockholm em 1972, segundo MACEDO (2021), os problemas ambientais ganharam espaço na agenda multilateral e se tornaram uma prioridade com a publicação do relatório da Comissão do Meio Ambiente e Desenvolvimento (WCED) das Organização das Nações Unidas (ONU) "*Our Common Future*", "Nosso Futuro Comum" traduzindo para o português. Houve assim a introdução do conceito de desenvolvimento sustentável, baseado na exploração consciente dos recursos naturais aliado à preservação ambiental e crescimento econômico.

Um exemplo da atualidade é a Cadeia de Suprimentos Verde (CSV), fruto da pressão por gestão consciente de recursos, produção energeticamente sustentável dentro da indústria, redução de resíduos poluentes, imposições políticas mais rígidas, maior conscientização dos consumidores e público geral, que têm refletido em mudanças tecnológicas e sociais (SILVA; SOUZA, 2000). Segundo SUSILOWATI et al. (2013), é possível concluirmos a respeito da prática da CSV que: ela possui um efeito positivo na performance econômica; o governo tende a suportá-la positivamente; que o mercado verde tem uma influência positivo na prática da CSV.

Apesar dos avanços da CV e a adoção de práticas mais sustentáveis para o desenvolvimento econômico, ainda convivemos constantemente com problemas que surgem a partir de crimes ambientais. Sobre isso MACEDO (2021) fala que desde a assinatura do Acordo de Paris em 2015 e do consequente reconhecimento de que os países precisam cortar urgentemente as emissões de gases poluentes, a noção de emergência climática e segurança climática tem se tornado cada vez mais popular na opinião pública internacional.

### 2.3 O PAPEL DA TECNOLOGIA NO COMBATE AOS CRIME AMBIENTAIS

Para EMAN et al. (2013), um tema comum para debates criminológicos ainda é discutido, ainda estamos identificando novas formas de crimes e danos ambientais, perguntando sobre os autores e vítimas de crimes ambientais, o processo de formação de legislação criminal e resposta aos fenômenos de crimes ambientais, e sobre a melhor maneira de levar adiante o projeto de prevenção de crimes ambientais. Nesse contexto, o uso de recursos tecnológicos e digitais se torna um fator importante para o combate, prevenção e remediação desses crimes.

Segundo GOLDSTEIN (2022), a aplicação de novas infraestruturas de dados pode ampliar o alcance de atores não estatais na participação da governança da floresta, ou ajudá-los a estabelecer objetivos políticos e econômicos para o uso e acesso da floresta. Ainda de acordo com GOLDSTEIN (2022), essas novas infraestruturas de dados tem alterado a capacidade dos atores estatais de promulgar a governança, provendo conhecimento alternativas que prejudicam a sua autoridade.

### 2.4 PROCESSO DE DENÚNCIAS DE CRIMES AMBIENTAIS NO BRASIL

De acordo com JOAQUIM (2015), podemos dividir a situação dos órgãos e institutos que fiscalizam e tratam de denúncias em três esferas, são elas: Esfera Federal, composta pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA); Esfera Estadual composta pelo Instituto do Meio Ambiente (IMA) e pelo Batalhão da Polícia Militar Ambiental (BPMA); e pela Esfera Municipal, composta pelas Fundações Municipais (FM).

Segundo o site do Governo Federal, a instituição "é uma autarquia federal dotada de personalidade jurídica de direito público, autonomia administrativa e financeira, vinculada ao



Ministério do Meio Ambiente (MMA)" (IBAMA, 2018b). Na divisão levantada por JOAQUIM (2015), cabe a ela:

(...) Propor e editar normas e padrões de qualidade ambiental; zoneamento e avaliação de impactos ambientais; licenciamento ambiental, nas atribuições federais; a implementação do Cadastro Técnico Federal; a fiscalização ambiental e a aplicação de penalidades administrativas; geração e disseminação de informações relativas ao meio ambiente; o monitoramento ambiental, principalmente no que diz respeito à prevenção e controle de desmatamentos, queimadas e incêndios florestais; o apoio às emergências ambientais; a execução de programas de educação ambiental; a elaboração do sistema de informação e o estabelecimento de critérios para a gestão do uso de recursos faunísticos, pesqueiros e florestais; dentre outros" (JOAQUIM, 2015, p. 49).

O IMA é um órgão e esfera estadual e tem como missão a preservação dos recursos naturais do estado. O IMA age através da gestão de Unidades de Conservação Estaduais (UCE); licenciamento ambiental; programas de preservação; geoprocessamento, realizando levantamentos e processamento de informações sobre territórios; estudos e pesquisa ambiental; pesquisa da balneabilidade, monitoramento da qualidade dos recursos hídricos (JOAQUIM, 2015, p.50). Já o outro órgão citado com atuação na esfera estadual é o BPMA, vinculado à Polícia Militar de cada estado, tem atuação relacionada especificamente à coibição e fiscalização de crimes ambientais em territórios do estado à que pertence. Da esfera federal, segundo o site do Governo Estadual do Ceará [CEARÁ \(2021\)](#) o BPMA apoia ações do IBAMA, do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) e da Fundação Nacional do Índio (FUNAI).

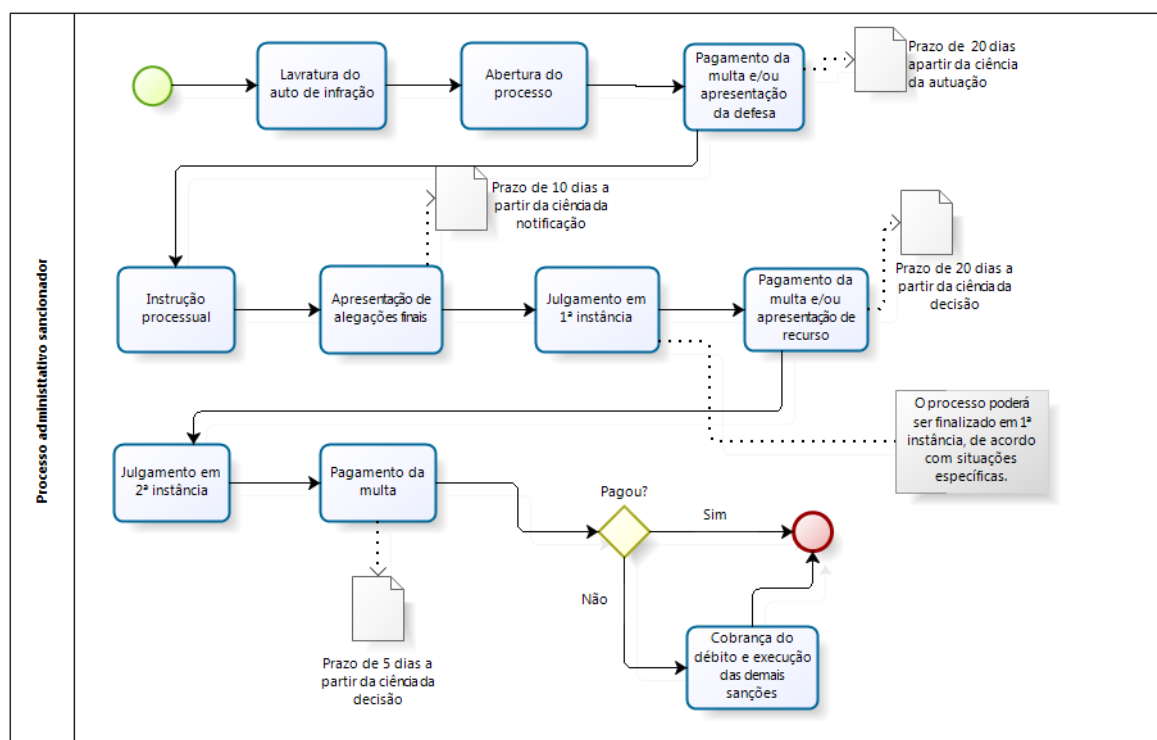
As Fundações Municipais (FM) tem autonomia limitada às fronteiras do município em que atua. De acordo com JOAQUIM (2015), elas participam de ações que visam a preservação ambiental, recuperação e otimização do uso sustentável de recursos hídricos e ecossistemas associados. Também estão relacionadas com a preservação de patrimônio arqueológicos. Elas possuem autonomia para emissão de licenciamentos e certidões, solicitação de documentação e estudos complementares, realizam fiscalização de denúncias e aplicação das devidas penalidades de crime configurado JOAQUIM2015.

Um caso a ser citado é o estado do Paraná, que conta com o Instituto Ambiental do Paraná (IAP) e o Batalhão de Polícia Ambiental Força Verde, pertencente à Polícia Militar do Paraná (PM-PR). No IAP a denúncia pode ser feita pela ouvidoria disponível em <https://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Ouvidoria>. No Batalhão de Polícia Ambiental Força Verde da PM-PR a denúncia é feita pelo site da Ouvidoria da Polícia do Estado, que está disponível em <https://www.seguranca.pr.gov.br/Ouvidoria> ([PARANÁ, 2022](#)). Também podem ser feitas denúncias para o número de telefone 181.

Na esfera federal, o IBAMA, segundo as informações presentes no portal Fale Conosco no site do Governo Federal [IBAMA \(2018a\)](#), além de outros canais de ouvidoria, telefones de contato para a denúncia de crimes ambientais e uma lista de unidades do IBAMA que ao serem visitadas redirecionam a navegação do site para uma página contendo o endereço, horário de funcionamento e e-mail de responsável daquela unidade. Esse canais podem ser acessados por internet, através de chat de denúncia ou formulários on-line, pelo Fala.BR, uma plataforma integrada de acesso à informação e ouvidoria do Poder Executivo Federal [IBAMA \(2022\)](#), também através do portal Comex Responde, "um serviço de dúvidas sobre comércio exterior que conta com 22 órgãos e entidades da Administração Pública Federal com atribuições legais relacionadas ao comércio exterior, que respondem questões relativas às suas áreas de competência" ([IBAMA, 2020](#)).

De acordo com o site do IBAMA, existe um Processo Administrativo Sancionador (PAS) que é "o rito da administração pública de responsabilização administrativa (ambiental) decorrente de condutas e atividades que transgridam as normas, com aplicação de sanções" (IBAMA, 2016), onde, para o IBAMA, a apuração de infrações ambientais é organizada em quatro etapas: detecção; fiscalização; julgamento e aplicação das sanções. A imagem a seguir trás um fluxograma que mostra os passos do PAS.

Figura 1 – Fluxograma exemplificando o Processo de Administrativo Sancionador (PAS) do IBAMA



Fonte: IBAMA (2016)

Ainda sobre o sistema utilizado pelo IBAMA para a recepção de denúncias de casos de crimes ambientais, quando questionado por mim se o instituto possuía algum sistema denúncias de crimes ambientais, através da plataforma Fala.BR no dia 1 de Junho de 2022, o próprio órgão respondeu que:

Prezado(a).

Informamos que o Ibama não tem um sistema para envio de denúncias pelo usuário externo.

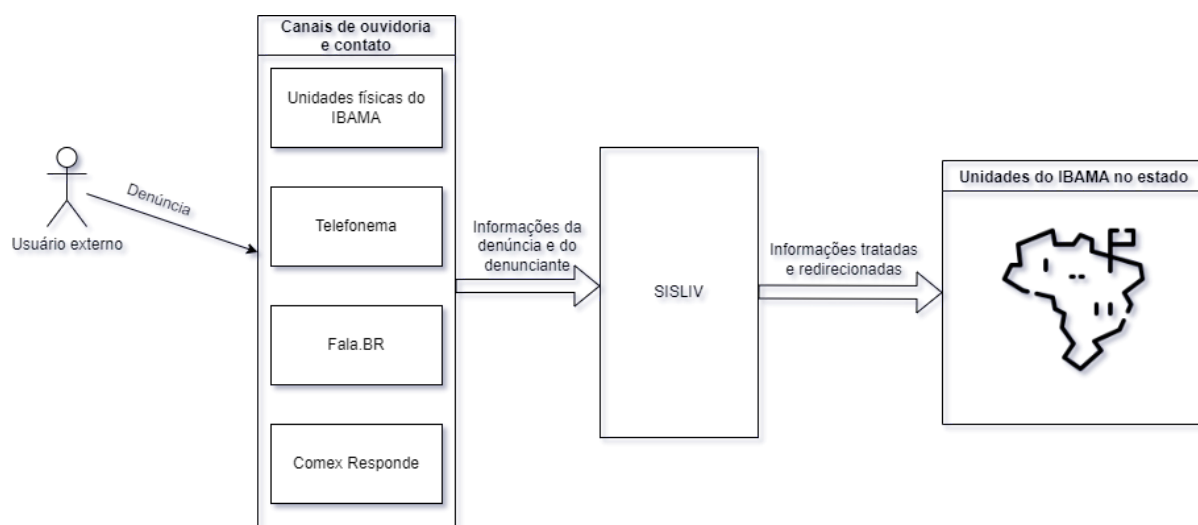
A Ouvidoria do Ibama dispõe de um sistema interno (Sistema Linha Verde de Ouvidoria– Sisliv), desenvolvido apenas para inserir e tratar as manifestações recebidas pelos seus canais de atendimentos ([https://www.gov.br/ibama/pt-br/canal\\_atendimento/ouvidoria#sobre-a-ouvidoria](https://www.gov.br/ibama/pt-br/canal_atendimento/ouvidoria#sobre-a-ouvidoria)), e direcioná-las para as Unidades do Ibama do estado de referência. Utilizamos também o Fala.BR – Plataforma Integrada de Ouvidoria e Acesso à Informação desenvolvido pela Controladoria-Geral da União (CGU), que permite a qualquer cidadão encaminhar suas manifestações e pedidos de Informação.

Atenciosamente, Linha Verde/ Coordenação de Ouvidoria/ Auditoria Ibama/ Brasília/DF (Verde, 2022).

Sendo assim, um usuário externo que esteja necessitando realizar uma denúncia deverá contar com o SISLIV (Sistema Linha Verde de Ouvidoria). A sua denúncia irá passar para as unidades estaduais e após isso o usuário não tem uma noção do status e andamento da sua denúncia, a não ser uma mensagem com uma data prevista para retorno de sua requisição, outros usuários externos também não conseguem ter a noção do progresso, usuários esses que podem ser pessoas que vivem na área onde o crime ocorreu.

A partir da informação passada a respeito do canal SISLIV em Verde (2022), podemos generalizar o padrão da recepção das denúncias, sem entrar a fundo nos detalhes da implementação pois estes são informações restritas. A imagem a seguir trata dessa representação.

Figura 2 – Diagrama representando como é o processo de coleta das denúncias pelo SISLIV.



Fonte: Imagem autoral.

### 3 METODOLOGIA

A proposta deste trabalho é desenvolver um Decentralized App (DAPP) baseado na Web para a denúncia de crimes ambientais. Para tal, será utilizada uma abordagem de desenvolvimento de DAPP, onde as informações fornecidas pelo denunciante serão armazenadas dentro de uma Blockchain, evitando assim que haja adulteração ou exclusão das informações por pessoas mal-intencionadas.

Nesta seção iremos discutir a respeito da proposta deste trabalho. A Blockchain (BC) será descrita mais formalmente. O objetivo é tornar mais intuitivo a motivação por trás do uso dessa tecnologia.

#### 3.1 TECNOLOGIAS E FERRAMENTAS

A seguir será feita uma introdução das tecnologias e ferramentas que serão utilizadas neste trabalho. O objetivo é referenciar tecnicamente o leitor para que este possa entender a motivação por trás da utilização destas tecnologias.

##### 3.1.1 BLOCKCHAIN

A BC é uma estrutura de dados distribuída, gerenciada por um conjunto de nós conectados, estes nós são computadores que se ligam em uma rede. Segundo [MARCHESI, MARCHESI e TONELLI \(2020\)](#) a tecnologia Blockchain (BC) tem sido bastante difundida durante a última década. O seu uso em criptomoedas como o Bitcoin (BTC) são um dos principais motivadores. Ainda segundo [MARCHESI, MARCHESI e TONELLI \(2020\)](#), ela caracteriza-se por: possuir uma cópia em cada nó, garantindo redundância; ser append-only, permitindo assim somente inserção e não exclusão de informação; mutação de estado possível através de transações; transações verificadas por nós, onde as invalidadas são ignoradas e as válidas são armazenadas em blocos que mantêm uma sequência; se a BC for capaz de executar Contratos Inteligentes (CI) ou Smart Contracts (SC), uma transação pode criar um SC ou executar uma de suas funções públicas. Juntas, essas características da BC acabam formando um elemento fundamental, o consenso da rede, que é definido a partir de um algoritmo e que varia de acordo com a abordagem escolhida por cada BC.

O Algoritmo de Consenso (AC), mencionado anteriormente, tem participação fundamental quando levamos em consideração o funcionamento da rede que gerencia a BC. Dentre os principais e mais conhecidos AC's utilizados atualmente temos o Algoritmo de Prova Por Trabalho, ou mais conhecido pelo seu termo em inglês de Proof of Work (PoW), e o Algoritmo de Prova Por Participação, ou em inglês Proof of Stake (PoS). Cada um deles possuem diferenças que afetam a velocidade de criação de blocos à participação dos nós da rede.

Segundo [KUNTZ \(2022\)](#) a rede Ethereum, criada em 2015, é uma blockchain pública não permissionada, que possui o Ether como sua criptomoeda nativa, tem alto valor de uso geral, com a capacidade de armazenar e executar aplicações desenvolvidas nativamente para a tecnologia da cadeia de blocos de forma descentralizada através dos Smart Contracts (SC). Essa BC tem a intenção de prover uma linguagem de programação Turing completa que permite a criação SC, que podem ser usados para a codificação de funções de transição de estado arbitrária ([BUTERIN, 2014](#), p. 13). Ainda de acordo com [BUTERIN \(2014\)](#) ela tem a motivação de fundir e melhorar os conceitos de scripting, altcoins e on-chain meta-protocolos e permitir que os desenvolvedores criem aplicativos baseados em consenso arbitrário com

alta escalabilidade, padronização, completude de recursos, facilidade de desenvolvimento e interoperabilidade entre diferentes paradigmas tudo ao mesmo tempo.

O SC pode ser definido como um código compilável que tem seu binário resultante da compilação executado dentro da BC e que também está distribuído pela rede, assim como todas as outras informações gravadas nela. Esse código nos SC da Ethereum é escrito em um baixo nível, em uma linguagem de bytecode baseada em pilha, referido por BUTERIN (2014) como Código de Máquina Virtual da Ethereum ou código EVM (Ethereum Virtual Machine). É importante saber que "a EVM é Turing completa, isto significa que o código EVM pode realizar codificar qualquer computação que possa ser convenientemente realizada, incluindo laços de repetição infinitos" (BUTERIN, 2014, p. 28).

### 3.1.2 DECENTRALIZED APPLICATIONS

Como mencionado anteriormente, o foco do Ethereum é fornecer uma plataforma que permita o desenvolvimento de SC. O mecanismo de código EVM habilita qualquer um a construir o que é essencialmente uma aplicação de linha de comando executada em uma máquina virtual que é executada por consenso através da rede inteira (BUTERIN, 2014). Porém a utilização de uma aplicação de linha de comando não é muito amigável para a maior parte dos usuários. Para fazer um bom uso dessa finalidade da BC do Ethereum é necessário a utilização de mais tecnologias que não dependem diretamente da BC ou da linguagem de script dela.

Nesse sentido, o White Paper da Ethereum escrito por BUTERIN (2014) define uma Aplicação Descentralizada completa, ou no termo em inglês Decentralized App (DAPP), como sendo uma aplicação que deve consistir em dois componentes de lógica de negócio de baixo nível, implementados inteiramente na Ethereum, usando a combinação da Ethereum e outros sistemas, ou outros sistemas inteiramente, e componentes gráficos de interface de usuário de alto nível. Uma abordagem clássica para a criação de um DAPP pode considerar que:

Um DAPP é usualmente composto de Smart Contracts implementados em uma Blockchain, e um software que é habilitado a criar e enviar transações para eles. Este software usualmente provê uma interface, rodando em um Computador Pessoal ou dispositivo móvel. Informações adicionais podem ser armazenadas em um servidor, e lógicas de negócio adicionais podem ser executadas sobre isso (MARCHESI; MARCHESI; TONELLI, 2020, p. 4).

Ainda de acordo com MARCHESI, MARCHESI e TONELLI (2020) uma arquitetura típica de um DAPP é composta de um software rodando em dispositivos móveis, ou em servidores, possivelmente na nuvem, trocando informação com usuários e dispositivos externos, que podemos chamar Sistema da Aplicação. Esta Interface de Usuário é tipicamente executada em um navegador Web. Pode haver um componente servidor, para armazenar dados que não podem ser armazenados na BC, e para realizar cálculos de negócio. Na Ethereum, o Sistema da Aplicação tipicamente comunica-se com a BC usando a web3.js, uma biblioteca JavaScript, que gerencia a criação e envio de transações. Essa biblioteca é recomendada pela própria documentação oficial do Ethereum, para projetos que utilizam a linguagem JavaScript.

Na prática a arquitetura de um DAPP para WU et al. (2019) tem as seguintes formas: Direta, onde o cliente interage diretamente com o SC implantado na BC; Indireta, que tem um serviço back end funcionando em um servidor centralizado, e um cliente que interage com o SC através deste servidor; Mista, que combina as duas arquiteturas anteriores onde o cliente interage com o SC diretamente e indiretamente através de um back end.

### 3.1.3 SOLIDITY E GAS

Quando falamos da possibilidade da criação de contratos executáveis temos que "uma das principais características do Ethereum é o de ser uma rede programável, capaz de executar trechos de código, falamos exatamente sobre a completude de Turing" (KUNTZ, 2022, p. 91). Para realizar o desenvolvimento é necessário uma linguagem Turing completa. Como falado anteriormente, essa linguagem deve permitir, teoricamente, que contratos arbitrários possam ser criados a partir de qualquer tipo de transação da aplicação.

Ainda sobre a necessidade da linguagem ser Turing completa, esse termo significa que ela pode ser usada para simular arbitrariamente uma máquina de Turing. Essa máquina é um dispositivo que poderia resolver qualquer problema independente da complexidade. Ao apresentar essa máquina hipotética, Turing pede ao leitor que considere um dispositivo que possa ler e escrever informações em uma fita infinita através da movimentação de um cabeçote de gravação/leitura. Dividindo a fita infinita em quadrados, a máquina poderia ler e adicionar qualquer informação apenas escrevendo ou apagando um símbolo para cada quadrado, ou seja, alterando um estado. Essa máquina hipotética é uma versão automatizada de um sistema formal combinado com símbolos iniciais e regras, os movimentos do cabeçote seriam as mudanças de estado da máquina ou os passos de computação (Antonio; Penedo, 2002).

Neste trabalho será utilizado a linguagem Solidity, uma Linguagem de Programação Orientada a Objetos (LPOO) semelhante ao JavaScript. Os contratos são definidos de forma similar à definição de classes em outras LPOO, eles possuem variáveis internas, funções públicas e privadas. Porém, de acordo com MARCHESI, MARCHESI e TONELLI (2020), o Solidity além de adicionar conceitos específicos, como eventos e modificadores, também possui uma limitação na disponibilidade dos tipos de estruturas de dados para o SC, e no gerenciamento de coleções de dados.

Como a mudança de estado da BC e a execução de SC necessitam que hajam transações, então a solução encontrada para que a plataforma de desenvolvimento de SC da Ethereum evite alta latência na execução de contratos foi a cobrança de uma taxa chamada Gas. Essa taxa causa uma reflexão a respeito da completude de Turing da Ethereum pois, segundo KUNTZ (2022), uma conta que não tenha Gas disponível não pode executar uma função, sendo esta uma restrição para ser considerado um Turing completo.

Em termos de custos, além do Gas temos também os custos inerentes ao próprio DAPP, são eles os custo de implantação e custo de execução (WU et al., 2019, p. 7). A Implantação e execução são feitos por transações, que custam Gas, pago com Ether, e o montante de Gas usado mede a complexidade da execução de um contrato. Uma conta envia Gas para execução do contrato e depois recebe o troco se o SC executar com sucesso. Se não houver esse troco, por ter sido usado todo o Gas da conta, um erro "out of gas" (sem gás) é informando e a conta perde todo o Gas enviado (WU et al., 2019, p. 7).

## 3.2 DA ARQUITETURA DA APLICAÇÃO

A solução proposta conta com uma abordagem de desenvolvimento de um DAPP indireto, dentro da classificação proposta por WU et al. (2019), tendo aplicações de back end rodando em um servidor centralizado, enquanto o cliente interage com o SC através destes. Como falado nas seções anteriores, a Blockchain possui um desempenho que deixa a desejar para alguns contextos, porém não para o nosso.

Parte da arquitetura da aplicação será desenvolvida utilizando tecnologias mais difundidas e que não terão o papel principal na descentralização da informação. Elas irão possuir uma ligação maior com funcionalidades que envolvam cálculos, processamento e interação com

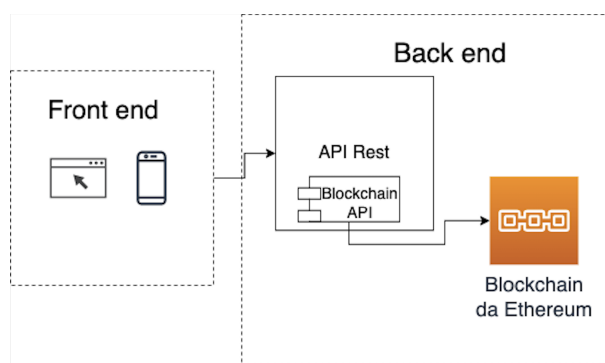
outras API's, Application Programming Interface (Interface de Programação de Aplicação), e tarefas relacionadas a autenticação de usuário e sessão, visto que essas trabalham com informações de alto grau de sensibilidade, como senha e login, que não devem estar guardadas na BC tendo em vista o seu caráter público. A descentralização dos dados estará a cargo da BC, que para o nosso desenvolvimento será utilizada via rede de teste, mais conhecida como Testnet.

Para o front end será feito uso da principal linguagem de desenvolvimento para a web da atualidade, o JavaScript. Poderão ser utilizados os principais frameworks ou bibliotecas da linguagem, como o Angular, React.js ou Vue.js, dentre outras menos difundidos. Também utilizaremos um navegador de internet, para interação com a aplicação.

No desenvolvimento do back end pode-se fazer uso de bibliotecas, API's e frameworks que agilizam a integração com a BC da Ethereum e que permitem que o programador não precise implementar do início as principais funcionalidades de uma BC. É possível acessar uma quantidade grande dessas ferramentas através da própria documentação da Ethereum.org, a fonte primária e online para a comunidade da Ethereum, de acordo com o repositório do próprio projeto aberto do site no github. Para este trabalho, a biblioteca fundamental é o Web3.js, que vai nos permitir utilizar o JavaScript para interação com os SC.

A [Figura 3](#) fornece uma visão geral da arquitetura da aplicação. Nela podemos ver a divisão entre as camadas mencionadas; front end, back end e API de conexão com a BC da Ethereum.

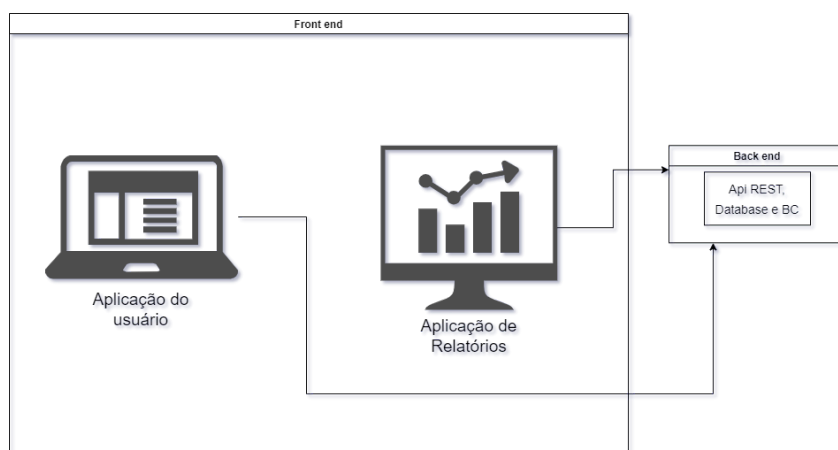
Figura 3 – Arquitetura básica da aplicação descentralizada



Fonte: Imagem autoral.

A aplicação no lado do usuário deverá contar com duas partes, a primeira é relacionada ao cadastro, gerenciamento de informações do usuário, a inscrição de uma nova denúncia, ela será chamada de aplicação do usuário. A segunda está relacionado com a transparência das informações, onde outros usuários e autoridades poderão ter acesso à relatórios, lista de denúncias contendo informações básicas como: descrição; local; data de criação e tipo de crime ambiental. Ela será chamada de aplicação de relatórios. A [Figura 4](#) apresenta a estruturação básica dessa disposição.

Figura 4 – Divisão do front end em duas aplicações com propósitos distintos.



Fonte: Imagem autoral



Com a finalidade de atingir uma gama maior de usuários, o aplicativo deverá contar com uma interface amigável e de fácil interação. Ou seja, para este trabalho será necessário o desenvolvimento de um front end. Já para tratar e trabalhar com as informações fornecidas pelo denunciante, será necessário o desenvolvimento de uma outra parte da aplicação, um back end.

A blockchain da Ethereum (BC) será utilizada neste trabalho por possuir uma infraestrutura consolidada, além de uma linguagem Turing completa para o desenvolvimento de SC. Ela deve manipular e armazenar o DAPP por pura descentralização, porém, devido ao gargalo de desempenho da blockchain, será escolhido uma implementação onde somente algumas partes do sistema estarão na estrutura descentralizada.

### 3.3 ANÁLISE E DESENVOLVIMENTO

Nesta seção iremos apresentar as principais Histórias de Usuário, que permite que haja um planejamento durante o desenvolvimento da aplicação. Também apresentamos a modelagem dos dados.

#### 3.3.1 DEFINIÇÕES

Antes de apresentar as Histórias de Usuário, é importante definir alguns termos que serão utilizados nas seções seguintes.

- Usuário Externo: É todo usuário que não está cadastrado na plataforma.
- Denunciante: É todo usuário que estiver cadastrado dentro da aplicação e que tem a capacidade de realizar denúncias através dela.
- Denúncia: É todo e qualquer relato dado pelos denunciantes dentro da plataforma e que possuem caráter de denúncia.

#### 3.3.2 HISTÓRIAS DE USUÁRIO

Para o processo de desenvolvimento deste projeto, levaremos em consideração algumas Histórias de Usuário. Elas serão necessárias para descrever de forma abrangente e simples o funcionamento do projeto, e também ajudarão como guia para a modela dos dados. São elas:

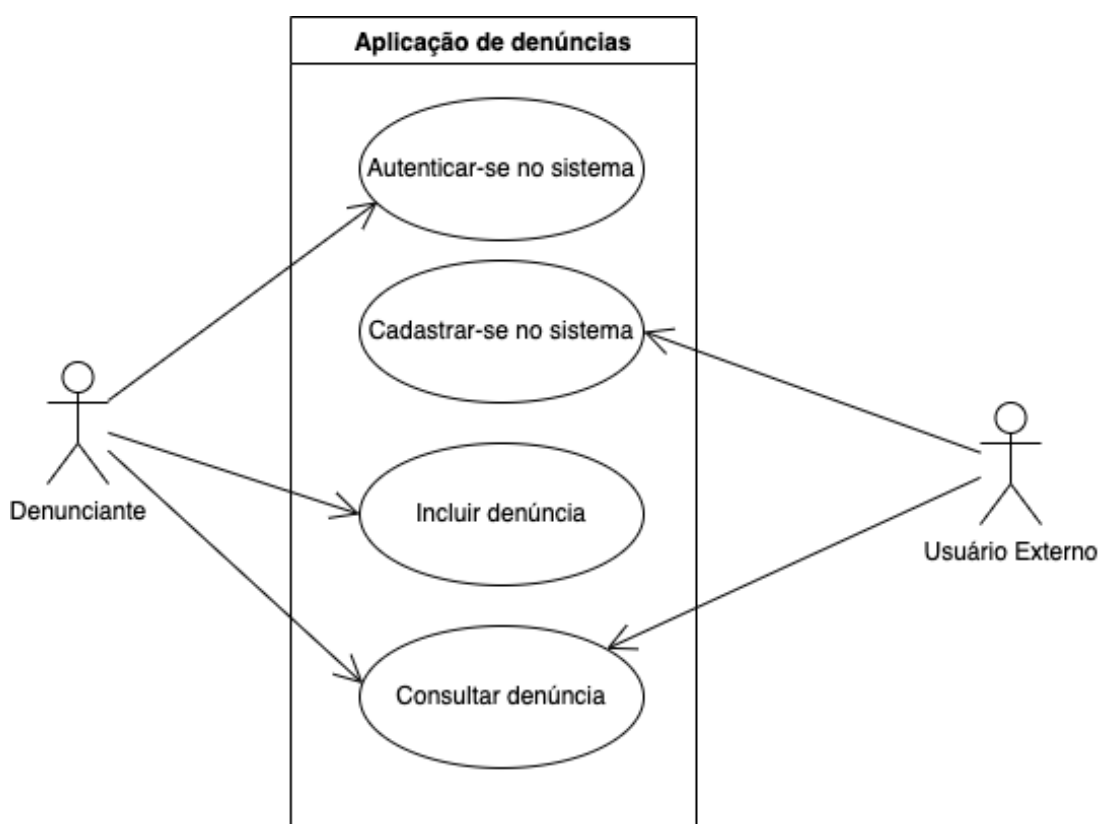
1. Como usuário externo, eu quero poder fazer o meu cadastro utilizando um e-mail pessoal, nome de usuário, número de contato e endereço residencial e uma senha, para que eu poça ter um perfil de denunciante dentro do sistema.
2. Como denunciante, eu quero poder realizar o meu login através de uma tela de login, preenchendo os campos de usuário (e-mail) e senha, para que eu possa ter acesso ao meu perfil.
3. Como denunciante, eu quero realizar uma denúncia em uma página que contém campos a serem preenchidos, para que eu possa preencher com um título de denúncia, descrição da denúncia, local da ocorrência, data da ocorrência e possíveis anexos, como fotos e vídeo.
4. Como denunciante, eu quero poder realizar a submissão da denúncia ao apertar um botão, para que ela seja gravada na plataforma.
5. Como denunciante, eu quero ter acesso a uma tela onde aparecem as denuncias enviadas por mim, para que eu possa ver a data, texto enviado, local e status da denuncia.
6. Como denunciante, eu quero ter acesso a uma tela com um mapa e lista de outras denuncias, para que eu possa acompanhar o status e detalhes de outras denuncias.

7. Como usuário externo, eu quero ter acesso a uma tela com um mapa e lista de outras denúncias, para que eu possa acompanhar o status e detalhes das denúncias dos denunciante.

### 3.3.3 CASOS DE USO

Iremos descrever resumidamente o que serão os principais casos de uso da aplicação, são eles o cadastro do usuário no sistema, a autenticação (ou login), a inclusão de uma denúncia e a consulta das denúncias presentes no sistema. A seguinte [Figura 5](#) mostra o diagrama Caso de Uso baseado da aplicação. Esses diagramas seguem as convenções da UML (Unified Modeling Language), que é responsável por criar convenções de modelagem.

Figura 5 – Diagrama de Casos de Uso da aplicação



Fonte: Imagem autoral

O primeiro caso de uso a ser descrito será o de Autenticar-se no sistema.

#### 3.3.3.1 Caso de Uso: Autenticar-se no Sistema

Esse caso de uso está relacionado diretamente a necessidade de autenticação do denunciante como usuário na aplicação. Sem essa autenticação, o sistema ficaria aberto a ataques maliciosos ou uso indevido por pessoas ou sistema externos, sem que houvesse um mínimo de identificação. Esse caso de uso está descrito no [Quadro 1](#)

#### 3.3.3.2 Caso de Uso: Incluir Denúncia

Esse caso de uso resume a principal funcionalidade do sistema e a principal motivação deste trabalho. A inclusão de uma denúncia deverá levar fatores como necessidade de auten-

Quadro 1 – Caso de Uso para autenticação do Denunciante.

<b>Caso de uso:</b>	Autenticar Usuário
<b>Interessados e interesse:</b>	O denunciante, que deseja entrar no sistema para ter acesso às funcionalidades de denúncia.
<b>Pré-condições:</b>	O Denunciante precisa possuir credenciais válidas, como login, ou e-mail, e senha.
<b>Garantias de sucesso:</b>	O Denunciante está logado no sistema e possui credencias e tokens suficientes para realizar as requisições de criação de novas denúncias. O Denunciante tem a possibilidade de fazer o logout, ou seja, sair do sistema, após a autenticação e no momento em que bem entender.
<b>Cenário de sucesso principal:</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. O Denunciante acessa a página ou tela de login e fornece suas credenciais.</li> <li>2. O Denunciante clica no botão de "Login" ou "Entrar" para realizar a requisição de autenticação ao sistema.</li> <li>3. O Sistema avisa se houver algum erro com as credenciais do Denunciante e o redireciona para a tela de login.</li> <li>4. O Sistema avisa que o login foi realizado com sucesso se não houver erros na credencial do Denunciante. Após o aviso, ele o redireciona para a tela principal do sistema.</li> <li>5. Uma vez autenticado, o Denunciante pode ver as denúncias que ele já realizou, denúncias de outros usuários e pode criar uma nova denúncia.</li> </ol>
<b>Fluxos alternativos:</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. A qualquer momento o Denunciante pode solicitar uma redefinição de senha caso ele tenha perdido ou esquecido sua senha.</li> <li>2. O Denunciante está impedido de fazer autenticação por não estar apto, ou por não ter um e-mail válido ou existente.</li> </ol>

Fonte: Autoria própria.

ticação do Denunciante e a facilidade em preencher o formulário de denúncia. O [Quadro 2](#) detalha o caso de uso.

A partir das Histórias de Usuários e Casos de Uso definidos anteriormente, podemos realizar uma análise orientada a objetos, modelar as classes que irão surgir a partir dessa análise, descrever a sequência de eventos do esperada para a aplicação, tudo isso representado em diagramas. Eles servirão como representação do funcionamento do software e a interação de atores e suas ações dentro do funcionamento do projeto.

Quadro 2 – Caso de Uso para criar uma denúncia.

<b>Caso de uso:</b>	Incluir denúncia
<b>Interessados e interesse:</b>	O denunciante, que realizar a inclusão de uma nova denúncia.
<b>Pré-condições:</b>	O Denunciante precisa estar autenticado e com acesso à tela de cadastramento de uma denúncia.
<b>Garantias de sucesso:</b>	O Denunciante está logado no sistema e possui credenciais e tokens suficientes para realizar as requisições de criação de novas denúncias. O Denunciante consegue acessar a tela de criação de uma denúncia. O Denunciante, após o preenchimento dos campos obrigatórios, consegue realizar a submissão do formulário para o backend. O Denunciante tem um feedback visual apontando que a sua denúncia foi realizada com sucesso ou se houve algum problema na submissão do formulário.
<b>Cenário de sucesso principal:</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. O Denunciante acessa a página de cadastramento de nova denúncia.</li> <li>2. O Denunciante realiza o preenchimento do formulário de denúncia.</li> <li>3. O Sistema tem a capacidade de validar se existe alguma informação faltante ainda na tela de cadastro de nova denúncia.</li> <li>4. O Denunciante clica no botão de submissão do formulário para enviar a sua denúncia.</li> <li>5. Após o clicar no botão de envio, os dados do formulário são passados para o backend, onde serão tratados.</li> <li>6. O backend do sistema deverá retornar uma mensagem avisando que a denúncia foi feita com sucesso ou se houve algum erro.</li> <li>7. A tela do usuário recebe a confirmação de sucesso ou fracasso do backend e imprime o aviso de forma visual e legível para o Denunciante.</li> <li>8. O Denunciante pode retornar a tela inicial ou pode realizar uma nova denúncia.</li> </ol>
<b>Fluxos alternativos:</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. A qualquer momento o Denunciante pode no botão de "Cancelar" para sair da tela de criação de nova denúncia e retornar para a tela inicial.</li> <li>2. O Denunciante está impedido de realizar uma denúncia por não estar autenticado na aplicação.</li> </ol>

Fonte: Autoria própria.

### 3.3.4 DIAGRAMA DE CLASSE

O Diagrama de Classes visa mostrar as classes do sistema. Em uma abordagem orientada a objetos, que é o caso do sistema proposta nesse trabalho, esse tipo de diagrama faz muito sentido e é natural.

A [Figura 6](#) apresenta o Diagrama de Classes com as principais classes da aplicação. Nele podemos notar que existe iremos considerar uma classe abstrata Pessoa, um tipo de classe que não é gera instâncias, de onde serão herdados os atributos dos objetos da classe Denunciante. Essa última classe é a única capaz de instanciar objetos que poderão realizar a criação e listagem de denúncias em nosso sistema.

Também consideramos uma classe Denúncia, que é responsável por criar objetos de denúncia que poderão ser relacionados ao denunciante e que poderão ser salvos na BC. É importante notar a relação de agregação que existe entre a classe Denúncia e o Denunciante. Essa relação deixa claro que uma denunciante poderá ter nenhum ou várias denúncias ligadas à ele.

As classes foram modeladas de acordo com as Histórias de Usuário e os Casos de Uso apresentados anteriormente, seus atributos e os métodos (ações que os objetos instanciados a partir da classe podem realizar dentro do sistema) foram deduzidos a partir dessas duas fontes.

### 3.3.5 DIAGRAMA DE SEQUÊNCIA

Segundo [Bell \(2004\)](#) o Diagrama de Sequência serve para representar a ocorrência de eventos entre objetos que trocam mensagens entre si de forma sequencial e que geram uma saída desejada. Nessa tipo de diagrama o foco é maior na ordem em que as mensagens são trocadas do que nas mensagens em si.

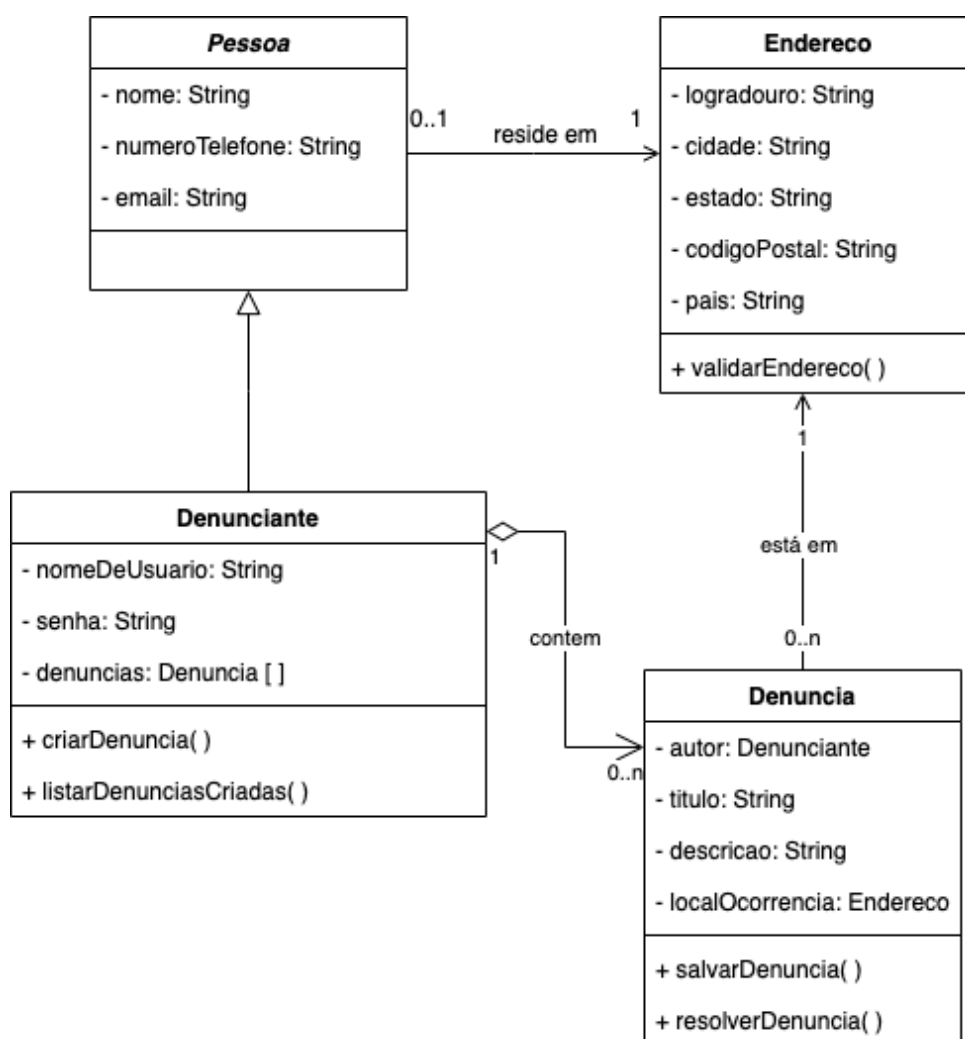
O Diagrama de Sequência da [Figura 7](#) descreve a ordem de acontecimento dos eventos envolvidos nas funcionalidades básicas do sistema. É importante ressaltar que ele trata da interação entre objetos no contexto o back end do sistema. Nota-se que a última coluna representa um objeto da classe APIBlockchain, ela será uma implementação necessária durante o desenvolvimento do projeto e será responsável por criar uma camada de comunicação com a Blockchain da Ethereum em si (esse processo já foi explicado na [Seção 3.2](#)).

Na [Figura 7](#) também podemos notar que haverá no projeto um tratamento para caso haja um erro no momento da criação da denúncia. Esse tratamento se resume em redirecionar o usuário para uma tela que informa que houve o erro ou emitir um alerta para que o usuário fique ciente da falha.

Além da sequência de eventos relacionados à parte de denunciar, o diagrama mostra os eventos de listagem de denúncias. A segunda mensagem enviada pelo objeto denunciante refere-se ao caso de uso em que o usuário pode visualizar as denúncias por ele já criadas, e por isso a sua identificação é informada como atributo da mensagem (idDenunciante). Já a terceira mensagem enviada representa o pedido do objeto para a listagem de todas as denúncias na plataforma. As duas últimas mensagens enviadas pelo objeto da classe Denunciante esperam receber uma lista de denuncias como resposta.

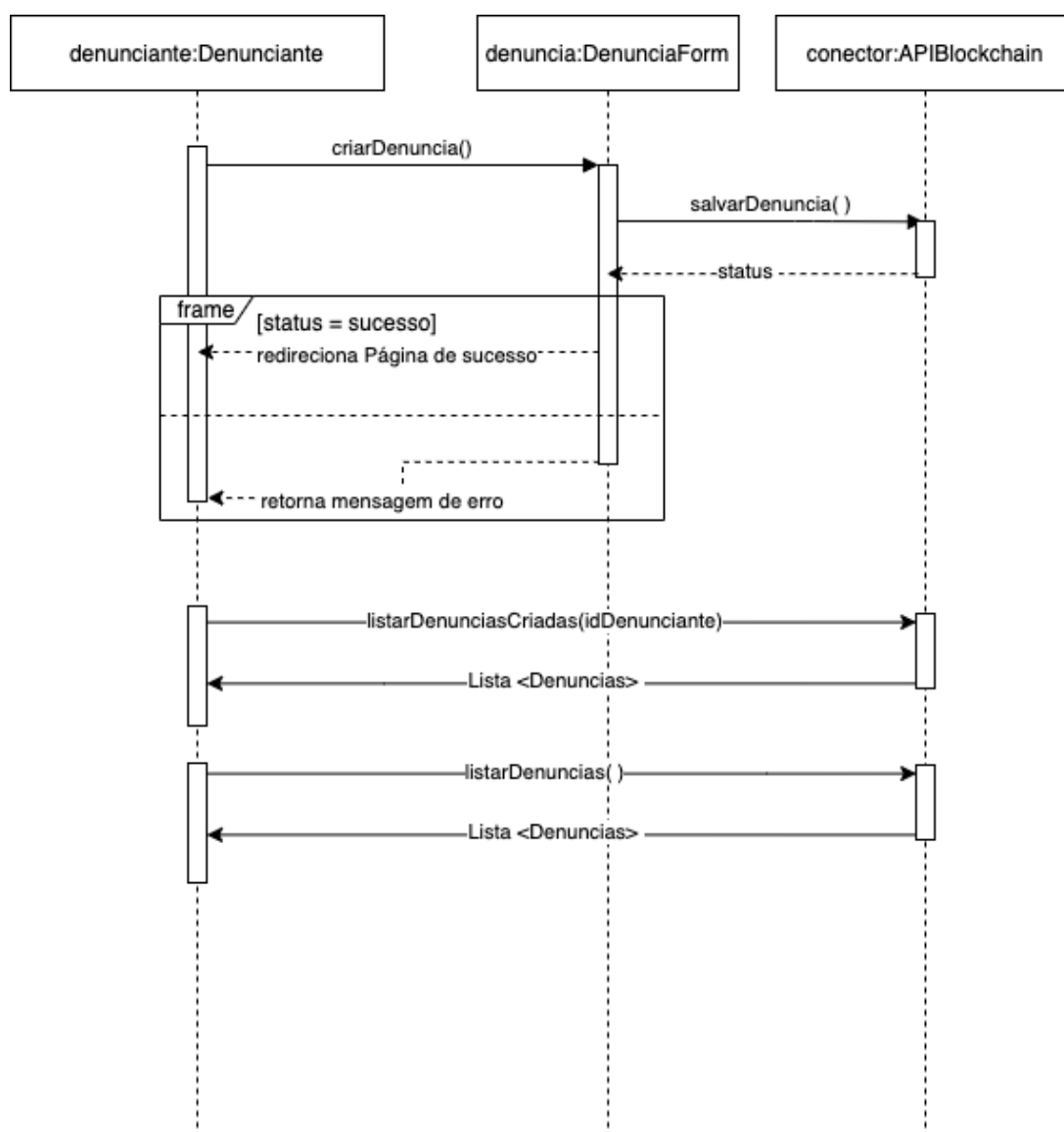
Com isso, já temos uma visão geral de como funcionarão as sequências de eventos e trocas de mensagens entre objetos dentro da aplicação, o que auxilia na implementação do projeto.

Figura 6 – Diagrama de classes da aplicação.



Fonte: Imagem autoral

Figura 7 – Diagrama de sequência da aplicação.



Fonte: Imagem autoral

## 4 CRONOGRAMA

Nesta seção iremos falar a respeito do cronograma que servirá de base para o desenvolvimento da proposta deste trabalho.

### 4.1 TÉCNICAS

As principais técnicas utilizadas no cronograma do projeto foram o Gráfico de Gantt e o Kanban. O Gráfico de Gantt é um método que torna mais visual a sequência de tarefas durante a execução do projeto. São barras horizontais que possuem tamanhos diferentes e referentes à quantidade de tempo que cada tarefa irá tomar para ser feita. Essas barras "correm" em uma linha temporal. O método permite saber quais tarefas podem ser impeditivas e quais devem ser realizadas de forma simultânea.

O Kanban é um outro método voltado para o gerenciamento de produção. Nele, são utilizados cartões que representam um trabalho ou tarefa. Os cartões são movidos entre colunas que indicam o status daquele cartão, isso permite a visualização mais fácil do movimento do trabalho dentro do processo de produção.

### 4.2 PLANEJAMENTO

Iremos considerar que semana tendo 5 dias, também vamos considerar 2 horas de trabalho para cada dia. O projeto deverá começar inicialmente com estudos das ferramentas que serão utilizadas no desenvolvimento, além das opções de serviços para a hospedagem de código, ferramentas de versionamento de código, API's, linguagens de programação e bibliotecas relacionadas ao objetivo final do projeto.

A [Tabela 1](#) detalha cada uma das atividades que iremos considerar para o planejamento do cronograma. A primeira coluna é o número da atividade, a segunda é o nome que damos a ela, a terceira é quantidade de tempo em dias esperado para executá-la. A quarta e quinta coluna são as semanas de início e de fim da atividade.

Tabela 1 – Tarefas do projeto. A coluna Início e Fim referem-se a semana de desenvolvimento.

Tarefa	Descrição 1	Duração	Início	Fim
1	Estudar as ferramentas envolvidas	20 dias	1	3
2	Desenvolver o Smart Contract	10 dias	4	5
3	Desenvolver o Back End e conectar a API da BC	20 dias	5	8
4	Integrar o Smart Contract e API	10 dias	7	8
5	Desenvolver o Front End do site	10 dias	8	10
6	Desenvolver o Front End do Aplicativo	20 dias	9	12
7	Integrar o Back End e Front End	20 dias	12	15
8	Realizar os testes de usabilidade	7 dias	15	16
9	Publicar o App e Site	10 dias	15	17

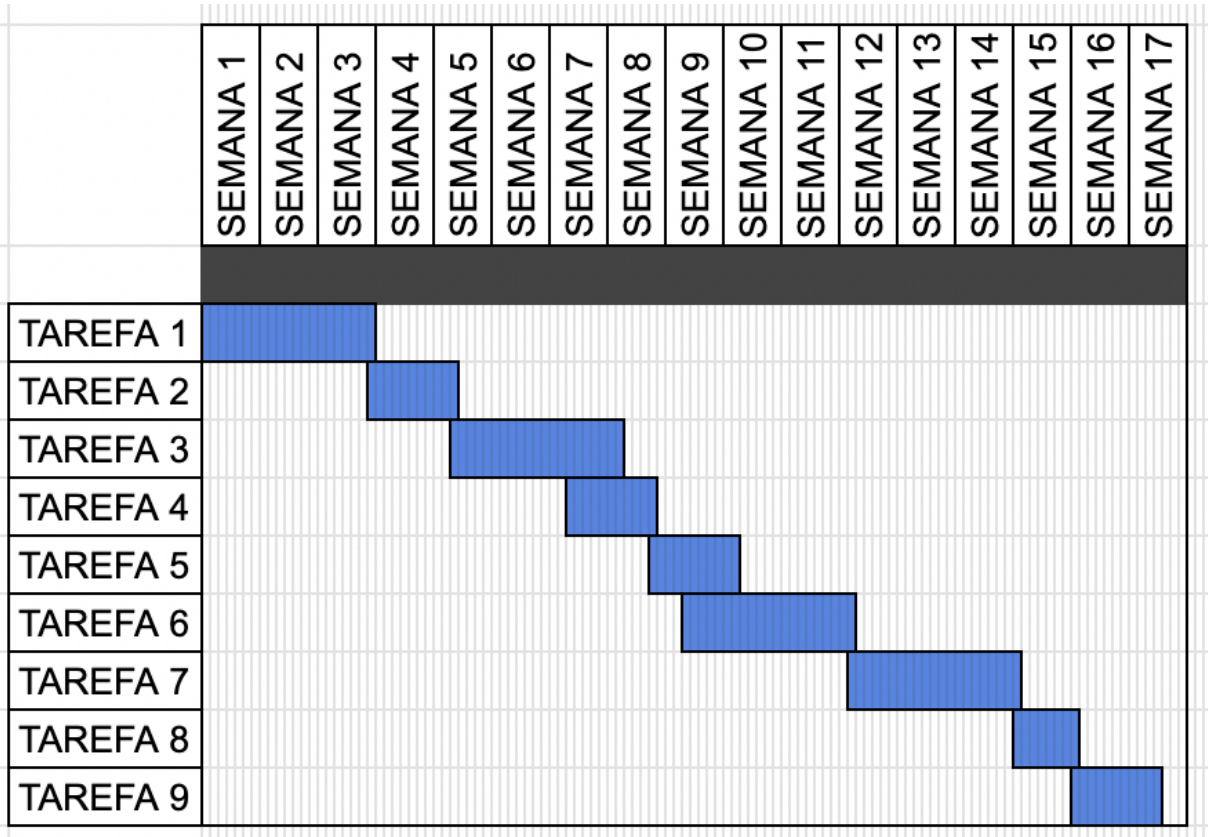
Fonte: Autoria própria.

Fazemos a distribuição das atividades ao longo do Gráfico de Gantt. Elas serão postas ao decorrer de um eixo horizontal que tem como unidade uma semana. Assim temos o seguinte



gráfico.

Figura 8 – Tarefas planejadas.



Fonte: Imagem autoral

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

É público e notório que existem problemas de transparência e disponibilidade dos dados no processo de denúncia de crime ambiental no Brasil. A existência de portais e canais como o Fala.BR, onde as pessoas podem realizar a denúncia não satisfaz a necessidade do acompanhamento por parte de pessoas públicas e interessadas no avanço ou desaceleração das ações contra investigados. Isso se dá pela forma como a plataforma cuida dos dados, não disponibilizando as informações nem dos investigados e do local. Existem algumas lacunas nas tecnologias mais próximas dos cidadãos comuns, aquelas que são diferentes de satélites em órbita e sistemas de análise climática, onde podemos concluir que baixa disponibilidade das informações fornecidas por elas podem acarretar em problemas para os técnicos que realizam o trabalho de investigação de possíveis criminosos e a impunidade dos mesmos.

Para além do problema da disponibilidade e transparência, há uma complexa hierarquia e relacionamento dos institutos e responsáveis por aplicação de multas, das leis e investigação. Apesar do debate a respeito dessa complexidade institucional não estar dentro do escopo deste trabalho a proposta feita no [Capítulo 3](#) se mostra factível pois tem potencial de abstrair essa hierarquia em somente uma interface e sistema. Tornar a vida de denunciante mais simples impede que os mesmos desistam de entrar em contato com o IBAMA, BPMA ou qualquer um dos institutos mencionados no [Capítulo 2](#).

A respeito do carácter descentralizado da proposta, que foi explicada no [Capítulo 3](#), podemos concluir que pelo menos um dos dois problemas, a disponibilidade, pode ser contornado. O que põe em debate a segunda parte do desafio, a transparência. Atualmente o Brasil possui leis rígidas sobre a exibição de informações de terceiros em bancos de dados, sites e aplicações. Em vigor desde 2020, segundo a [Serpro \(2022\)](#), a Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD) deve limitar a exibição de dados de pessoas jurídicas e físicas denunciadas dentro da plataforma proposta. A validação dos dados que os usuários denunciante poderão ter acesso está dentro do escopo de trabalhos a serem feitos.

As considerações finais são de que há muito trabalho a ser feito para que a arquitetura proposta no [Capítulo 3](#) seja implementado dentro do cronograma descrito no [Capítulo 4](#). Dentro dos próximos passos estão o estudo e levantamento das ferramentas que irei utilizar, como bibliotecas de código open source, possíveis bibliotecas de terceiros, ambientes de deploy e plataformas de desenvolvimento.

## Referências

- Antonio, O.; Penedo, S. A máquina de turing. **CPGCC**, p. 4–5, 2002. Disponível em: <<https://www.inf.ufsc.br/~j.barreto/trabaluno/MaqT01.pdf>>. Acesso em: 30 de dezembro de 2022. Citado na página 10.
- ARROYO-QUIROZ, T. W. I. Criminología verde en México. **Dimensión Antropológica**, v. 78, p. 189–194, 2020. Citado na página 3.
- Bell, D. **Explore the UML sequence diagram**. 2004. Disponível em: <<https://developer.ibm.com/articles/the-sequence-diagram/>>. Acesso em: 25 de setembro de 2014. Citado na página 17.
- Brasil, C. **Constituição da República Federativa do Brasil**. 1998. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9605.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9605.htm)>. Acesso em: 01 de junho de 2022. Citado na página 3.
- BUTERIN, V. Ethereum: A next-generation smart contract and decentralized application platform. Único, 2014. Citado 2 vezes nas páginas 8 e 9.
- CEARÁ, G. do Estado do. **Batalhão de Polícia do Meio Ambiente: 30 anos na luta incessante em defesa do meio ambiente**. 2021. Disponível em: <<https://www.ceara.gov.br/2021/08/30/batalhao-de-policia-do-meio-ambiente-30-anos-na-luta-incessante-em-defesa-do-meio-ambiente/>>. Acesso em: 27 de junho de 2022. Citado na página 5.
- Corrêa, A. **Brasil é exemplo de sucesso na redução do desmatamento, diz relatório**. 2014. Disponível em: <[https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2014/06/140604\\_desmatamento\\_relatorio\\_ac\\_hb](https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2014/06/140604_desmatamento_relatorio_ac_hb)>. Acesso em: 20 de setembro de 2022. Citado na página 1.
- Dolce, J. **Estamos em um verdadeiro apagão de dados”, afirma fiscal do Ibama**. 2021. Disponível em: <<https://infoamazonia.org/2021/12/21/estamos-em-um-verdadeiro-apagao-de-dados-afirma-fiscal-do-ibama/>>. Acesso em: 20 de setembro de 2022. Citado na página 1.
- EMAN, K. et al. Environmental crime and green criminology in south eastern europe - practice and research. **Springer Science+Business Media Dordrecht 2013**, p. 341–358, 2013. Citado na página 4.
- EUROPOL, E. U. A. for L. E. C. **Environmental Crime**. 2022. Disponível em: <<https://www.europol.europa.eu/crime-areas-and-statistics/crime-areas/environmental-crime>>. Acesso em: 20 de setembro de 2022. Citado na página 1.
- GOLDSTEIN, H. O. F. J. E. New data infrastructures for environmental monitoring in myanmar: Is digital transparency good for governance? **EPE: Nature and Space**, v. 5, p. 39–59, 2022. Citado na página 4.
- Grandelle, R. **Ibama tem apenas 26% dos analistas necessários para fiscalização de biomas**. 2022. Disponível em: <<https://oglobo.globo.com/brasil/meio-ambiente/ibama-tem-apenas-26-dos-analistas-necessarios-para-fiscalizacao-de-biomas-25108053>>. Acesso em: 19 de setembro de 2022. Citado na página 1.

- IBAMA, I. B. do Meio Ambiente e dos R. N. R. **Processo administrativo sancionador**. 2016. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/fiscalizacao-ambiental/fundo-amazonia/131-fiscalizacao-e-protecao/fiscalizacao/829-processo-administrativo-sancionador#:~:text=O%20processo%20administrativo%20sancionador%20%C3%A9,ele%20a%20aplica%C3%A7%C3%A3o%20de%20san%C3%A7%C3%B5es>>. Acesso em: 28 de junho de 2022. Citado na página 6.
- IBAMA, I. B. do Meio Ambiente e dos R. N. R. **Fale com o Ibama**. 2018. Disponível em: <[https://www.gov.br/ibama/pt-br/canais\\_atendimento/fale-conosco](https://www.gov.br/ibama/pt-br/canais_atendimento/fale-conosco)>. Acesso em: 27 de junho de 2022. Citado na página 5.
- IBAMA, I. B. do Meio Ambiente e dos R. N. R. **Sobre o Ibama**. 2018. Disponível em: <<https://www.gov.br/ibama/pt-br/aceso-a-informacao/institucional/sobre-o-ibama>>. Acesso em: 27 de junho de 2022. Citado na página 5.
- IBAMA, I. B. do Meio Ambiente e dos R. N. R. **Comex Responde**. 2020. Disponível em: <[https://www.gov.br/ibama/pt-br/canais\\_atendimento/comex-responde#:~:text=O%20Comex%20Responde%20%C3%A9%20um,relativas%20%C3%A0s%20suas%20%C3%A1reas%20de](https://www.gov.br/ibama/pt-br/canais_atendimento/comex-responde#:~:text=O%20Comex%20Responde%20%C3%A9%20um,relativas%20%C3%A0s%20suas%20%C3%A1reas%20de)>. Acesso em: 27 de junho de 2022. Citado na página 5.
- IBAMA, I. B. do Meio Ambiente e dos R. N. R. **Fala.BR**. 2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/cgu/pt-br/falabr>>. Acesso em: 27 de junho de 2022. Citado na página 5.
- JOAQUIM, L. **Proposta de um sistema de gestão para fiscalização ambiental**. Junho 2015. 111 f. Dissertação (Especialização em Tecnologia da Informação e Comunicação aplicadas na Segurança Pública E Direitos Humanos) — Universidade Federal de Santa Catarina, Aranguá, 2015. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/179292/TCC-Sistema-de-Infoma%C3%A7%C3%A3o-e-Comunica%C3%A7%C3%A3o-Laudelino-Joaquim.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 27 de junho de 2022. Citado 2 vezes nas páginas 4 e 5.
- KUNTZ, J. **Blockchain Ethereum**. São Paulo: Casa do Código, 2022. Citado 2 vezes nas páginas 8 e 10.
- MACEDO, G. Climate security, the amazon, and the responsibility to protect. **Brazilian Political Science Review**, 2021. Citado na página 4.
- MARCHESI, L.; MARCHESI, M.; TONELLI, R. Abcde – agile block chain dapp engineering. **Blockchain: Research and Applications**, v. 1, p. 1–19, 2020. Citado 3 vezes nas páginas 8, 9 e 10.
- PARANÁ, G. do Estado do. **Denunciar Crime Ambiental**. 2022. Disponível em: <<https://www.iat.pr.gov.br/servicos/Meio-Ambiente/Policia-Ambiental/Denunciar-crime-ambiental-JGoMV8N0>>. Acesso em: 27 de junho de 2022. Citado na página 5.
- SERPRO. **LGPD entra em vigor**. 2022. Disponível em: <<https://www.serpro.gov.br/lgpd/noticias/2020/lgpd-entra-em-vigor>>. Acesso em: 05 de novembro de 2022. Citado na página 22.
- SILVA, J.; SOUZA, J. a. L. **A Inteligência da Complexidade**. São Paulo: Editora Petrópolis, 2000. Citado na página 4.

SUSILOWATI, D. et al. The influence of green supply chain management (gscm) toward economic performance on agribusiness apples. **Part-I Natural and Applied Sciences**, 2013. Citado na página 4.

Verde, L. **[Fala.BR] Manifestação Respondida no Sistema. Mensagem recebida por matheuspereira8187@gmail.com em 9 de junho de 2022.** 2022. Acesso em: 9 de junho de 2022. Citado 2 vezes nas páginas 6 e 7.

WU, K. et al. A first look at blockchain-based decentralized applications. 2019. Citado 2 vezes nas páginas 9 e 10.