



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE PERNAMBUCO
MESTRADO PROFISSIONAL EM GESTAO AMBIENTAL**

OZANDIR FRAZÃO DA SILVA JUNIOR

**DESENVOLVER UMA SOLUÇÃO COMPUTACIONAL PARA OTIMIZAÇÃO DOS
SISTEMAS DE RESÍDUOS EM COMUNIDADES: PROTÓTIPO DESENVOLVIDO
NO BAIRRO DOS COELHOS, RECIFE-PE.**

**RECIFE
2022**

OZANDIR FRAZÃO DA SILVA JUNIOR

DESENVOLVER UMA SOLUÇÃO COMPUTACIONAL PARA OTIMIZAÇÃO DOS SISTEMAS DE RESÍDUOS EM COMUNIDADES: PROTÓTIPO DESENVOLVIDO NO BAIRRO DOS COELHOS, RECIFE-PE.

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Gestão Ambiental, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Gestão Ambiental, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco.

Linha de Pesquisa: Tecnologias e Inovações Ambientais.

Prof. Dr. Marco Antônio de Oliveira Domingues
Orientador - IFPE

Prof. Dr. Hernande Pereira da Silva
Coorientador - MPGA

**RECIFE
2022**

S586d Silva Júnior, Ozandir Frazão da.
Desenvolver uma solução computacional para otimização dos sistemas de resíduos em comunidades: protótipo desenvolvido no bairro dos Coelhos, Recife, PE. / Ozandir Frazão da Silva Júnior. – Recife, PE: O autor, 2023.
69 f. ; il. ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Marco Antônio de Oliveira Domingues.
Coorientador: Prof. Dr. Hernande Pereira da Silva.

Dissertação (Mestrado) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco - IFPE, Campus Recife, Coordenação de Pós-Graduação - Mestrado Profissional em Gestão Ambiental, 2023.

Inclui referências e apêndices.

1. Resíduos Urbanos. 2. Coleta - lixo. 3. Aplicativo. 4. Gestão Ambiental. I. Domingues, Marco Antônio de Oliveira. (Orientador). II. Silva, Hernande Pereira da. (Coorientador). III. Título.

628.44 CDD (22 Ed.)

OZANDIR FRAZÃO DA SILVA JUNIOR

DESENVOLVER UMA SOLUÇÃO COMPUTACIONAL PARA OTIMIZAÇÃO DOS SISTEMAS DE RESÍDUOS EM COMUNIDADES: PROTÓTIPO DESENVOLVIDO NO BAIRRO DOS COELHOS, RECIFE-PE.

Dissertação submetida ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco para avaliação como parte integrante dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre Profissional em Gestão Ambiental.

Data da defesa: ____ / ____ / ____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Marco Antônio de Oliveira Domingues
Orientador - IFPE

Prof. Dr. Hernande Pereira da Silva
Examinador Interno - MPGA

Prof. Dr. João Batista da Rocha Junior
Examinador Externo - UEFS

Prof. Dr. Ronaldo Faustino da Silva
Examinador Externo ou Interno- IFPE

APRESENTAÇÃO

O autor é pós-graduando (*Latu sensu*) em Engenharia de Segurança do Trabalho, pela Faculdade Play. Engenheiro Ambiental Sanitarista, formado em 2019, pela Universidade Católica de Pernambuco (UNICAP), campus Recife. Técnico em Edificações, o autor é formado em 2009, pela Escola Técnica Estadual Professor Agamenon Magalhães (ETEPAM).

Possui experiência nas áreas de construção civil e meio ambiente, mais especificamente, em fiscalização de obras públicas horizontais e verticais, acompanhamento de obras de construção civil e saneamento ambiental, com amplo conhecimento em gestão de qualidade ISO 9001, assessoria em elaboração de plano de gestão ambiental, além de elaboração e supervisão de ações de meio ambiente e segurança do trabalho em atividades de campo.

Atuou, também, como analista/técnico, na área de esgotamento sanitário, trabalhando no mapeamento de redes de esgoto e seus fluxos, cadastro de todo sistema das bacias do esgotamento, georreferenciamento com utilização de geotecnologias para retroalimentação destas redes e consolidação dos dados coletados nas ferramentas GIS.

Possui experiência acadêmica como bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), na modalidade de Iniciação Tecnológica (PIBIC), pela Universidade Católica de Pernambuco, com temática e prática voltadas para implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos e para elaboração de um Programa de Gestão de Resíduos Sólidos, com propostas da aplicação de geoprocessamento e sensoriamento remoto.

Atualmente, trabalha na BRK Ambiental, em Recife e Região Metropolitana, na função de Analista de Obras Operacionais Sanitárias, atuando no controle de indicadores de qualidade, liderança e programação de fiscalizações de obras de manutenções em redes sanitárias.

DEDICATÓRIA

Exordialmente, para execução deste projeto, fui inspirado por pessoas que, de uma certa forma, contribuíram positivamente em minha vida. Por isso, dedico este trabalho a todos aqueles que, neste momento, serviram de combustível pessoal, emocional, profissional e acadêmico.

Desta forma, dedico essa realização acadêmica e profissional a minha mãe (Sônia Maria Assis), ao meu filho (Pedro Henrique Frazão), a minha irmã (Rafaela Almeida Frazão da Silva) e ao meu pai (Ozandir Frazão da Silva), para, juntamente, desfrutarmos essa conquista.

No período deste curso, o mundo enfrentou e continua enfrentando uma pandemia nunca vivenciada anteriormente. Com isso, tivemos muitas perdas, frustrações, momentos de inseguranças e, até mesmo, o medo. Contudo, procurei encontrar forças e creditar minha esperança em meus objetivos.

No que diz respeito ao empenho, ao compromisso, ao esforço, à dedicação, não há meios termos. É uma entrega total para obter o que tanto almeja. Sobretudo, externo toda minha dedicação aos amigos e familiares que contribuíram com minha construção pessoal e profissional.

“Tudo aquilo que você faz com amor e dedicação, terá com certeza um excelente resultado, porque ali, você depositou uma parte de si mesmo.”

Célia Cristina Prado

AGRADECIMENTOS

Minha gratidão venho externar a todos que, certamente, me ajudaram durante esta etapa, que acreditaram no meu potencial e, com suas peculiaridades, me permitiram alcançar o que tanto almejei no patamar acadêmico. Certamente, não conseguirei citar todos que gloriosamente me ajudaram no meu crescimento acadêmico e profissional, mas farei o possível para agradecer a todos. Primeiramente, agradeço a Deus pela sua dimensão em minha vida na forma de amor, compaixão, força, universo, energia e, sobretudo, fé. Assim, expresso minha espiritualidade, sabendo que há uma força maior sobre minha existência e minhas conquistas. Meus agradecimentos vão, também, aos meus familiares, por toda leveza, apoio e energia que me concederam em todo processo da minha vida, contabilizando três décadas de muitos erros, acertos, perdas e conquistas. Confesso que minha família é o combustível para minha vida.

Agradeço ao IFPE, ao corpo docente, a todos os mestrandos de turma e amigos do MPGA, que proporcionam um aprendizado ímpar, e que, mesmo em tempo pandêmico, mostraram superação e excelente adaptabilidade com as condições que a pandemia nos conduzia. O aprendizado, seja eles presencial ou remoto, levarei para a minha vida pessoal e profissional, disseminando a todos, sem receio, o crescimento educacional da sociedade, sem eximir-me. Em especial, estendo meus agradecimentos aos professores, Dr. Marco Antônio de Oliveira Domingues e Dr. Hernande Pereira da Silva e às professoras, Dras. Renata Carvalho, Rogéria Mendes e Marília Castro, pela orientação, paciência e disponibilidade em ajudar em uma hora importante do meu projeto de pesquisa.

Gratidão aos representantes da comunidade dos Coelho, do órgão da EMLURB e da Empresa ASA, pelo engajamento de todos para o desenvolvimento do projeto de pesquisa, cujos ensinamentos serão usufruídos por toda a comunidade local, em prol do bem comum. Não posso deixar de agradecer a José Oscar, companheiro de trabalho e quem me permitiu, orientou e contribuiu para, hoje, fazer parte da família MPGA; a Enila, uma amiga de turma que, infelizmente, não faz parte desse plano carnal, pois a *Covid -19* a conduziu para outra esfera espiritual; a Sheyla A., Edson Patrício e Gustavo da Costa Sampaio Gomes, por contribuírem no desenvolvimento técnico do projeto; e a Bruno Henrique de Alencar, por me proporcionar apoio e compreensão nos anseios.

Por fim, nesse período de pandemia, sou grato a todos os profissionais de saúde e cientistas que trabalharam incansavelmente em prol das vidas, em busca por medidas de proteção, principalmente através da criação da vacina contra a *Covid-19*, reduzindo, assim, os impactos na saúde mundial, e nos permitindo a viver.

RESUMO

Os resíduos são descarte de matéria a partir de atividades do homem, e a disposição inadequada deles pode ocasionar sérios problemas à saúde e ao meio ambiente. Os resíduos na cidade do Recife são destinados incorretamente dentro de drenagens, no sistema de esgoto e, até mesmo, no Rio Capibaribe. Tudo isso impacta diretamente na saúde humana e no meio ambiente. A comunidade escolhida para o desenvolvimento do projeto se deu por uma grande carência na área de saneamento. A aplicação de uma plataforma para análise da gestão de resíduos no bairro dos Coelhos, comunidade que está às margens do rio Capibaribe, localizado na cidade de Recife, estado de Pernambuco, traz um trabalho tecnológico e promissor para melhorar a gestão e a conscientização da comunidade e de representantes gestores quanto ao meio ambiente. A pesquisa tem como objetivo desenvolver um artefato computacional que visa fomentar a otimização do sistema de Gestão de Resíduos no bairro dos Coelhos, município de Recife/PE, visando ações de limpeza, manejo e coleta. A metodologia consistiu no embasamento de atividades em estudos de prospecção e viabilidade técnica, previamente idealizadas para implementar os pontos de coletas. A comunicação social foi primordial para verificar, junto aos representantes da comunidade, quais foram as necessidades relacionadas à limpeza urbana e a coletas de resíduos, com o fim de implantar pontos coletores. Para a aplicação tecnológica, foram realizadas pesquisas para definição de qual seria a melhor plataforma de serviços na nuvem, sendo possível a construção do aplicativo. Por fim, o trabalho buscou incentivar políticas ambientais para o desenvolvimento sustentável e a efetivação deste diante da comunidade, com vários impactos positivos, como a implantação de pontos coletores de resíduos comuns, recicláveis, orgânicos e eletroeletrônicos. Para melhor controle, foi elaborado um mapeamento cadastral da localidade, com implementação de todo o sistema de resíduos; aquisição de mapas temáticos para melhorar a gestão do funcionamento do sistema proposto; e aplicações de *vouchers* como incentivo para utilização da aplicação e, por conseguinte, geração de melhoria da economia local. A utilização do aplicativo com dados informacionais do sistema responsável promoveu trabalhos de educação ambiental voltados às propostas mencionadas no projeto de coleta, com o intuito de promover a comunicação entre a comunidade e o órgão municipal.

Palavras-chave: aplicativo; comunicação social; educação ambiental; geotecnologia; sistema de coleta.

ABSTRACT

Waste is discarded from human activities, and their disposal can cause serious health and environmental problems. Waste in the city of Recife is incorrectly disposed of in drains, in the sewer system and even in the Capibaribe River. All of this has a direct impact on human health and the environment. The community chosen for the development of the project was due to a great lack in the area of sanitation. The application of a platform for analysis of waste management in the neighborhood of Coelhos, a community that is on the banks of the Capibaribe river, located in the city of Recife, state of Pernambuco, brings a technological and promising work to improve management and community awareness and management representatives regarding the environment. The research aims to develop a computational economy that aims to promote the optimization of the Waste Management system in the neighborhood of Coelhos, Recife/PE, aiming at cleaning, handling and collection actions. The methodology consisted of basing activities on prospecting and technical feasibility studies, previously designed to implement the collection points. Social communication was paramount to verify, together with community representatives, what were the needs related to urban cleaning and waste collection, in order to implement collection points. For the technological application, research was carried out to define which would be the best cloud service platform, making it possible to build the application. Finally, the work seeks to encourage environmental policies for sustainable development and its implementation in front of the community, with several positive aspects, such as the implementation of collection points for common, recyclable, organic and electronic waste. For better control, a cadastral mapping of the location was prepared, with the implementation of the entire waste system; acquisition of thematic maps to improve the management of the operation of the standard system; and voucher applications as an incentive to use the application and, therefore, generate an improvement in the local economy. The use of the application with informational data from the responsible system promoted environmental education works aimed at the proposals mentioned in the collection project, with the aim of promoting communication between the community and the municipal body.

Keywords: application; collection system; environmental education; geotechnology; social communication.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Infraestrutura básica urbana de saneamento	19
Figura 2 - Estruturação de Sustentabilidade e Resíduos Sólidos (3Rs)	20
Figura 3 – Estrutura do Sistema de Informações Geográficas (SIG)	27
Figura 4 - Representação vetorial que sobrepõe a uma representação <i>raster</i> na base cartográfica do <i>software Arcgis</i> .	29
Figura 5 - Funcionamento de um site PWA	30
Figura 6 – Localização do bairro dos Coelhos	33
Figura 7 - Fluxograma das etapas aplicadas para desenvolvimento do app	34
Figura 8 - Arquitetura resumida AWS Amazon Web Server (modificado).	38
Figura 9 - Diagrama representativo de um caso de uso a partir de uma requisição HTTP (modificado).	38
Figura 10 - Modelo Arquitetural resumido do site PWA.	40
Figura 11 – Primeira atividade: Reunião com representantes da comunidade durante o projeto.	42
Figura 12 -Segunda atividade: Levantamentos de dados com representantes da comunidade	44
Figura 13 - Teste do aplicativo	45
Figura 14 - Tela de login, seleção da conta do usuário e ícone da aplicação.	46
Figura 15 - Tela inicial, mensagem educativa e rota.	47
Figura 16 - Telas de dados das empresas parceiras, para agendar a entrega e formulário	48
Figura 17 - Tela do mapeamento e cadastro dos atributos entre os pontos de origem e entrega dos resíduos.	48

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Autoavaliação do usuário a respeito do conhecimento sobre Resíduos Sólidos	50
Gráfico 2 – A respeito da prática de coleta seletiva na residência e comunidade	50
Gráfico 3 - Nível de impacto positivo com a aplicação da Gestão de Resíduos na comunidade	51
Gráfico 4 - Uso de um aplicativo em melhoria do sistema de Gestão de Resíduos no bairro	51
Gráfico 5 - avaliação do nível de praticidade do aplicativo (Limpa+Coelhos) desenvolvido	52
Gráfico 6 - avaliação do grau de dificuldades no uso do aplicativo (Limpa+Coelhos)	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Percentuais de Resíduos Recicláveis da Região de Desenvolvimento Metropolitana de Pernambuco.	22
Tabela 2 - Usuários quanto ao uso das contas sociais	49

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Disposição final de RSU dos municípios e distrito da RDM/PE.	22
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABES	Associação Brasileira de Engenharia Sanitária
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
EMLURB	Autarquia de Manutenção e Limpeza Urbana do Recife
ESRI	Environmental Systems Research Institute
GRS	Gerenciamento dos Resíduos Sólidos
MMA	Ministério do Meio Ambiente
NBR	Norma Brasileira
PCSR	Programa de Gerenciamento de Resíduos Sólidos
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PGRS	Programa de Gerenciamento de Resíduos Sólidos
PWA	Progressive Web Application
RCD	Resíduos da Construção e Demolição
RPA	Região Político Administrativa
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SIG	Sistemas de Informações Geográficas
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

SÚMARIO

1.	INTRODUÇÃO	14
2.	OBJETIVOS	17
2.1.	OBJETIVO GERAL	17
2.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
3.	REVISÃO BIBLIOGRAFICA	17
3.1.	SANEAMENTO	17
3.2.	RESÍDUOS SÓLIDOS	19
3.3.	EDUCAÇÃO AMBIENTAL	23
3.4.	LEGISLAÇÕES E NORMAS REGENTES	24
3.5.	TECNOLOGIAS E MEIO AMBIENTE	25
3.5.1	Dispositivos Móveis	26
3.5.2	Desenvolvimentos de aplicativos para dispositivos móveis	26
3.5.3	SIG	26
3.5.4	Google Maps	28
3.5.5	Aplicativos e Geotecnologias	28
3.5.6	Progressive Web Applications - PWA	30
3.5.7	Amazon Web Services (AWS)	31
3.6.	HISTÓRICO DA COMUNIDADE DOS COELHOS	32
4.	METODOLOGIA	32
4.1.	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	33
4.2.1	Etapas adotadas para desenvolvimento do PWA (<i>Progressive Web Applications</i>)	36
4.2.2	Características do aplicativo Limpa+Coelhos	39
4.2.3	Implementação e descrição da arquitetura do <i>site</i> PWA	39
4.2.4	Abordagem das fases de implementação do protótipo - Limpa+Coelhos	40
5.2.4	Levantamento de dados em campo com ação conjunta de representantes da comunidade	41
5.1.2	Levantamento dos dados dos pontos de coletas, conforme informações dos representantes da comunitários:	42
5.1.3	Levantamento de dados em campo com ação conjunta de representantes da comunidade	44
5.1.4	Aplicação e avaliação dos testes do aplicativo <i>in loco</i>	44
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
5.1.	PLATAFORMA DE GEOPROCESSAMENTO E GEOTECNOLOGIAS APLICADAS	45
5.2.1	Implementação do protótipo - Limpa+Coelhos	45
5.2.	MAPAS E INFORMAÇÕES CADASTRAIS	48

5.3.	TESTES DA UTILIZAÇÃO DO APLICATIVO DESENVOLVIDO	49
5.4.	AVALIAÇÃO DE RESPOSTAS DO FOMULÁRIO ELETRÔNICO	50
5.5.	PROPOSTA DE SISTEMA DE GESTÃO DOS RESÍDUOS	53
6.	CONCLUSÕES	54
7.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	54
8.	REFERÊNCIAS	56

1. INTRODUÇÃO

Saneamento básico é um fator responsável pelo bem-estar social e econômico, e que interfere diretamente na saúde da população. Serviços de limpeza urbana, drenagens pluviais, esgotamento sanitário, abastecimento de água e sistema de coleta de resíduos sólidos são ações que efetivamente compõem um sistema híbrido de gestões políticas municipais e estaduais. Sendo assim, é de extrema importância que haja investimentos contínuos nesse setor para que o desenvolvimento de um determinado grupo ou comunidade aconteça de forma saudável. Em 15 de julho de 2020, foi sancionado pelo governo federal o novo marco do saneamento nacional, por meio da Lei Federal nº 14.026, que preconiza a atualização das medidas até então adotadas, fortalecendo toda a infraestrutura de operacionalização dos sistemas.

Para Mol *et al.* (2020), a ineficácia na execução no serviço de limpeza urbana é diretamente responsável por afetar a saúde no meio, especialmente nas comunidades mais carentes de uma região. Com o crescimento desordenado da população no contexto de uso de ocupação do solo, essas comunidades ficaram mais suscetíveis a riscos ambientais, tais como terrenos baldios com deposições de lixo de forma inadequada, esgotos a céu aberto, aumento de pragas transmissoras de doenças e contaminação de corpos hídricos (CABRAL, 2019).

A disposição incorreta dos resíduos, típica dessas localidades, acarreta efeitos nocivos para os moradores, como assoreamento e deslizamento de taludes quando o lixo fica acumulado às margens de rios; contaminação de lençóis d'água pela presença de substâncias químicas nos resíduos; poluição atmosférica e proliferação de vetores (ratos, baratas, escorpiões, moscas), que transmitem doenças (IBAM; MAS, 2010).

As conferências da Organização das Nações Unidas promovidas no âmbito das políticas ambientais tiveram como seu marco inicial a Conferência de Estocolmo sobre o Desenvolvimento e Meio Ambiente Humano, em 1972, passando pela conferência do Rio de Janeiro, em 1992, até a COP-26, ocorrida em Glasgow, em 2021. Ao longo desses encontros, ficaram evidenciadas falhas na forma em que são desenvolvidas as medidas para resistir a ações antrópicas, que exploram recursos do meio ambiente de forma predatória e insustentável.

A intervenção humana sobre a natureza, na maioria das vezes, não se preocupa com o esgotamento e a renovação dos recursos ambientais dos quais também dependerão as gerações futuras. Diante disso, a implementação de ações de desenvolvimento sustentável surge como fator fundamental para contingência dos efeitos nocivos das ações humanas para que o planeta Terra, nosso próprio *habitat*, não seja extinto.

Nesse contexto se inserem a realidade brasileira e os diversos problemas históricos

relacionados ao processo de rápida urbanização, a qual ocorreu no século XX de forma desordenada em diversos espaços. O município do Recife ainda apresenta uma carência de saneamento básico, na conjuntura em que os resíduos sólidos são um dos principais agentes de impacto negativo ao meio ambiente e à saúde das comunidades.

Dados do SNIS mostram que apenas 43,96% da população da Veneza Brasileira tem coleta adequada de esgoto. Ou seja, nem metade dos recifenses é atendido por redes de esgotamento sanitário (SANEAMENTO BÁSICO, 2021). A cidade está entre as 20 piores do país no *Ranking* do Saneamento da ONG Instituto Trata Brasil (2022), que acompanha a situação do saneamento em nosso país, ocupando a 88ª posição (BRASIL DE FATO, 2022). Ainda sobre os dados do mesmo painel, verifica-se que o percentual apresentado está acima do índice da região nordeste, na qual 30,3% dos nordestinos têm tratamento adequado de esgoto (SNIS, 2022a).

Em relação à coleta dos resíduos sólidos na capital pernambucana, realizada com o objetivo de reciclagem, também se apresentam dados preocupantes. Os recifenses destinam apenas 1,37% do total de resíduos sólidos gerados em seus descartes para reaproveitamento. Ou seja, mais de 98% dos resíduos produzidos recebem destinação inadequada por parte dos municípios, de acordo com dados do Observatório do Recife, movimento da sociedade civil (SOU RESÍDUO ZERO, 2016; OBSERVATÓRIO DO RECIFE, 2016). Já em relação a região Nordeste, o índice de manejo dos resíduos sólidos urbanos, no ano de 2020, foi de 83,1%, de acordo com dados SNIS (2022b).

Em razão dessa problemática, é pertinente aplicar um sistema computacional para mapear, controlar, monitorar e melhorar a gestão de resíduos sólidos, implementando medidas que contribuam para as infraestruturas de limpeza urbana local. Com a disponibilidade cada vez maior de diversas ferramentas tecnológicas, como a ferramenta de mapas do *Google* (*Google Maps*), com dados de caráter geoespacial, abre-se a perspectiva para que interações com o meio ambiente deixem de ser tão conflitantes.

O objetivo de um município inteligente é criar condições para que as relações lineares de produção, consumo e descarte se tornem relações circulares e sustentáveis, promovendo uma interação harmônica entre qualidade ambiental, desenvolvimento socioeconômico e construção de cidades inteligentes (MIRANDA, 2019). Nesse contexto, Lins *et. al.* (2019) veem como um grande desafio para população, órgãos governamentais, setor privado e sociedade civil organizada, o manejo adequado dos resíduos sólidos com responsabilidade socioambiental sustentável compartilhada.

Com o suporte tecnológico apropriado, os problemas advindos da ausência de tratamento adequado dos resíduos sólidos podem ser minimizados, através do uso de aplicações para o apoio de identificação dos pontos de coleta e, conseqüentemente, de realização de descarte correto, contribuindo, principalmente, na questão da preservação ambiental. Desse fato surge a importância da utilização de metodologias e tecnologias capazes de identificar e contribuir para a modelagem e análise de dados ambientais. Dentre esses recursos, a aplicação de soluções baseadas em tecnologias geoespaciais, como o *Google Maps*, têm demonstrado potencial promissor na geração e análise desses dados (SOUSA *et al*, 2019).

Diante do que foi exposto, o presente estudo busca responder o seguinte questionamento: Qual a aplicação tecnológica para a montagem de um Sistema de Gestão de Resíduos? Segundo Albuquerque *et al.* (2015), muitos órgãos governamentais e empresas privadas baseiam suas decisões de planejamento em Sistemas de Informação Geográficos (SIG). Dessa forma, são capazes de aumentar suas potencialidades na gestão utilizando ferramentas de geoprocessamento para gerenciar, processar e manipular dados, visando a integração socioambiental e geotecnológica.

Neste contexto, o emprego dessas ferramentas foi realizado com base na tecnologia *Progressive Web App* (PWA). Isso é, a aplicação de um conjunto de processos para o desenvolvimento de *softwares* que combinam páginas da rede mundial de computadores (*sites*) com um aplicativo. Para Sharman *et al.* (2019), no artigo *Progressive Web App (PWA) - One Stop Solution for All Application Development Across All Platforms*, o PWA surgiu para solucionar o problema da não compatibilidade de códigos entre plataformas e aplicativos, pois os códigos-fonte para aplicativos tradicionais são específicos para as plataformas dos quais são nativos. Isso tem como resultado a separação de projetos e ambientes de desenvolvedores que trabalham, muitas vezes, na mesma aplicação. Logo, pode-se dizer que o PWA une mecanismos oferecidos pelos navegadores atuais com os benefícios da capacidade móvel (SHARMA *et al*, 2019).

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Desenvolver um artefato computacional para otimizar o Sistema de Gestão de Resíduos em comunidades, no município de Recife/PE, visando ações de limpeza, manejo e coleta de resíduos.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar diagnóstico participativo na comunidade;
- Definir plataformas tecnológicas a serem utilizadas;
- Criar trajetos e rotas até o local onde existe o ponto coletor escolhido;
- Exibir no aplicativo mensagens educativas sobre os benefícios da reciclagem;
- Aplicar testes do uso da aplicação desenvolvida para analisar a desenvoltura do aplicativo para gestão dos resíduos;
- Executar a análise dos resultados obtidos.

3. REVISÃO BIBLIOGRAFICA

Segundo Kaza *et al.* (2018), produz-se em escala global um grande volume de resíduos advindos de residências, comércios, indústrias, hospitais etc., que, caso não sejam coletados, destinados ou dispostos adequadamente, podem ocasionar sérios danos à saúde da população e à natureza. No mundo, são gerados cerca de 2,01 bilhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos (RSU) por ano, quantidade que cresce exponencialmente. Estima-se que até 2050, a quantidade de resíduos produzidos pode chegar a 3,4 bilhões de toneladas por ano.

3.1. SANEAMENTO

Sanear é uma palavra derivada do latim que significa tornar saudável, higienizar e limpar. O conceito de saneamento pode ser entendido como sendo o conjunto de mecanismos que trabalham para promover o abastecimento de água potável, limpeza urbana, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e drenagem de águas pluviais (BRASIL, 2007).

Saneamento é a base para uma infraestrutura de construção urbana. Nele, são abrangidos sistemas de drenagens pluviais, esgotamentos sanitários, coletas de resíduos sólidos, limpeza urbana e sistemas de abastecimento de água. Quando aplicados adequadamente por uma gestão que busca contemplar toda população, são capazes de prevenir problemas de saúde, aumentando a qualidade de vida e bem-estar social (SNIS, 2021).

Também podem somar, ainda, ao conjunto de elementos do saneamento, como parte desses mesmos sistemas supracitados, ações de pavimentação de ruas e avenidas, seja esta de pavimento paralelo/intertravado, em concreto armado ou, ainda, em concreto asfáltico. Uma vez que esses locais passam a ser contemplados com a pavimentação e respectiva impermeabilização do solo, além de sistemas de drenagem, configuram-se a supraestrutura e a infraestrutura, as quais levam a mitigação e, até mesmo, a nulidade da possibilidade do acúmulo de águas (cheias).

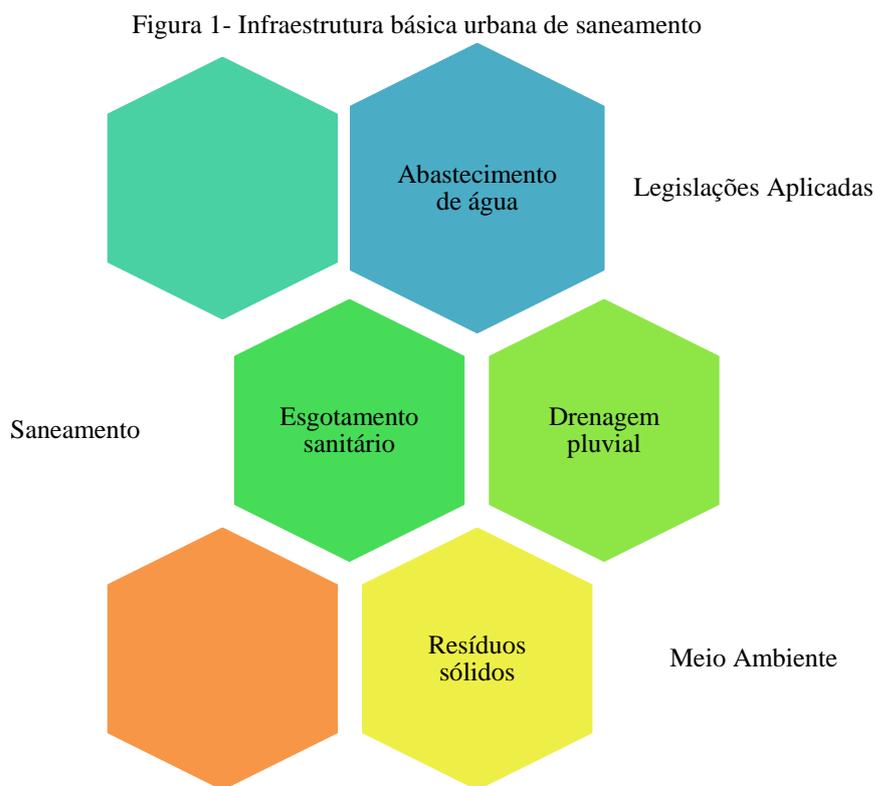
Em face dessa questão, foi proposto um Projeto de Lei, nº 5858/2013, que tramita no Senado Federal e na Câmara dos Deputados, de autoria do Senador por Roraima, Acir Gurgacz, que busca obrigar os municípios a implantarem redes subterrâneas de drenagem urbana antes da pavimentação de vias (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2013a). Atualmente, o projeto encontra-se parado na Comissão de Finanças e Tributação da Câmara dos Deputados, desde 2016.

A definição de saneamento, para o Instituto Trata Brasil (2021a), é o conjunto de medidas que visa preservar ou modificar as condições do meio ambiente com a finalidade de prevenir doenças e promover a saúde, melhorar a qualidade de vida da população e a produtividade do indivíduo e facilitar a atividade econômica. No Brasil, o saneamento básico é um direito assegurado pela Constituição Federal e definido pela Lei nº. 11.445/2007 como o conjunto dos serviços, infraestrutura e instalações operacionais de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana, drenagem urbana, manejos de resíduos sólidos e de águas pluviais. (TRATA BRASIL, 2021b).

Segundo Garcia e Ferreira (2017), saneamento é um conjunto de medidas que visa o bem-estar social e econômico, interferindo diretamente na saúde da população, sendo, também, a base para uma infraestrutura de construção urbana. Ele engloba sistemas de drenagens pluviais, esgotamentos sanitários, coletas de resíduos sólidos, limpeza urbana e sistemas de abastecimento de água. Quando implementado adequadamente por uma gestão que busca contemplar toda população, previne problemas de saúde, melhorando a qualidade de vida e o

bem-estar social. O saneamento urbano requer investimentos contínuos para que o desenvolvimento de um determinado grupo ou comunidade aconteça de forma saudável.

Para uma estrutura básica de saneamento, são necessários conjuntos de operacionalizações de infraestruturas, tais como abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem pluvial e coleta de resíduos sólidos. Com isso, são necessárias aplicações de leis e normas para uma melhor proteção do meio ambiente, englobando o saneamento, conforme Figura 01.



Fonte: Adaptado de Tucci, (2012).

3.2. RESÍDUOS SÓLIDOS

Quando se pensa em resíduos sólidos, logo vem à mente a palavra “lixo”, que é, genericamente, tudo que não tem mais serventia e é descartado no meio ambiente (OSCAR, 2021). De forma simplista, denomina-se como “lixo” aquilo que não se deseja mais, o que não lhe possa ser útil e se quer descartar, mesmo que ainda seja suscetível de aproveitamento ou valor. No entanto, o conceito de resíduos sólidos é mais amplo.

Atualmente, entende-se que há um consenso em torno de negação dessa denominação mais simples. A expressão “resíduos sólidos” denota toda relação de descarte de matéria a partir

de atividades antrópicas, além de englobar a possibilidade de valorização econômica desses (BARROS, 2012). Nesse cenário, é importante que a sociedade civil como um todo se conscientize para “*Reduzir o uso, Reutilizar e Reciclar*” (3R’s) corretamente seus produtos (ONU, 2017, 2018), sendo esses os conceitos iniciais da sustentabilidade, como demonstra a Figura 02.

Todavia, com o avanço da temática ambiental, este conceito ganhou mais outros 5 R’s, os quais vieram pra complementar o entendimento da correta tratativa acerca dos resíduos sólidos, que são: **Recusar**, adquirindo apenas o que é essencial; **Repensar**, que é o refletir sobre os processos de produção (SILVA et al, 2017); **Reduzir** a aquisição de bens desnecessários; **Responsabilizar** os bons e maus impactos no meio ambiente; e **Repassar** informações que se disseminem acerca do consumo consciente, além de bens e objetos que não terão mais serventia para alguém, mas que para outras pessoas possa vir a servir (SEMAS-PA, 2022).

Figura 2 - Estruturação de Sustentabilidade e Resíduos Sólidos (3Rs)



Fonte: Adaptado de Almeida et al. (2014).

No Brasil, o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) é o órgão com a coleção mais completa de dados a respeito do setor saneamento. O banco de dados contém informações de caráter institucional, administrativo, operacional, gerencial, econômico-financeiro, contábil e de qualidade sobre a prestação de serviços de água, de esgotos e de manejo de resíduos sólidos urbanos. A respeito dos resíduos sólidos, o SNIS possui informações e indicadores das prefeituras e órgãos municipais que prestaram as informações nos respectivos anos de referência, coletados desde 2002 (SNIS, 2021).

Dentro do que constitui resíduos sólidos, destacam-se os Resíduos Sólidos Urbanos

(RSU's), objeto de interesse para o escopo do presente trabalho. Estes são constituídos por itens comuns que foram úteis para uso público e posteriormente descartados. Geralmente, resultam de três fontes: resíduos residenciais gerados por famílias individuais localizadas em áreas interiores; resíduos comerciais gerados a partir de grandes fontes únicas, como escolas, colégios e hotéis; e resíduos de serviços municipais, como ruas, jardins públicos etc. (KUMAR, 2016).

O Gerenciamento desses Resíduos Sólidos (GRS) surge como uma das atividades mais importantes de competência do poder público, em que estão englobadas uma série de etapas que visam garantir que os resíduos sólidos sejam coletados, transportados e encaminhados para as destinações corretas, incluindo a disposição adequada. (VIEIRA, 2019).

No caso brasileiro, o desafio dessa tarefa torna-se cada vez maior. Segundo dados obtidos no panorama 2020, produzido pela Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública (ABRELPE), entre 2010 e 2019, a geração de RSU's no Brasil registrou considerável incremento, passando de 67 milhões para 79 milhões de toneladas por ano. Por sua vez, a geração *per capita* de resíduos aumentou de 348 kg/ano para 379 kg/ano.

A disposição inadequada de resíduos sólidos é um problema global, que pode ocasionar contaminação de águas superficiais e subterrâneas; contaminação dos animais; degradação de terras; poluição do ar; proliferação de doenças respiratórias, cardiovasculares e até cerebrais; desvalorização de atividades econômicas, como o turismo; e inundações por obstrução de drenos (KAZA et al, 2018; CHIERRITO-ARRUDA *et. al*, 2018).

Para a melhoria nos sistemas de gestão de resíduos, são necessárias a categorização dos tipos de descartados (composição gravimétrica) e a determinação dos percentuais, em peso, de cada um dos componentes materiais dos resíduos domiciliares. Em geral, os mais expressivos são os materiais plásticos, papéis e papelões (RIO DE JANEIRO, 2013). A determinação da parcela de resíduos recicláveis que compõe os RSU's é importante para avaliar o potencial de reutilização desses materiais.

No Brasil, a maior parte dos RSU's coletados segue para disposição em aterros sanitários, tendo registrado um aumento de 10 milhões de toneladas em uma década, passando de 33 milhões de toneladas por ano para 43 milhões de toneladas. Por outro lado, a quantidade de resíduos que segue para unidades inadequadas (lixões e aterros controlados) também cresceu, passando de 25 milhões de toneladas por ano para pouco mais 29 milhões de toneladas por ano (ABRELPE, 2021).

Na tabela 1, é possível indicar a porcentagem equivalente de papel/papelão, plásticos, vidros e metais presentes nos RSU's gerados na RDM/PE, conforme disposta a seguir

(PERNAMBUCO, 2018).

Tabela 1 – Percentuais de Resíduos Recicláveis da Região de Desenvolvimento Metropolitana de Pernambuco.

<i>Município</i>	<i>Papel/Papelão</i>	<i>Plástico</i>	<i>Vidros</i>	<i>Metais</i>	<i>Total</i>
Abreu E Lima	10,0	8,9	3,5	2,4	24,8
Araçoiaba	10,1	18,6	0,9	2,8	32,4
Cabo De Santo Agostinho	1,3	14,9	2,5	0,8	19,5
Camaragibe	5,0	10,0	2,0	1,0	18,0
Fernando De Noronha	6,6	12,1	12,8	8,9	40,4
Igarassu	12,0	7,0	5,0	2,0	26,0
Ilha De Itamaracá	11,9	18,9	2,2	3,3	36,3
Ipojuca	10,0	8,9	3,5	2,4	24,8
Itapissuma	2,0	6,0	1,0	3,0	12,0
Jaboatão Dos Guararapes	7,8	10,2	0,6	1,8	20,4
Moreno	2,8	16,6	1,4	1,1	21,9
Olinda	12,0	8,0	2,0	2,0	24,0
Paulista	15,7	24,1	0,5	4,3	44,6
Recife	5,0	11,4	0,7	1,5	18,6
São Lourenço Da Mata	10,0	8,9	3,5	2,4	24,8
Média Rdm/Pe	8,1	12,3	2,8	2,6	25,9

Fonte: Adaptado de Pernambuco, (2018).

No estado de Pernambuco, com exceção de Camaragibe, que ainda encaminha seus resíduos sólidos para um lixão, e Ipojuca, que destina seus resíduos em um aterro controlado municipal, os demais municípios da RDM/PE encaminham seus resíduos para duas Centrais de Tratamento de Resíduos (CTR) privadas: a CTR Candeias e a CTR Pernambuco.

O Quadro 01 apresenta uma breve contextualização dos locais de destinação final de resíduos, com a indicação desses locais de acordo com os municípios e distrito da RDM/PE e as quantidades de materiais em toneladas destinadas para lixões, aterros controlados e aterros sanitários (PERNAMBUCO, 2018).

Quadro 01 – Disposição final de RSU dos municípios e distrito da RDM/PE.

<i>Local de Destinação</i>	<i>Descrição</i>	<i>Municípios Atendidos</i>
<i>CTR Candeias</i>	Aterro Sanitário Localizado Em Jaboatão Dos Guararapes. Além De Resíduos Urbanos, Recebe Resíduos De Construções E Demolições. A Unidade Opera Durante 24 Horas, Com Recebimento De 3.500 A 4.000 T/ Dia De Resíduos.	Recife, Jaboatão Dos Guararapes, Cabo De Santo Agostinho, Moreno, São Lourenço Da Mata E Fernando De Noronha
<i>CTR Pe</i>	Aterro Sanitário Localizado No Município De Igarassu. Recebe De 1.500 A 1.700 T/Dia De Resíduos Sólidos, Incluindo Resíduos Industriais. 4.314.300	Araçoiaba, Abreu E Lima, Igarassu, Ilha De Itamaracá, Itapissuma, Olinda, Paulista E Goiana.

<i>Lixão</i>	Os Resíduos São Despejados Em Uma Área De 17ha, Sem Qualquer Tipo De Controle Ou Tratamento. O Lixão Recebe Cerca De 140 T/Dia De Resíduos Sólidos Urbanos, E Permanece Em Funcionamento Durante 12 Horas Por Dia. Ainda Hoje, Há Presença De Catadores No Local.	Camaragibe
<i>Aterro Controlado</i>	Localizado No Município De Ipojuca. Anteriormente Era Um Lixão, Que Passou Por Um Processo De Remediação Em 2014, Com A Instalação De Um Sistema De Drenagem, Cercamento Da Área, Guarita De Entrada Com Vigilância, E Coleta Do Chorume Em Tanque De Armazenamento. A Área Tem Capacidade Para Receber 120 T/Dia De Resíduos Urbanos E 40 T/Dia De Resíduos Volumosos.	Ipojuca

Fonte: Adaptado de Pernambuco, (2018).

3.3. EDUCAÇÃO AMBIENTAL

Com o avanço da industrialização a partir do século XIX, o consumo produtivo dos recursos naturais enquanto fator de produção aumentou drasticamente. Os recursos naturais que, até então, eram considerados ilimitados, passaram a ser utilizados de forma predatória, gerando impactos ambientais significativos. Na outra ponta do circuito econômico, o consumo em massa levou ao acúmulo de materiais descartados nunca experimentado na história da civilização humana.

Somente na segunda metade do século XX, começou a se desenvolver a preocupação em torno da escassez e finitude desses recursos. Esse processo levou ao surgimento de iniciativas de conscientização e sensibilização social das pessoas, com o objetivo de alertar para os resultados da interação humana com o meio ambiente e procurar formas de interação menos degradantes. A diretriz procura atender as necessidades de consumo de forma consciente e sustentável. Dessa forma, reduz os impactos das ações antrópicas e, no limite, as controla, a partir do poder de polícia do Estado, por normas reguladoras e leis.

Conforme o Ministério de Meio Ambiente:

Educação Ambiental é um processo permanente, no qual os indivíduos e a comunidade tomam consciência do seu ambiente e adquirem conhecimentos, valores, habilidades, experiências e determinação que os tornam aptos a agir – individual e coletivamente – e resolver problemas ambientais presentes e futuros (MMA, 2007).

Segundo Buczenko (2018), é importante reconhecer a complexidade que envolve o debate sobre Educação Ambiental na educação brasileira. Buscam-se uma escola e uma prática social que estejam conectadas à realidade com a qual se depara na comunidade escolar e, por meio dessa realidade, refletir a complexidade na qual a escola está inserida:

Não há que se pensar mais em reprodução, uma vez que se percebem a permanência de problemas e a ausência de soluções. Assim, à prática social é o fio condutor da luta pela transformação das realidades vividas pela comunidade escolar, constituindo um caminho para a emancipação, um exercício que deve ser também ensinado na e pela escola (BUCZENKO, 2018, p. 74).

No que se refere a aplicação da educação ambiental na sociedade, sabe-se que esta é capaz de transformar a cognição das pessoas e construir a consciência sobre o atual momento crítico ambiental que tange a terra.

No que constitui a declaração da Carta da Terra:

Estamos diante de um momento crítico na história da Terra, numa época em que a humanidade deve escolher o seu futuro. À medida que o mundo se torna cada vez mais interdependente e frágil, o futuro enfrenta, ao mesmo tempo, grandes perigos e grandes promessas. Para seguir adiante, devemos reconhecer que, no meio de uma magnífica diversidade de culturas e formas de vida, somos uma família humana e uma comunidade terrestre com um destino comum. Devemos somar forças para gerar uma sociedade sustentável, global, baseada no respeito pela natureza, nos direitos humanos universais, na justiça econômica e numa cultura da paz. Para chegar a este propósito, é imperativo que nós, os povos da Terra, declaremos nossa responsabilidade uns para com os outros, com a grande comunidade da vida, e com as futuras gerações. (CARTA DA TERRA, 2004).

3.4. LEGISLAÇÕES E NORMAS REGENTES

Com a promulgação da Lei nº 11.445, conhecida como a Lei do Saneamento Básico, de 05 de janeiro de 2007, um estudo realizado pela Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES) apresentou que houve melhoria na situação do saneamento no país, porém, movida por avanços tímidos em algumas regiões. Com essa Lei, foi cunhado o conceito de Saneamento Básico como o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e drenagem de águas pluviais urbanas. (DIAS; RAIOL; NONATO, 2017).

A Lei nº 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), em seu art. 1º, estabelece os princípios, objetivos e instrumentos, bem como as diretrizes relativas à gestão integrada ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos e às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis. (BRASIL, 2021). Ainda, em seu art. 7º, estabelece em seus objetivos: a proteção da saúde pública e da qualidade ambiental; não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (BRASIL, 2021).

O art. 1º da Lei nº 14.236 de 13 de dezembro de 2010, que dispõe acerca da Política

Estadual de Resíduos Sólidos de Pernambuco, preconiza as diretrizes gerais aplicáveis aos resíduos sólidos no Estado, bem como os seus princípios, objetivos, instrumentos, gestão e gerenciamento, responsabilidades e instrumentos econômicos (ALEPE LEGIS, 2021). A nível municipal, a Lei nº 14.091 de 12 de dezembro de 1979, de Limpeza Urbana do Recife, estabelece diretrizes básicas para os serviços de limpeza urbana do município, e afirma que compete à Empresa de Obras Públicas Cidade do Recife (EMLURB) a execução dos serviços de limpeza urbana em seu art. 4º. Já no art. 5º, estabelece uma escala de sanções aos que prejudicarem a limpeza urbana, com a seguinte redação:

Art. 5º Aos infratores e/ou responsáveis por atos prejudiciais à limpeza urbana serão aplicadas, pela Empresa de Obras Públicas Cidade do Recife, OBRAS RECIFE, independentemente das demais sanções cabíveis, as seguintes penalidades: I - Advertência; II - Multa; III - Interdição.
Parágrafo Único - As multas serão estipuladas em múltiplos e submúltiplos da Unidade de Valor Financeiro do Recife - UFR.

Contudo, a Lei Municipal nº 14.903/86, que dispõe sobre as sanções aplicáveis aos atos ofensivos à limpeza urbana, estabelece o seguinte aos infratores que comprovam incapacidade de pagamentos financeiros das multas:

Art. 5º As multas previstas nesta Lei poderão ser substituídas por prestação de serviços à comunidade toda vez que o infrator solicitar por escrito ou a autoridade pública verificar que o infrator não tem condições financeiras de pagar a penalidade sofrida. (Redação dada pela Lei nº 16.738/2001)

3.5. TECNOLOGIAS E MEIO AMBIENTE

A interação entre o meio ambiente e a tecnologia deixou de ser conflitante e tornou-se uma relação de comutatividade, consistindo na convivência pacífica entre a qualidade ambiental e o desenvolvimento socioeconômico, que tem a capacidade de disponibilizar seus benefícios de forma sustentável (MIRANDA, 2019).

A criação de um aplicativo para celular, *tablet*, *notebook* e *website* se apresenta como uma ferramenta poderosa para educar a população para uma vida mais sustentável, o que é uma obrigatoriedade como está disposto em lei, ou seja, é necessário que se tenham “[...] programas e ações de educação ambiental que promovam a não geração, a redução, a reutilização, a coleta seletiva e a reciclagem de resíduos sólidos [...]” (BRASIL, 2010).

3.5.1 Dispositivos móveis

Os dispositivos móveis estão cada vez mais ganhando espaço e popularidade, visto que estão presentes no cotidiano das pessoas, podendo ser utilizados tanto para atividades pessoais, como profissionais. De acordo com levantamento feito pela 31ª Pesquisa Anual do FGVcia, em junho de 2020, o Brasil já contava com mais de um *smartphone* por habitante e, ao todo, são 242 milhões de dispositivos ativos no país. Ao somar a quantidade de *notebooks* e *tablets*, são 352 milhões de dispositivos portáteis, ou seja, 1,6 dispositivo portátil por habitante (FGV, 2022).

Reinaldo (2020) relata a história dos dispositivos móveis:

Em 2007, surgia o primeiro smartphone realmente inteligente, segundo Taboada (2015), e que ele criou uma ruptura no padrão de acesso móvel à Internet; afinal, em 2007, era disponibilizado o primeiro iPhone da Apple. A maneira como as pessoas se relacionavam na Internet após seu surgimento e o padrão de aparelhos para se conectar, navegar e trocar mensagens sofreu uma guinada de 180 graus, que nunca mais parou de ser aprimorada.

Para a consultoria Gartner (2019), “entre as empresas que desenvolveram e implantaram pelo menos três tipos diferentes de aplicativos, os mais comuns são aplicativos móveis (91%)”. Contudo, percebe-se que é devido à popularidade dos dispositivos móveis, pois a comunicação se tornou mais acessível, já que pode ser acessada de qualquer lugar, além de outras necessidades.

3.5.2 Desenvolvimentos de aplicativos para dispositivos móveis

Atualmente, com o aumento da aquisição de *smartphones* atrelado ao crescimento de usuários com a acesso à internet, o desenvolvimento de aplicações móveis tornou-se uma grande oportunidade de negócio.

Segundo destaca Lima (2017, p. 23):

Por meio desses aplicativos, o telefone se transforma em um grande pacote de ferramentas que permitem, por exemplo, acessar redes sociais, conteúdos educacionais, entretenimento, jogos eletrônicos, edição de fotos, localização geográfica, acesso a bancos e outros serviços. Dessa forma, os aplicativos customizam os dispositivos de acordo com interesses e necessidades dos usuários.

3.5.3 SIG

O conceito de Sistema de Informações Geográficas (SIG) é aquele que tem a

capacidade de atualização, compartilhamento, divulgação e, principalmente, armazenamento e gerenciamento de dados geográficos (BRASIL, 2007). Estes dados podem ser gráficos e não gráficos (tabulares).

Os dados gráficos são aqueles que permitem a localização de elementos temáticos a partir de um espaço geograficamente norteado, como cidades, estradas, pontes, escolas, hospitais, por exemplo. Já os dados tabulares são aqueles que mostram informações sobre esses elementos, como a quantidade de habitantes daquela cidade, a qualidade do pavimento das estradas, o tipo de arquitetura da ponte, quais séries aquela escola atende, ou, ainda, as especialidades abrigadas naquele hospital.

Tian (2017) define um SIG como um sistema computacional que possibilita a coleta, processamento, edição, armazenamento, gerenciamento, compartilhamento, análise, modelagem e visualização de conjuntos de dados geográficos, espacialmente referenciados para entender as relações espaciais, seus padrões e tendências e a tomada de decisões fundamentadas.

A estrutura do SIG aplicada nesse projeto está baseada nos dados desde o planejamento, comunicação social, levantamento de dados em campo, uso de *softwares* e mapa cadastral, como descreve a Figura 03:

Figura 3 – Estrutura do Sistema de Informações Geográficas (SIG)



Fonte: Adaptado BRK Ambiental, (2019).

3.5.4 Google Maps

No entendimento de Menachalco e Cesar Junior (2013), uma das plataformas mais utilizadas online é o *Google Maps*, no qual, de forma automática, se consegue obter coordenadas de geolocalização em termos de latitude e longitude, sendo utilizados como parâmetros de consulta o CEP, UF e o nome do país.

Para Martins, A. V. O. (2022), *Google Maps* é uma ferramenta de sistema de posicionamento global (GPS), sistema americano administrado pelo Governo dos Estados Unidos e operado pelo Departamento de Defesa Americano. A princípio, o seu uso foi exclusivamente militar, porém, hoje, é disponibilizado para uso civil gratuito.

Por meio dos mapas, os usuários podem visualizar rotas, conferir e encontrar locais e estabelecimentos comerciais, estimar tempo de viagens e distância entre dois pontos, obter informações sobre o trânsito, conferir horários de ônibus, entre outras funções (MARTINS, A. V. O., 2022).

Desenvolvido pela empresa americana *Google*, o *Google Maps* é um serviço de pesquisa e visualização de mapas e imagens de satélite da Terra gratuito (MARTINS, A. V. O., 2022).

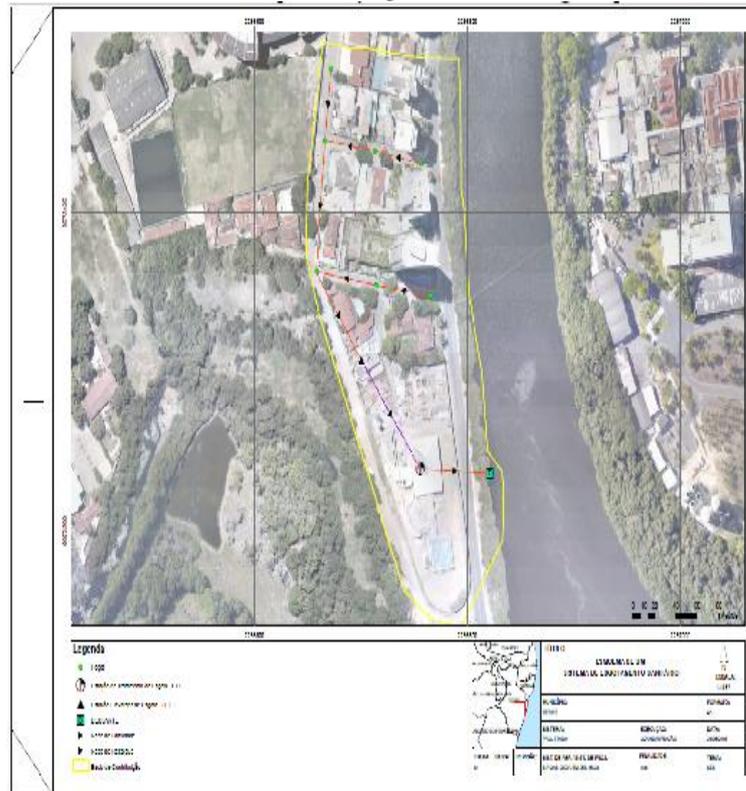
3.5.5 Aplicativos e Geotecnologias

No que diz respeito às geotecnologias, desde a sua coleta de dados em campo, até a confecção de produtos geoespaciais, como mapas e relatórios, por exemplo, deve-se prever recursos para a estocagem, gerenciamento, manipulação e análise dos dados referenciados geograficamente (INPE, 2022).

O aplicativo ArcGIS é uma ferramenta geotecnológica com conjunto de aplicativos computacionais desenvolvido pela empresa norte-americana ESRI (*Environmental Systems Research Institute*) que fornece ferramentas avançadas para a análise espacial, manipulação de dados e cartografia (CAVALCANTE, 2015).

O Aplicativo Collector, para *smartphone* ou *tablet*, utilizado pela empresa BRK Ambiental para mapeamento do Sistema de Esgotamento Sanitário, é uma aplicação da empresa de softwares ESRI e permite coletar e atualizar informações no campo, e enviar para uma base de dados no programa de geoprocessamento ArcGIS, podendo a atualização ser feita em tempo real através de sistema de armazenamento e compartilhamento de dados na nuvem ou a posterior, em etapa de processamento de dados em escritório (LINS et al., 2020).

Figura 4 - Representação do mapeamento do Sistema de Esgotamento Sanitário na base cartográfica do *software Arcgis*.



Fonte: Acervo BRK Ambiental, (2019).

Para Pereira (2020), durante o processo de planejamento e desenvolvimento de *softwares*, uma das etapas mais importantes é o detalhamento do problema que será abordado. Portanto, a atividade necessariamente passa pela compreensão das reais necessidades dos usuários e das soluções a serem implementadas. Isso para garantir que as soluções desenvolvidas correspondam exatamente as funcionalidades desejadas.

Para melhoria da gestão de resíduos em comunidades, a criação de um aplicativo será um ponto a ser implementado por gestores públicos e a ser utilizado como um canal de comunicação entre a prefeitura e seus munícipes. Foi utilizada a plataforma *online* do visual paradigma, que permite modelar o sistema, criar os diagramas, dentre outros artefatos de *software* que proporcionará melhor entendimento das funcionalidades e da construção do aplicativo. Todos os diagramas apresentados neste projeto foram desenvolvidos utilizando esta ferramenta, que está disponível no seguinte endereço: <<https://online.visual-paradigm.com/>> (PEREIRA, 2020).

3.5.6 Progressive Web Applications - PWA

Segundo Sharma (2019), o PWA surgiu para solucionar o problema da não reutilização do código entre plataformas e aplicativos, pois os códigos fonte para aplicativos nativos são específicos para uma plataforma, tendo como resultado a separação de projetos e de ambientes de desenvolvedores que trabalham, muitas vezes, na mesma aplicação, por parte das empresas e de pessoal especializado no desenvolvimento de aplicativos nativos de cada plataforma.

Aplicações PWA utilizam APIs como o *Service Work*, um *script* especificado pela W3C (*World Wide Web Consortium*), que é executado em segundo plano pelo navegador. Este *script* permite a implementação de funcionalidades que não necessitam de interação com o usuário, assim como o arquivo *Web App Manifest*, que fornece os metadados sobre a aplicação, como nome, autor, ícone, entre outros. Esse tipo de aplicação reúne alguns recursos específicos de aplicativos nativos, por exemplo oferta de serviços offline, recursos de engajamento, como notificações *push*, e a possibilidade de incluir o aplicativo à tela inicial do *smartphone* (AGUIRRE et al., 2019). Na Figura 05, pode ser visualizado como se dá o funcionamento de uma aplicação PWA.

Figura 5 - Funcionamento de um site PWA¹



Fonte: web.dev/drive-business-success/, (2021).

Os *sites* PWAs utilizam soluções mais recentes da Web para trazerem recursos e confiabilidade aprimorados. Eles possibilitam que as aplicações construídas sejam instaladas em qualquer dispositivo com uma única base de código (SAM; LEPAGE, 2020).

¹Disponível em: web.dev/drive-business-success/

3.5.7 Amazon Web Services (AWS)

Atualmente, os serviços de computação em nuvem (*cloud computing*) destacam-se como uma ferramenta que introduz novas ideias de negócios nas organizações e no mercado consumidor (BAUN et al., 2011). Segundo Linthicum (2013), os recursos computacionais em nuvem promovem uma ruptura na dependência dos modelos tradicionais de serviços de *software*, *hardware* e plataforma de desenvolvimento local.

Neste contexto, a computação em nuvem promove acesso aos seus serviços por meio da *Internet*, com definição de custos conforme o uso. Além disso, oferece recursos computacionais redimensionáveis, podendo ser adquiridos e liberados sob demanda, com baixo esforço gerencial e mínima interação com o provedor de serviços. Assim, a requisição por *hardware* e *software* pelo cliente é reduzida, dispensando a necessidade de instalação e configuração de ambientes operacionais locais (MELL; GRANCE, 2011).

A plataforma da Amazon AWS provê capacidade de computação escalonável na nuvem, oferecendo os mais variados serviços e permitindo ao usuário desenvolver e implantar seus projetos com mais rapidez. Para o trabalho proposto, foram utilizados os serviços de desenvolvimento e hospedagem de um site responsivo com domínio personalizado. Na metodologia a seguir, a arquitetura simplificada do *Web Service* AWS EC2 (AMAZON, 2021) está integrada pelos seus principais componentes:

- *Route53* é um serviço de roteamento com alta velocidade, balanceando e encaminhando o tráfego que recebe, além de prover um DNS (*Domain Name System*), responsável pela tradução de endereços IP para nomes de domínio;
- *CloudFront* é uma rede de entrega de conteúdo, ou *Content Delivery Network* - CDN, que transmite os dados ou o conteúdo aos usuários de forma segura, em alta velocidade e baixa latência;
- *Amazon S3* ou *Amazon Simple Storage* é um serviço de armazenamento de objetos onde os clientes de vários portes e setores podem armazenar qualquer volume de dados, em uma grande variedade de casos de uso;
- O *AWS Certificate Manager* é um serviço que permite prover, controlar e implementar os certificados SSL/TLS (*Secure Sockets Layer/Transport Layer Security*), possibilitando que os navegadores *web* identifiquem e estabeleçam conexões de rede criptografadas para *sites* usando o protocolo SSL/TLS.

3.6. HISTÓRICO DA COMUNIDADE DOS COELHOS

Vainsencher (2003) explana que o bairro dos Coelhos tem sua origem desde os tempos de ocupação da Cidade do Recife pelos holandeses, entre 1630 e 1664. Sabe-se que naquela época, no extremo meridional da Boa Vista, existia o Cemitério dos Judeus. O bairro está em uma área que pertencia a família Coelho, conhecida como o sítio dos Coelhos. Em 1831, uma lei estabelecia que na localidade dos Coelhos fosse construído um hospital de Caridade, o Hospital São Pedro de Alcântara (depois denominado Hospital Pedro II).

Esse Bairro nasceu da imigração de pessoas oriundas da zona-rural e outros bairros que se colocaram na campina dos Coelhos e parte da Ilha do Leite. Em 1958, iniciou-se a construção do centro social dos Coelhos. Foram construídos um colégio, um posto médico com atendimento odontológico, um chafariz, uma lavanderia e banheiros para utilização mediante pagamento de pequena taxa (BRAGA, 2013).

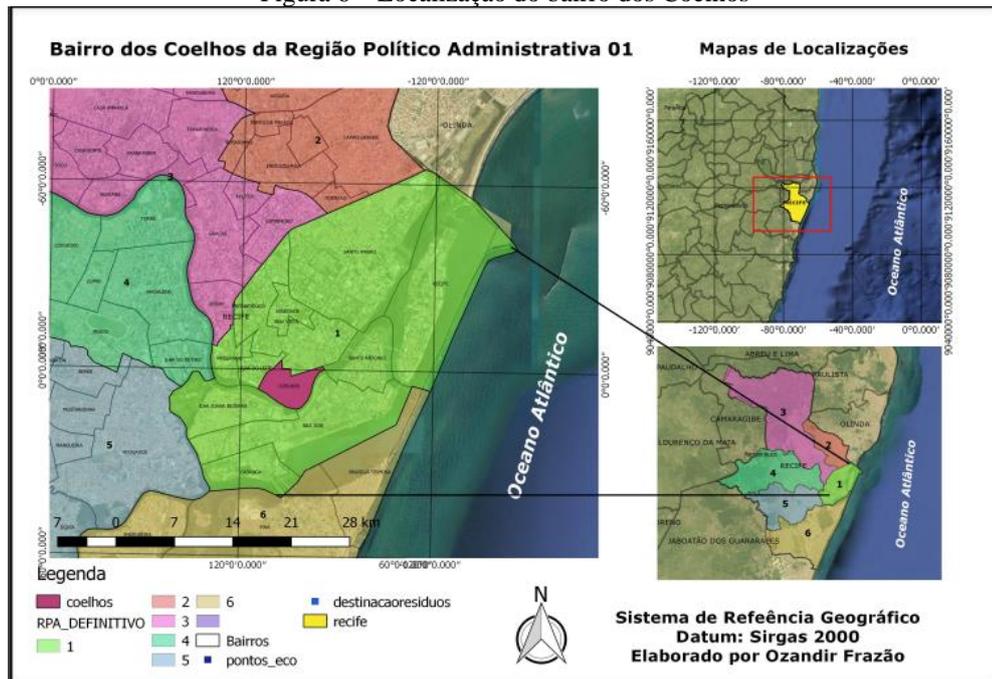
O Hospital Pedro II é um hospital do Recife, capital de Pernambuco. Teve suas obras iniciadas no ano de 1847, e a inauguração deu-se em 1861. O seu projeto arquitetônico foi do engenheiro José Mamede Alves Ferreira, que também projetou o Ginásio Pernambucano e a Casa de Detenção (hoje, Casa da Cultura). Atualmente, o referido hospital integra o complexo hospitalar do IMIP.

4. METODOLOGIA

O trabalho realizado consiste no embasamento de conceitos e práticas utilizando métodos, desde sua fase inicial, até a execução de atividades com levantamento de dados em campo, recursos tecnológicos aplicados, utilização do cadastro e elaboração de mapas georreferenciados com dados obtidos inseridos no protótipo da aplicação.

Segundo dados apresentados pela Autarquia de Manutenção e Limpeza Urbana do Recife (EMLURB), o bairro dos Coelhos é parte da 1ª Região Político-Administrativa do Recife lotado no (RPA 01), localizado no centro da cidade, fazendo limite com os bairros de São José, Santo Antônio, Boa vista, Ilha do Leite e Joana Bezerra. O bairro também está localizado a 2,15 km do Marco Zero de Recife. A figura 6 traz o mapa de localização e os dados da localidade:

Figura 6 – Localização do bairro dos Coelhos



Fonte: Elaborado pelo Autor, (2022).

A comunidade dos Coelhos situa-se na Região Político Administrativa 1, que abrange o Centro do Recife, juntamente com outros 10 bairros. É contemplando uma área territorial de 43 ha² de extensão, contendo uma população de 7.633 habitantes (RECIFE, sem data).

A escolha do projeto para o bairro dos Coelhos se deu pela identificação de diversos fatores ambientais que representam potenciais impactos negativos ao meio ambiente e, conseqüentemente, a comunidade. É possível citar entre eles: obstrução das drenagens de águas pluviais por resíduos; precariedade do sistema de esgotamento sanitário; resíduos sólidos dispersos em solo urbano. Durante as pesquisas em campo, foi verificada *in loco* a precariedade do saneamento na mencionada comunidade, causando potenciais impactos de saúde pública, contaminação e assoreamento do Rio Capibaribe que margeia o bairro. Diante disto, houve a necessidade de implementar o trabalho de Gestão de Resíduos com uso da tecnologia e educação ambiental.

4.1. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

No desenvolvimento da etapa dos procedimentos da metodologia, esse projeto foi elaborado visando o mapeamento, pesquisa e visualização dos pontos de coleta de resíduos sólidos na comunidade dos Coelhos em Recife. O presente trabalho utilizou serviços do *Google Maps* por se tratar de um sistema consolidado no mercado, sem custo para protótipos de projeto

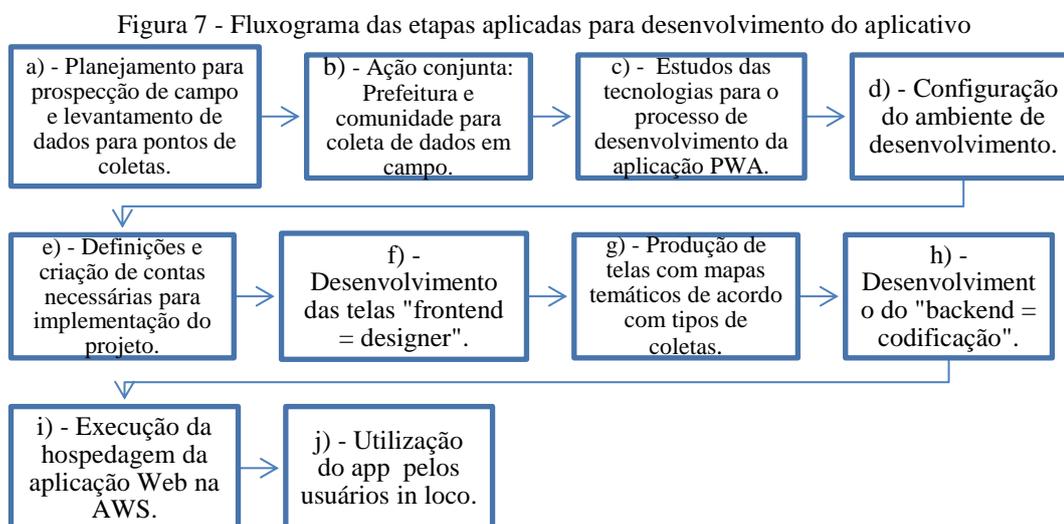
e de fácil utilização. Ademais, o *Google Maps* permite integração, acoplagem e customização dos seus mapas a outros sistemas computacionais sejam.

Dessa forma, o aplicativo **Limpa+Coelhos** foi desenvolvido para disponibilizar, através da pesquisa no mapa, todas as informações necessárias para auxiliar os moradores na tomada de decisão no momento do descarte de resíduos de acordo com a sua natureza, indicando as melhores rotas até o ponto de coleta cadastrado naquela comunidade, contribuindo para minimizar o despejo inadequado Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) nas ruas, canais e no leito do Rio Capibaribe (que margeia a comunidade), além de dar suporte à educação ambiental.

Segundo Alves e Oliveira (2020), o planejamento urbano busca o crescimento e melhoria das estruturas para as comunidades urbanas e das áreas de transição entre o espaço urbano e o espaço rural. Esse processo deve levar em consideração a geolocalização desses espaços no município, com designo de recursos para o desenvolvimento da qualidade de vida coletiva, bem como ações de políticas sociais, agrícolas e ambientais (ALVES; OLIVEIRA, 2020).

Um exemplo dessa prática de planejamento são projeções percebidas em comunidades carentes na resolução de problemas surgidos como resultado do acúmulo de dejetos, oriundos de moradores de conjuntos habitacionais, onde não há o enquadramento do plano diretor municipal, saneamento adequado e saúde pública eficaz. Nesse contexto, é importante direcionar o foco do planejamento para o uso de avanços tecnológicos que a urbanização introduz nas cidades, preocupando-se em mitigar os impactos causados por ações humanas.

A Figura 7 ilustra os procedimentos realizados para o alcance dos objetivos pretendidos, foram realizadas as seguintes etapas:



Fonte: Elaborado pelo Autor, (2022).

a) **Planejamento para prospecção de campo e levantamento de dados para pontos de coletas** – foram realizadas, inicialmente, as atividades de estudos, prospecção e viabilidade técnica, previamente idealizada para implementar locais de coleta, roteiros de manejos e localização dos pontos de recolhimento. Tal ação demandou a necessidade de realização de visitas na comunidade para identificar a necessidade de inserir atividades de gestões de resíduos;

b) **Coleta de dados em campo - diagnóstico participativo com ação conjunta: Prefeitura e comunidade** - as ações de comunicação social foram divididas em três etapas: a primeira foi realizada no dia 12/03/2021 com os representantes da comunidade. Já a segunda reunião, ocorrida no dia 16/03/2021, foi com representante da EMLURB. No dia 17/03/2021, ocorreu a terceira reunião com representantes da ONG (OAF) e Empresa privada (ASA), objetivando verificar junto aos referidos representantes as necessidades relacionadas à limpeza e coletas de resíduos e, conseqüentemente, implantação de pontos coletores. Vale ressaltar que o aplicativo foi elaborado com a opção da utilização do login social, ou seja, o acesso a aplicação pode ser executado com o uso do *Facebook* ou do *e-mail* pessoal.

c) **Coleta de dados secundários - estudos das tecnologias para o processo de desenvolvimento da aplicação PWA** – foram realizados levantamentos bibliográfico e documental, com pesquisas de estudos tecnológicos para definição acerca da ferramenta para construção para aplicação de PWA, da linguagem a ser aplicada e das ferramentas pertinentes para a configuração do ambiente.

d) **Configuração do ambiente de desenvolvimento** - após os estudos e obtenção das informações de que necessitaria para o bom funcionamento da plataforma utilizada, foi configurado todo ambiente (computador) para que houvesse todas as dependências, e não ocorressem as falhas nas aplicações para construção da website. As definições de acesso à página *web* responsiva (PWA) foram planejadas a partir de alguns requisitos, levando em consideração os usuários com pouca experiência e baixo conhecimento no manuseio de ferramentas tecnológicas, fato ainda observado dentre as populações mais carentes do Brasil. Dessa forma, foi definido que o acesso dos usuários ao sistema utilizaria a tecnologia SSO (*Single Sign-On*), com *login* único, no qual o usuário apenas forneceria suas credenciais uma vez, tornando o ingresso à aplicação mais simples e rápido.

e) **Definições e criação de contas necessárias para implementação do projeto** – para o desenvolvimento do projeto, de início, foi criada a conta do GITHUB, que é a ferramenta de versionamento dos códigos utilizados na aplicação. Posteriormente, foram criadas contas

sociais no *Google* e no *Facebook* para integração do *login* social com a aplicação. Por fim, foi criado a conta do AWS, responsável pelas hospedagens da aplicação nos serviços em nuvem.

f) **Desenvolvimento das telas "*frontend = designer*"**– nessa base, foram elaboradas as telas de *login* e as que serão georreferenciadas nos mapas com as linguagens *JavaScript*, *HTML 5* e *CSS3*.

g) **Produção telas com mapas temáticos de acordo com tipos de coletas** – nas produções de telas e nessa etapa, foram utilizados a base cartográfica do *Google Maps*, dados de coordenadas geográficas, nome do logradouro, nome do bairro, nome do município, CEP e sistema de *GPS*.

h) **Desenvolvimento do "*backend = codificação*"**– é o processo de desenvolver as codificações de todas as interações, dos *clicks* dos usuários, do que pode ocorrer para chamamentos das telas, através de acessos disponibilizados, assim como inclusões dos mapas e do *login* social.

i) **Execução da hospedagem da aplicação *Web* na AWS** – é o processo em que o AWS, após ser configurado, é testado e disponibilizado para ser utilizado na hospedagem e implementação do site na nuvem.

j) **Utilização do *app* pelos usuários *in loco*** – foram executados testes da aplicação do protótipo (*website*) com alguns representantes da comunidade, onde tiveram a oportunidade de avaliar o projeto e o aplicativo desenvolvido, via formulário eletrônico.

4.2.1 Etapas adotadas para desenvolvimento do PWA (*Progressive Web Applications*)

No viés que tange dados geoespaciais e tecnologia, Piumeto (2006) relata que os SIG's oferecem, com precisão, informações detalhadas dos espaços geográficos, utilizando associação de dados integrados e não integrados e permitindo aos usuários visualizar, analisar, estudar e tomar decisões sobre o território abordado, ao passo que exibem dados espaciais do mundo real para os mais diversos propósitos, sejam eles, científicos ou particulares.

Para o desenvolvimento do *site* PWA, intitulado **Limpa+Coelhos**, foram adotadas as etapas descritas a seguir:

a) Levantamento sobre gestão do descarte de resíduos sólidos na comunidade dos Coelhos em Recife – PE, em parceria com a EMLURB, com a empresa ASA Indústria e Comércio LTDA (que desenvolve ações de coleta e reciclagem do óleo de cozinha na comunidade dos Coelhos), com a ONG Trapeiros dos Emaús (responsável pela coleta de materiais eletroeletrônicos), e, especialmente, através de pesquisas de campo, com entrevistas com

representantes de ONGs locais, seus líderes e moradores. Foram elencados os principais problemas da comunidade quanto ao descarte dos resíduos sólidos, mapeando pontos e propondo soluções para os problemas de infraestrutura enfrentados pelos moradores;

b) Planejamento, levantamento, coleta de dados e execução de atividades para definição dos locais de coleta, roteiros de manejos e localização dos pontos de recolhimento;

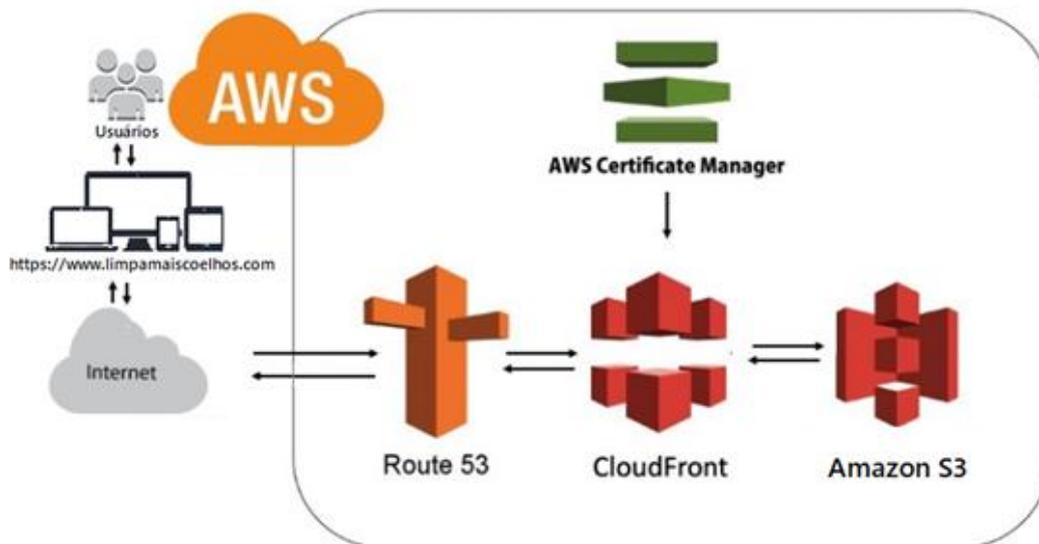
c) As definições de acesso à página *web* responsiva (PWA) foram planejadas a partir dos requisitos levantados nas alíneas a) e b), levando em consideração os usuários com pouca experiência e baixo conhecimento no manuseio de ferramentas tecnológicas, fato ainda observado dentre as populações mais carentes do Brasil. Dessa maneira, foi definido que o acesso dos usuários ao sistema utilizaria a tecnologia SSO (Single Sign-On), com *login* único, no qual o usuário apenas forneceria suas credenciais uma vez, tornando o ingresso à aplicação mais simples e rápido.

d) A partir da coleta, as informações sobre os pontos de coletas selecionados foram convertidas para um modelo georreferenciável, o qual, por sua vez, foi mapeado, organizado e renderizado por meio de pontos no mapa. O sistema **Limpa+Coelhos** utilizou API *Google* para exibir e processar tais informações geográficas.

Em termos de serviços de computação em nuvem, esse trabalho empregará o AWS EC2 (Amazon Elastic Computer), um *Web Service* elástico e seguro, projetado para facilitar a computação na nuvem em grande escala para clientes e desenvolvedores (COMPUTAÇÃO, 2021). Além do mais, oferece uma enorme e crescente variedade de ferramentas e serviços, que podem ser utilizados sem custo por 12 meses, não excedendo o limite do plano gratuito (AWS, 2021). Este prazo foi considerado suficiente para prototipação, testes e análise dos dados de utilização **Limpa+Coelhos**.

A Figura 08 exibe a arquitetura resumida do Web Service EC2 da Amazon. A arquitetura simplificada do Web Service AWS EC2 (AMAZON, 2021) está integrada pelos seus principais componentes: *Route53*, *CloudFront*, *Amazon S3* ou *Amazon Simple Storage*, *AWS Certificate Manager*.

Figura 8 - Arquitetura resumida AWS Amazon Web Server (modificado).



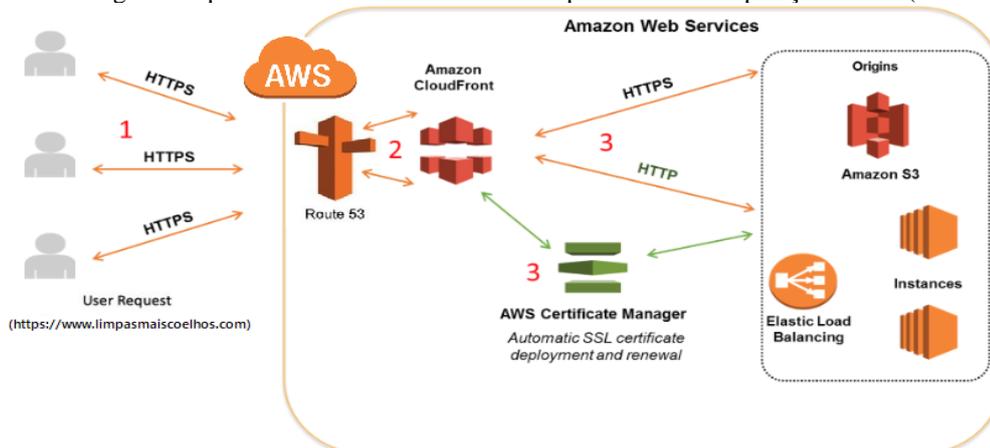
Fonte: AMAZON, (2021).

Para um melhor entendimento da utilização de AWS no contexto do aplicativo **Limpa+Coelhos**, será apresentado um caso de uso básico a partir de uma requisição HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*) partindo do cliente e chegando ao *Web Service EC2*:

- a) O cliente faz uma solicitação HTTP por meio do site Limpa+Coelhos (<https://www.limpamaiscoelhos.com>);
- b) A requisição atingirá a “rota 53” que encaminhará a demanda ao destino solicitado;
- c) O *CloudFront* vai servir o *bucket s3* de volta para o usuário que irá acessar o conteúdo.

No mesmo ponto, o *AWS Certificate Manager* está fornecendo o domínio e o SSL para o *CloudFront*. Na metodologia a seguir, a Figura 09 ilustra os passos do uso AWS, e seu uso básico a partir de uma requisição HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*) partindo do cliente e chegando ao *Web Service EC2*.

Figura 9 - Diagrama representativo de um caso de uso a partir de uma requisição HTTP (modificado).



Fonte: AMAZON (2021).

4.2.2 Características do aplicativo Limpa+Coelhos

A partir do levantamento e das entrevistas com os moradores da comunidade foram definidas as principais características do aplicativo Limpa+Coelhos, cuja natureza de uso impôs uma implementação mais simples e enxuta possível. Os requisitos propostos para o desenvolvimento da aplicação foram os seguintes:

- a) Cadastro de usuários, via SSO, para que se possa fazer a utilização do sistema;
- b) Utilização do GPS do dispositivo para a leitura em tempo real da sua posição (no caso de *desktops*, será solicitado o compartilhamento da localização);
- c) Criação de trajetos, rotas, até o local onde existe o ponto coletor escolhido;
- d) Exibição de mensagens educativas sobre os benefícios da reciclagem.

Posterior às definições dos requisitos do aplicativo Limpa+Coelhos, o sistema passou pelos ciclos de desenvolvimento, validação e implementação do *Website*, conforme segue:

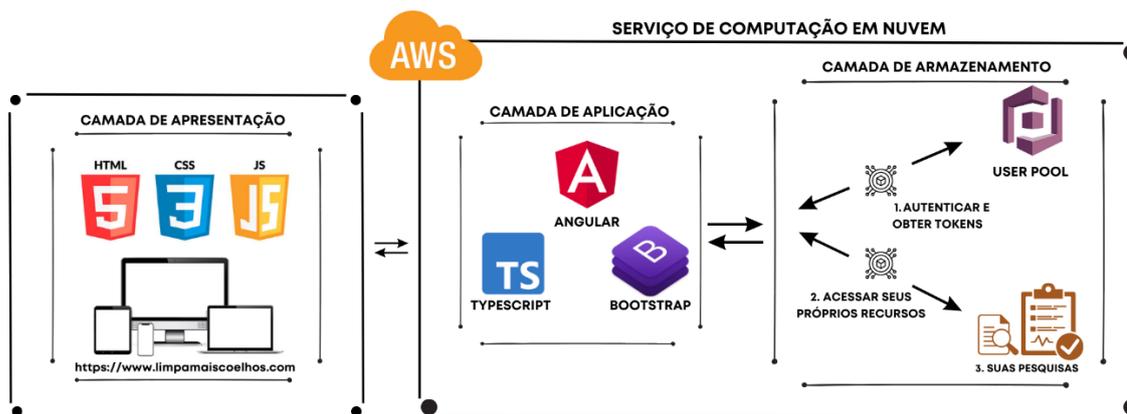
- a) Desenvolvimento do plano de atividades e Diagramação *Web*;
- b) Seleção e ativação de Servidor *Web*;
- c) Escolha do sistema operacional, linguagem de programação e editor de código fonte;
- d) Definição da Interface de programação de aplicações (API) e *frameworks* de aplicação;
- e) Incorporação da API de geolocalização ao Limpa+Coelhos.

A próxima seção descreve a arquitetura e a implementação do *site* Limpa+Coelhos.

4.2.3 Implementação e descrição da arquitetura do *site* PWA

Esta seção descreve a arquitetura do site, seus recursos e tecnologias utilizadas na implementação. O modelo arquitetural do site **Limpa+Coelhos** foi dividido, para fins de projeto, em três camadas e é apresentado a seguir, conforme a Figura 10.

Figura 10 - Modelo Arquitetural resumido do site PWA.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

- Camada de Apresentação:** responsável pela interação com o usuário e integração com a camada de aplicação. Para a codificação do *front-end*, foi utilizada a linguagem *JavaScript*, HTML 5 e CSS3;
- Camada de Aplicação:** responsável por gerenciar a intercomunicação entre a camada de apresentação e a camada de dados. Trata-se da camada armazenada na nuvem e nela foram utilizados: i) o Angular, utilizado para construir aplicações web dinâmicas; ii) o *Bootstrap*, um *framework open source*, responsável pela recursividade do site, e iii) a *TypeScript*, uma linguagem desenvolvida pela *Microsoft* que adiciona tipagem estática, sendo um subconjunto de *JavaScript*;
- Camada de armazenamento:** O *login social* permite que os usuários tenham acesso à aplicação *web* na nuvem e acessem os serviços da AWS usando um grupo de identificadores. Após autenticação, o sistema receberá *tokens* do grupo de usuários do *Amazon Cognito*, permitindo o acesso aos demais serviços da *AWS Cloud*.

4.2.4 Abordagem das fases de implementação do protótipo - Limpa+Coelhos

Esta subseção apresenta as fases de implementação do protótipo desenvolvido após os processos de revisão bibliográfica, definição da arquitetura e das ferramentas. Na primeira fase, os artefatos necessários para construção e configuração do ambiente de codificação compartilhado, responsável pela hospedagem de código-fonte e arquivos com controle de versão, foram implementados, testados e finalizados. Na segunda fase, o ambiente AWS foi configurado, testado e disponibilizado para ser utilizado na hospedagem e implementação do site na nuvem. A terceira fase corresponde ao processo de codificação e prototipação das telas

do sistema *Web*. Em resumo, as etapas do desenvolvimento do site Limpa+Coelhos, desde a especificação até a análise dos dados de utilização pela comunidade, podem ser assim descritas e visualizadas como produto final nas figuras 14, 15 e 16 e nos resultados abaixo:

- a) Implementação do sistema de login e cadastro dos usuários via SSO, *login* único;
- b) Elaboração de rotas, a partir da posição do dispositivo, até o ponto de coleta;
- c) Exibição de mensagens educativas durante a utilização do sistema;
- d) Implementação da responsividade na aplicação;
- e) Criação e configuração da infraestrutura em nuvem;
- f) Disponibilização da aplicação para utilização e testes pela comunidade dos Coelhos;
- g) Análise sobre a utilização da aplicação.

5.2.4 Levantamento de dados em campo com ação conjunta de representantes da comunidade

A primeira atividade conjunta com ações comunitária foi realizada no dia 12/03/2021. Foram levantadas as necessidades no sistema de limpeza urbana e gestão de resíduos no bairro, assim como, pontuaram as características do sistema de saneamento na localidade. Nessa fase, o objetivo foi verificar, junto aos referidos representantes, as necessidades relacionadas à limpeza, coletas de resíduos e, conseqüentemente, implantação de pontos coletores, visto que há uma deficiência de limpezas nas vias públicas, resíduos descartados nas drenagens e canteiros das ruas. Dessa maneira, impactam na saúde da comunidade, por conta de enchentes em período de grande precipitação, assoreamento, contaminação e poluição do Rio Capibaribe e proliferação de animais vetores de doenças.

Sendo assim, essa etapa utilizou o mecanismo de governança, através do esforço conjunto dos diversos atores – governo, universidade, sociedade – que explicam a necessidade de coordenação das ações, como pode ser observado. Portanto, mecanismos de governança também incluem atores não governamentais para melhorar a prestação de serviços públicos, a governança democrática ou a tomada de decisões, o que contribui com a maturidade e a incorporação de tecnologias (RENTERIA *et al.*, 2019).

Figura 11 – Primeira atividade: Reunião com representantes da comunidade durante o projeto.



Fotografia 01. Reunião com representantes da comunidade, no conselho dos moradores.



Fotografia 02. Conclusão da reunião com algumas informações estabelecidas pela comunidade.



Fotografia 03. Um dos pontos com ausência de coleta e pontos coletores adequados.



Fotografia 04. Um dos locais proposto pela comunidade para um ponto de resíduos recicláveis.

Fonte: Elaborado pelo Autor, (2022).

5.1.2 Levantamento dos dados dos pontos de coletas, conforme informações dos representantes da comunitários

Após as ações de comunicação social, os dados foram obtidos com representantes comunitários e análises das características local. Nessa fase, foram estabelecidos os pontos coletores de materiais recicláveis, eletroeletrônico e orgânico, que foram implementados na aplicação do protótipo e disponibilizados nos estabelecimentos físicos. Compreende-se, dessa forma, como Weber (2017, p. 37), que “estudar comunicação pública importa, cada vez mais, pois se trata de entender a existência da esfera pública expandida na esfera da visibilidade

pública, tão cara às democracias”.

5.1.2.2 Pontos de coletas de resíduos recicláveis

- Nome do local do ponto coletor 1: R. dos Coelhos, nº 600 - Coelhos, Recife - PE, 50070-550. Link: <https://goo.gl/maps/CppP47ebis2zcfyc7>. Coordenadas: -8.06857826564104, -34.89098209667468
- Nome do local do ponto coletor 2: R. dos Coelhos, 317 - Coelhos, Recife - PE, 50060-580. Link: <https://goo.gl/maps/JTxGNoNvsRBcHGGs8>. Coordenadas: -8.066569483085916, -34.889518471755636
- Nome do local do ponto coletor 3: Largo dos Coelhos, 29 - Coelhos, Recife - PE, 50060-570. Link: <https://goo.gl/maps/R7Pj9w8m23xyhxD26>. Coordenadas: -8.068545078975873, -34.88968098952954

5.1.2.3 Pontos de coletas de resíduos eletrônicos

- Nome do local do ponto coletor 1: R. dos Coelhos, 317 - Coelhos, Recife - PE, 50060-580. Link: <https://goo.gl/maps/JTxGNoNvsRBcHGGs8>. Coordenadas: -8.066569483085916, -34.889518471755636
- Nome do local do ponto coletor 2: R. dos Coelhos, nº 600 - Coelhos, Recife - PE, 50070-550. Link: <https://goo.gl/maps/yYJDQveKXbuVBQd78>. Coordenadas: -8.06857826564104, -34.89098209667468

5.1.2.4 Pontos de coletas de resíduos Orgânicos

- Nome do local do ponto coletor 1: R. dos Coelhos, 300 - Boa Vista, Recife - PE, 50070-550. Link: <https://www.google.com.br/maps/place/IMIP>. Coordenadas: -8.06857826564104, -34.89098209667468
- Nome do local do ponto coletor 2: R. dos Coelhos, 180 - Coelhos, Recife - PE, 50070-615 - PE. Link: <https://goo.gl/maps/GB9kN1qnr8cmAwWQ7>. Coordenadas: -8.065163313110562, -34.88960552440906

- Nome do local do ponto coletor 3: R. Oscar Severino de Santana, 129 - Coelhos, Recife - PE, 50060-720. Link: [https:// https://goo.gl/maps/XqFwrnfsV7U8EPWM7](https://goo.gl/maps/XqFwrnfsV7U8EPWM7). Coordenadas: - 8.067307041003934, -34.888742815722956

5.1.3 Levantamento de dados em campo com ação conjunta de representantes da comunidade

Segunda atividade conjunta com ações comunitária, realizada no dia 01/02/2022. Foi apresentado o protótipo do aplicativo, executados testes e formulado um questionário de levantamento e sugestões sobre a aplicação desenvolvida.

Figura 12 -Segunda atividade: Levantamentos de dados com representantes da comunidade



Fotografia 04. Segunda reunião com representantes da comunidade, apresentação da 1ª fase do aplicativo.



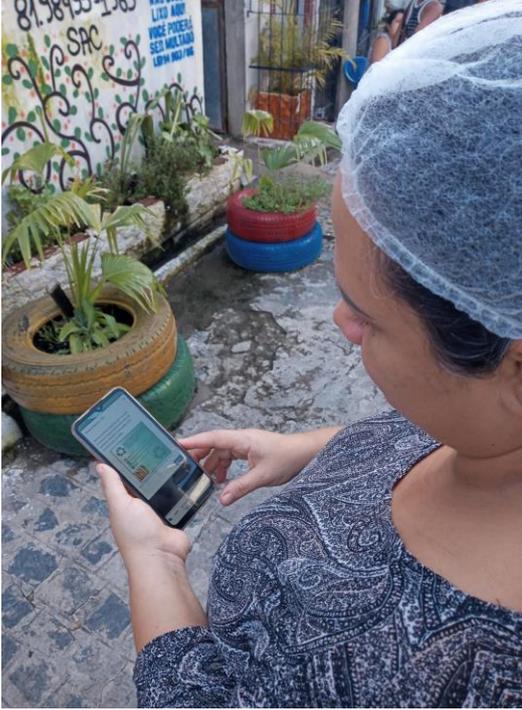
I Fotografia 05. Realização dos testes do aplicativo nos smartphones.

Fonte: Elaborado pelo Autor, (2022).

5.1.4 Aplicação e avaliação dos testes do aplicativo *in loco*

Após a finalização do aplicativo, no dia 07/06/2022, foram executados testes do funcionamento do mesmo aplicado na comunidade. Atrelado a essa dinâmica, todos participantes realizaram os testes nos seus dispositivos móveis. Como forma de incentivo e movimento da economia local, foram oferecidos *vouchers* aos participantes, os quais tiveram acesso aos serviços em barbearias, manicures, salão de beleza, entre outros, facilitando a realização dos testes. Ao final da atividade, tiveram a oportunidade de avaliar o aplicativo junto ao projeto no formulário eletrônico.

Figura 13 - Teste do aplicativo



Fotografia 06. Execução do teste do aplicativo para smartphone, entrega de material orgânico (óleo).



Fotografia 05. Execução do teste do aplicativo para smartphone, entrega de material eletrônico.

Fonte: Elaborado pelo Autor, (2022).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os trabalhos científicos, uma vez seguida a metodologia proposta que utiliza tecnologia e dados geoespaciais para desenvolvimento de uma aplicação, apresentam resultados baseados nos objetivos estabelecidos, que serão gerados discussões e reflexões sobre a temática.

5.1. PLATAFORMA DE GEOPROCESSAMENTO E GEOTECNOLOGIAS APLICADAS

5.2.1 Implementação do protótipo - Limpa+Coelhos

A primeira fase de implementação foi a escolha da abordagem para o login. A partir das entrevistas com os moradores, optou-se por desenvolver duas opções de ingresso: a) credenciais *Facebook* ou *Google*; b) utilizando autenticação SSO.

A Figura 14a apresenta a tela inicial do sistema após *login*; a 14b, a tela de seleção da conta do usuário; e a tela 14c, o ícone da aplicação que fica disponível no *smartphone* após a sua instalação. Para a tela de *login*, serão apresentadas duas opções de ingresso, usando suas credenciais *Facebook* ou *Google* e o esquema de autenticação SSO (*Single sign-on*).

Figura 14 - Tela de login, seleção da conta do usuário e ícone da aplicação.

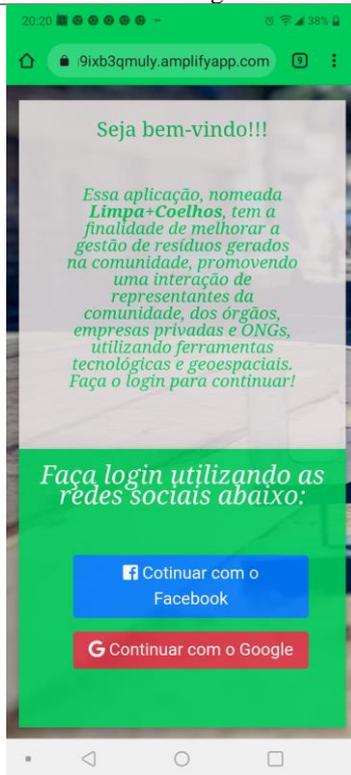


Figura 14a - Tela inicial do sistema após o login.



Figura 14b - Tela de seleção da conta do usuário.



Figura 14c – Ícone da aplicação.

Fonte: Elaborado pelo Autor, (2022).

A Figura 14a apresenta a tela inicial do sistema após login efetuado com sucesso; a figura 14b, a tela de mensagem educativa; e, finalmente, a tela que simula um caso de uso, a 14c. Nessa figura merecem destaque o mapa com a localização atual do usuário, o menu de ícones (material eletrônico, orgânico, reciclável, informações e agendar entrega). Também foi ilustrado um caso de uso para a opção resíduo orgânico, onde foi exibida uma mensagem educativa e, em seguida, a aplicação traçou a rota para o ponto de descarte correto de acordo com a localização do usuário.

Figura 15 - Tela inicial, mensagem educativa e rota.

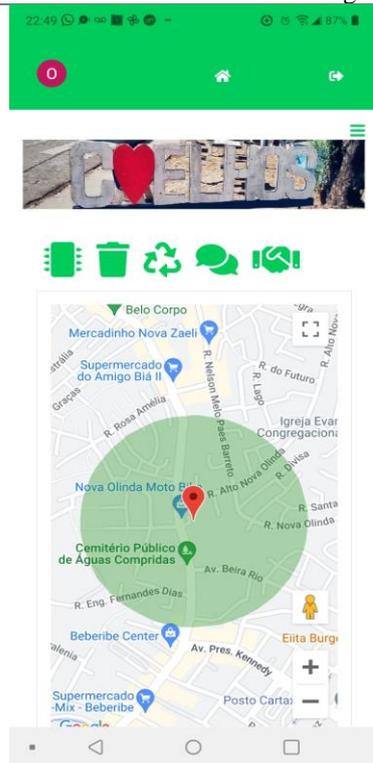


Figura 15a - Tela inicial do sistema após login efetuado com sucesso.



Figura 15b - Tela de mensagem educativa.

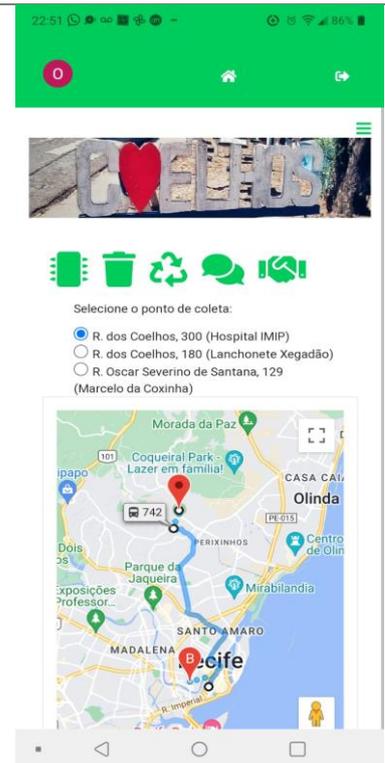


Figura 15c - Tela que simula um caso de uso para destinar o resíduo com representações vetoriais.

Fonte: Elaborado pelo Autor, (2022).

Na Figura 15, a tela 15a, mostra os dados das empresas responsáveis pela coleta e transporte dos resíduos que serão destinados; a tela 15b dispõe acerca de “Agendar entrega”, na qual o usuário clica no botão “Preencher formulário” e é direcionado para um formulário intitulado “Intenção de entrega”, simbolizada pela tela 15c. O usuário deve informar os dados solicitados e o tipo de material (eletrônico, reciclável ou orgânico) que irá entregar no ponto de coleta. Esses dados formam uma planilha que é gerenciada por um representante no ponto de coleta seletiva.

Figura 16 - Telas de dados das empresas parceiras, para agendar a entrega e formulário

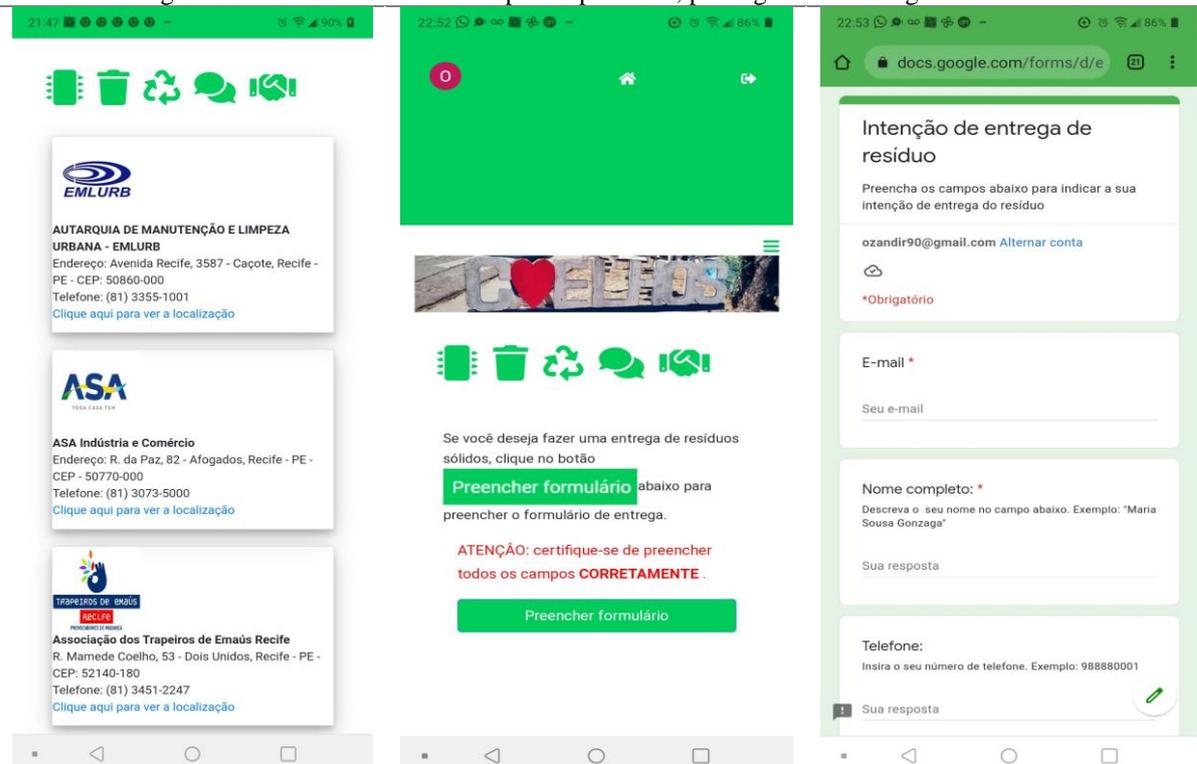


Figura 16a - Tela de dados das empresas responsáveis pela coleta e transporte dos resíduos.

Figura 16b - Tela de agendamento da entrega dos resíduos.

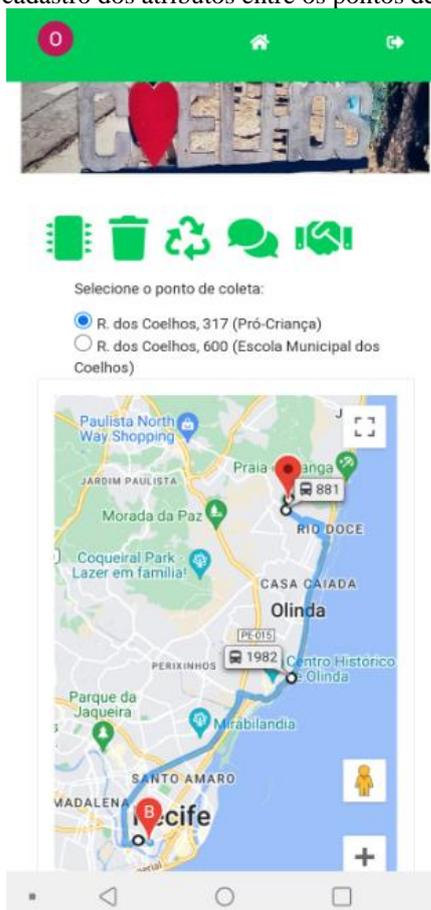
Figura 16c - Tela que apresenta o formulário para agendar a entrega.

Fonte: Elaborado pelo Autor, (2022).

5.2. MAPAS E INFORMAÇÕES CADASTRAIS

No sistema de mapeamento, foram utilizados os serviços do *Google Maps* para aplicação dos dados de geoprocessamento, dados geográficos e base cartográfica. No sistema de cadastramento, a representação vetorial foi adotada na aplicação desenvolvida no app. Na Figura 17, apresenta a tela do mapeamento com os atributos cadastrados com informações pertinentes para compor o protótipo da aplicação.

Figura 17 - Tela do mapeamento e cadastro dos atributos entre os pontos de origem e entrega dos resíduos.



Fonte: Elaborado pelo Autor, (2022).

5.3. TESTES DA UTILIZAÇÃO DO APLICATIVO DESENVOLVIDO

Na fase de execução dos testes, houve a necessidade de avaliar o uso da aplicação **Limpa+Coelhos** através de usuários (voluntários) para analisar o protótipo, utilizando-o em campo e simulando a prática do que o projeto promove em sua descrição.

Tais evidências contribuem para consolidar os dados obtidos durante a aplicação, assim como, verificar os acessos por *login* social, funcionamentos das telas e o mapeamento desenvolvido.

Portanto, foi possível identificar, analisar e avaliar os resultados do teste desenvolvido. Os dados na tabela a seguir denotam os quantitativos de acessos no aplicativo, totalizando 50 usuários.

Tabela 2 - Usuários quanto ao uso das contas sociais

Conta social	Quantidade de usuários
<i>facebook</i>	9
<i>E-mail</i>	41

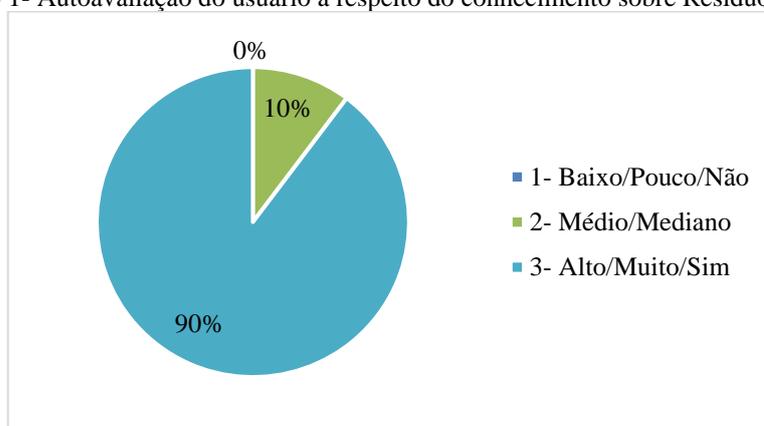
Fonte: Elaborado pelo Autor, (2022).

5.4. AVALIAÇÃO DE RESPOSTAS DO FOMULÁRIO ELETRÔNICO

O protótipo do aplicativo deve ser avaliado em sua interação com as partes interessadas. A plataforma permite avaliar os usuários de acordo com seus conhecimentos em relação a proposta do projeto. Nessa fase, foi desenvolvido o formulário eletrônico para obter as informações sobre a temática desenvolvida e para que os usuários proponham sugestões.

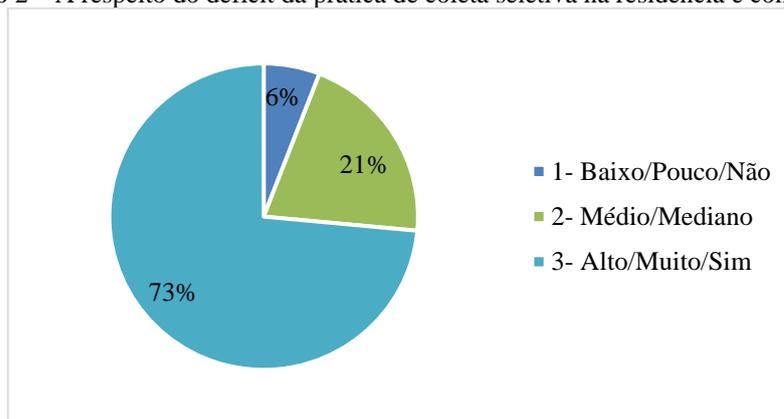
Os gráficos a seguir, relatam conhecimentos, gestão e as práticas referentes aos resíduos gerados na comunidade:

Gráfico 1- Autoavaliação do usuário a respeito do conhecimento sobre Resíduos Sólidos



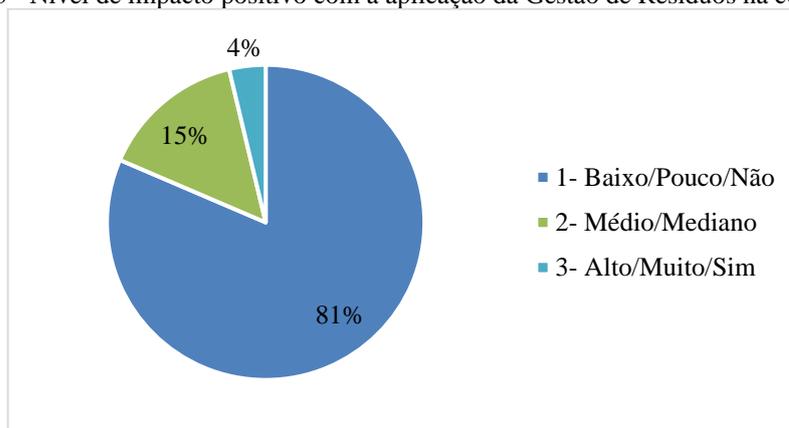
Fonte: Elaborado pelo Autor, (2022).

Gráfico 2 – A respeito do déficit da prática de coleta seletiva na residência e comunidade



Fonte: Elaborado pelo Autor, (2022).

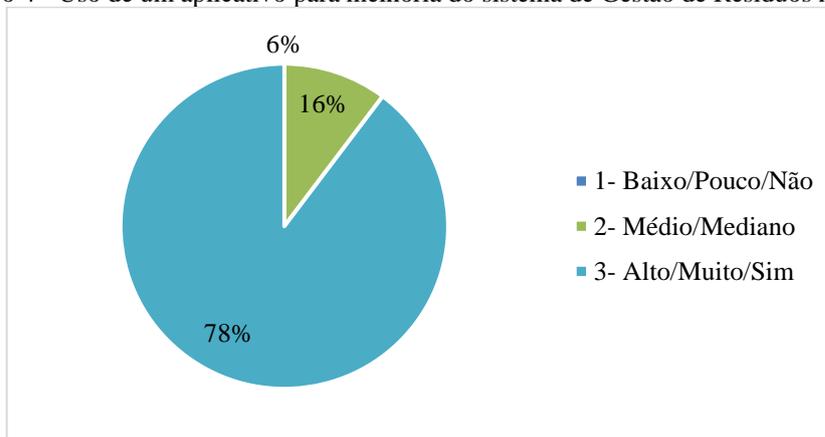
Gráfico 3 - Nível de impacto positivo com a aplicação da Gestão de Resíduos na comunidade



Fonte: Elaborado pelo Autor, (2022).

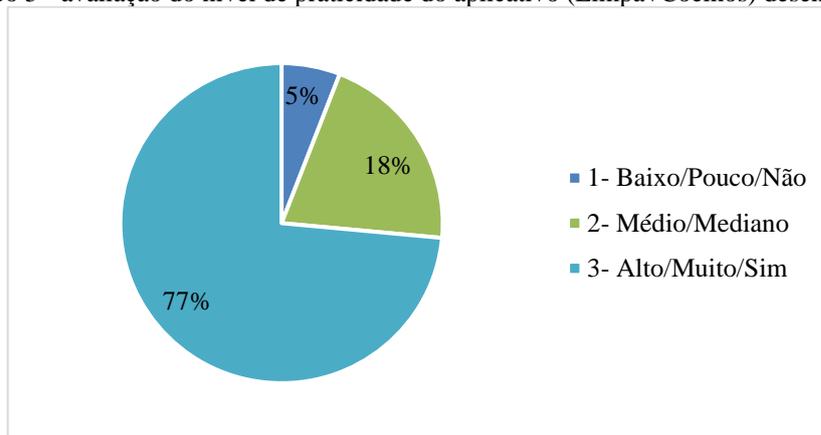
Com as evidências dos dados obtidos, a pesquisa foi realizada com, aproximadamente, 50 representantes da comunidade. Observa-se que no Gráfico 01, predominantemente, 90% dos participantes da pesquisa têm conhecimento sobre Resíduos Sólidos. Contudo, no gráfico 02, denota-se um déficit de prática adequada sobre a destinação correta dos resíduos, conforme as alegações dos 73% dos participantes. Quando foi tratado sobre impacto positivo na prática da Gestão dos Resíduos no bairro, 81% dos representantes foram de acordo com a tal prática, em prol de todos.

Gráfico 4 - Uso de um aplicativo para melhoria do sistema de Gestão de Resíduos no bairro



Fonte: Elaborado pelo Autor, (2022).

Gráfico 5 - avaliação do nível de praticidade do aplicativo (Limpa+Coelhos) desenvolvido

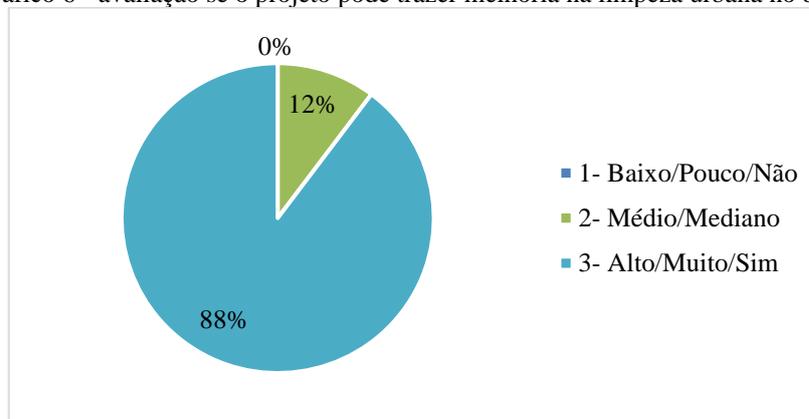


Fonte: Elaborado pelo Autor, (2022).

Quanto ao uso do aplicativo, foi possível extrair informações consolidadas do *Forms*, através de pesquisa realizada com aproximadamente 50 representantes da comunidade. Com isso, identifica-se que no Gráfico 04, relatando o uso do aplicativo para melhoria da Gestão de Resíduos, aproximadamente 78% dos participantes da pesquisa expressaram um impacto alto, e 15% acreditam em um impacto mediano sobre a aplicação. Impreterivelmente, no gráfico 05, quanto ao nível de praticidade do aplicativo relacionado ao uso, observa-se que 77 % dos usuários relatam que o *app* é prático. Em contrapartida, 5% firmam que há um nível de dificuldades.

Com esses dados, percebe-se que o uso do aplicativo, segundo as informações extraídas, traz uma melhoria na gestão para monitorar, controlar e mapear o Sistema de Gestão de Resíduos na comunidade.

Gráfico 6 - avaliação se o projeto pode trazer melhoria na limpeza urbana no bairro



Fonte: Elaborado pelo Autor, (2022).

Tratando-se de projeto como um todo, 88% relataram a satisfação do projeto

desenvolvido, porquanto reverberou na comunidade um conceito de limpeza urbana, coleta seletiva e educação ambiental.

5.5. PROPOSTA DE SISTEMA DE GESTÃO DOS RESÍDUOS

O projeto traz um enfoque em dados que contribuem para o desenvolvimento e progresso da comunidade, com a aplicação do SIG, para abarcar todo sistema de resíduos gerados para limpezas, manejos e coletas.

Diante disto, esse trabalho, oferece uma proposta para desenvolver uma solução inovadora, qual seja, a criação de um aplicativo para apoiar na coleta de dados dos pontos coletores georreferenciados, vislumbrando a participação de todo efetivo comunitário e gestão pública, e a construção de um banco de dados, este essencial para consolidar o mapeamento do sistema em pauta, configurados em uma formatação computacional.

Os métodos a serem aplicados visam uma interação entre *softwares*, operadores, gestores, social e meio ambiente. Delimitando pontos necessários para elaboração de um cadastro com dados coerentes e consistentes, em busca de um trabalho participativo, que concerne com o apoio da comunidade e de órgãos públicos e privados.

6. CONCLUSÕES

O presente trabalho trouxe a produção acerca de limpeza urbana, coleta, manejo dos resíduos e sua melhor forma de gestão, monitoramento e controle. Ademais, promoveu a sustentabilidade econômica, ambiental e social, atrelados ao Sistema de Informações Geográfica e suas geotecnologias aplicadas. Com a realização de todas as etapas propostas pelo projeto, os resultados obtidos no presente estudo propõem uma melhor gestão do sistema, com informações dos pontos de coletas, roteiros de manejos, comunicação, ações participativas e educação ambiental.

A aplicação PWA Limpa+Coelhos utiliza geotecnologias para realizar o mapeamento e exposição de pontos de coleta seletiva com o objetivo de auxiliar moradores da comunidade dos Coelhos na gestão dos resíduos sólidos. A aplicação foi baseada na API *Google Maps*, para traçar rotas por meio da localização atual do usuário ao ponto de descarte selecionado; e em serviços AWS para a disponibilização das funcionalidades da aplicação. O *site* está sendo testado pelos moradores da comunidade dos Coelhos, em Recife, e os resultados preliminares estão sendo tabulados para avaliação do impacto de utilização. A equipe tem realizado visitas à comunidade para suporte e testes. Os primeiros depoimentos dos usuários indicaram facilidade de utilização, além de elevado potencial educativo e de conscientização junto aos moradores.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por se tratar de um trabalho pioneiro que busca incentivar políticas públicas para o desenvolvimento sustentável e efetivação do mesmo diante da comunidade, com vários impactos positivos, como a implantação de pontos coletores de resíduos comum, recicláveis, orgânicos, eletroeletrônicos e a elaboração de um mapeamento cadastral da localidade, com todo o sistema de resíduos implementados. Isso traz uma melhoria contínua na gestão de todo funcionamento do sistema proposto.

A utilização de um aplicativo com dados informacionais do sistema de coleta, com intuito de promover uma comunicação da comunidade e o órgão municipal responsável, visa promover trabalhos de educação ambiental voltados as propostas do projeto e, para um plano futuro, buscar apoio e parcerias da companhia de energia elétrica de Pernambuco (Neoenergia), juntamente com a companhia de transporte público (Urbana – PE), a fim de produzir subsídios

de incentivos as práticas sustentáveis, como: descontos na conta de energia e descontos em passagens de transportes coletivos.

Espera-se que esse projeto seja compilado para as demais comunidades do estado Pernambucano, vislumbrando a melhoria no sistema de saneamento, limpeza urbana, coleta de resíduos, educação ambiental, e todo o sistema de operacionalização do saneamento básico.

8. REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 8419**: Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos. Rio de Janeiro, 1992.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10.007**: Amostragem de Resíduos Sólidos. Rio de Janeiro, ABNT, 2004.

ABRELPE – **Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais**. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama-2020/>. Acesso em: 09 de mar. de 2021.

AGUIRRE, V. et al. **PWA para unificar el desarrollo Desktop, Web y Mobile**. XXV Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC) (Universidad Nacional de Río Cuarto, Córdoba, 14 al 18 de octubre de 2019), p. 778–786, 2019.

ALBUQUERQUE, E., SILVA T. **Utilização do Alov Map para disponibilização de informações sobre a Bacia Hidrográfica do rio Paraíba**, Paraíba, 2015.

ALEPE LEGIS – **Portal da Legislação Estadual de Pernambuco**. Disponível em: <https://legis.alepe.pe.gov.br/>. Acesso em: 11 de mar. de 2021.

ALVES, D. O.; OLIVEIRA, L. Integrando a agricultura urbana e periurbana em políticas de planejamento urbano. **DRd - Desenvolvimento Regional em debate**, v. 10, p. 1284-1300, 19 nov. 2020.

AMAZON. Elastic Compute Cloud, 2021. Disponível em: <<https://docs.aws.amazon.com/AWSEC2/latest/UserGuide/concepts.html>>. Acesso em: 30/08/2021.

APPLICATION Program Interface. In: FREE On-line Dictionary of Computing. [S. L.]: 2022. Disponível em: <<https://foldoc.org/Application+Program+Interface>>. Acesso em: 12 jan. 2022.

AUTO DE INFRAÇÃO, **EMLURB**. Disponível em: <https://www.recife.pe.gov.br/pr/servicospublicos/emlurb/Lei-14903-86.pdf>. Acesso em 11 de mar. de 2021.

AWS Amazon Computação em nuvem com a AWS. 2021. Disponível em: <https://aws.amazon.com/pt/what-is-aws/?nc2=h_ql_le_int>. Acesso em: 26/08/2021.

BARROS, R. T. V. **Elementos de Gestão de Resíduos Sólidos**. Belo Horizonte: Tessitura, p 424, 2012.

BAUN, C. et al. Cloud computing: web-based dynamic IT services. Heidelberg: Springer-Verlag, 2011.

BRASIL. Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010. Regulamenta a Lei no 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa, e dá outras providências. [S. l.], 23 dez. 2010.

Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Decreto/D7404.htm. Acesso em: 29 dez. 2022.

BRASIL. **Lei nº 11445**, de 5 de janeiro de 2007. Brasília: DOU, 2007.

BRASIL DE FATO. **Recife e Jaboatão dos Guararapes estão entre as 20 cidades**. Disponível em: <https://www.brasildefatope.com.br/2022/04/13/recife-e-jaboatao-dos-guararapes-estao-entre-as-20-cidades-do-pais-com-pior-saneamento-basico>>. Acesso em: 29/05/2022.

BUCZENKO, Gerson Luiz. **Educação Ambiental e educação do Campo: caminhos em comum**. – 1. Ed. – Curitiba: Appris, 2018.

CÂMARA DOS DEPUTADOS. Proposta obriga município a implantar rede subterrânea antes de pavimentar rua - Notícias - Portal da Câmara dos Deputados. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/noticias/424449-proposta-obriga-municipio-a-implantar-rede-subterranea-antes-de-pavimentar-rua/>>. Acesso em 28/05/2022.

CARTA DA TERRA, **Princípios e Valores para um Futuro Sustentável**. Edição da Itaipu Binacional, 2004.

_____. PL 5858/2013 — Portal da Câmara dos Deputados - Portal da Câmara dos Deputados. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/propostas-legislativas/582466>> . Acesso em 28/05/2022.

CABRAL, R L. N.; CÂNDIDO, G.A. Urbanização, vulnerabilidade, resiliência: relações conceituais e compreensões de causa e efeito. **urbe, Rev. Bras. Gest. Urbana vol.11 Curitiba 2019 Epub Feb 21, 2019** – Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Centro de Tecnologias e Recursos Naturais (CTRN), Campina Grande, PB, Brasi, 2019.

CAVALCANTE, R. **Apostila-de-Introdução-ao-SIG-Proplan-2015**. – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, p-15, 2015.

CHIERRITO-ARRUDA, E. et al. (2018) **Pro-Environmental Behavior and Recycling: Literature Review and Policy Considerations**. Ambient. Soc., São Paulo, v. 21, 2018. Disponível em: <https://bit.ly/2K457fZ>. Acesso: 28 de mar. de 2021.

DIÁRIO DE PERNAMBUCO – Disponível em: <https://www.diariodepernambuco.com.br/noticia/vidaurbana/2020/04/recife-apresenta-reducao-de-15-no-lixo-coletado-apos-quarentena.html>. Acesso em: 09 de mar. de 2021a.

DIAS, D. M. S.; RAIOL, R. W. G; NONATO, D. N. **Saneamento e Direito à Cidade: Ponderações sobre Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário na cidade de Belém/PA**. Revista de Direito da Cidade. vol. 09, nº 4. ISSN 2317-7721. (2017).

Diretoria de Educação Ambiental. **Encontros e Caminhos: Formação de educadoras(es) e Coletivos Educadores**. Luiz Antonio Ferraro Júnior (organizador). – Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2007. 352 p.

ECORECIFE – Disponível em:

http://ecorecife.recife.pe.gov.br/sites/default/files/midia/imce/arquivos/lei_14091_limpeza_urbana.pdf. Acesso em 11 de mar. de 2021.

FGV, Fundação Getúlio Vargas. **Panorama de Uso no TI no Brasil 2022** – Disponível em: <https://portal.fgv.br/artigos/panorama-uso-ti-brasil-2022>. Acesso em 06 de dez. de 2022.

GARCIA, M.; FERREIRA, M. Saneamento básico: meio ambiente e dignidade humana. Disponível em: <<http://periodicos.pucrio.br/index.php/dignidaderevista/article/view/393/274>>. Acesso em 10 nov. de 2021.

GARTNER. **Futuro do desenvolvimento de aplicações é a oferta de soluções de multiexperiências**. Tiinside, 2019. Disponível em: <<https://tiinside.com.br/20/09/2019/para-o-gartner-futuro-do-desenvolvimento-de-aplicacoes-e-a-oferta-de-solucoes-de-multiexperiencias/>> Acesso em: 30 set. de 2022.

IBAM, Instituto Brasileiro De Administração; MAS, Ministério Da Ação Social Cartilha de Limpeza Urbana. p. 1–81, 2010.

INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Geotecnologias**. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/DPI/areas-de-atuacao/geotecnologias>. Acesso em: 26 de out. de 2022.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Tabela das 100 cidades**. Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/images/estudos/Ranking_do_Saneamento_2022/Tabela_das_100_Cidades.pdf>. Acesso em: 29 de mai. de 2022.

KAZA, S. et al. (2018) **What a Waste 2.0 : A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050**. Urban Development; Washington, DC: World Bank. © World Bank

KUMAR, Sunil. **Municipal Solid Waste Management in Developing Countries**. Crc Press, 2016. 174 p.

LINS, E. A. M. et.al. (2019). Diagnóstico e Gestão dos Resíduos Sólidos em uma universidade particular – Estudo de caso no bloco E. 2019. **X Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental Fortaleza/CE – 04 a 07/11/2019** – Universidade Católica de Pernambuco, Recife, 2019. Acesso em: 04 de mai. de 2021.

LINS, E. A. M. et.al. (2020). Uso de geoprocessamento no controle e monitoramento do sistema de esgotamento sanitário da cidade do Recife. 2020. **In: 3º Congresso Sul – Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade** – Universidade Católica de Pernambuco, Recife, 2019. Acesso em: 9 de mar. de 2021.

LINTHICUM, D. S. Sim, a nuvem está substituindo hardware e software corporativos. 2013. Disponível em: < <https://cio.com.br/tendencias/sim-a-nuvem-esta-substituindo-hardware-e-software-corporativos/>>. Acesso em: 25 ago. de 2021.

MARTINS, A. V. O. **O Google Maps e o ensino interdisciplinar de geografia nos anos iniciais do ensino fundamental**. 2022. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, SISBI, Programa de Pós-Graduação em Inovação em Tecnologias Educacionais, Natal, 2022.

MELL, P; GRANCE, T. The NIST definition of cloud computing. Special Publication 800-145, 2011. Disponível em: <<https://www.nist.gov/publications/nist-definition-cloud-computing> >. Acesso em: 25 ago. de 2021.

MIRANDA, A. **Ferramentas de gestão de projetos ambientais: uma análise a partir da usabilidade do biovirtual.** Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco - IFPE, Campus Recife, Coordenação de Pós-Graduação - Mestrado Profissional em Gestão Ambiental, 2019. Acesso em: 9 de mar. de 2021.

MOL, M. P. et.al. (2020). **Gestão adequada de resíduos sólidos como fator de proteção na ocorrência da dengue.** Rev Panam Salud Publica 44 08 Maio 2020, Washington, D.C., Estados Unidos da América, 2020. Acesso em: 26 de abr. de 2021.

OBSERVATÓRIO DO RECIFE. **O que é o ODR.** Disponível em: <<http://www.observatoriodorecife.org.br/o-que-e-o-odr/>> . Acesso em: 29/05/2022.

ONU - Brasil. (2018) **Humanidade produz mais de 2 bilhões de toneladas de lixo por ano.** Disponível em: <<https://bit.ly/2z1Ujgj>> Acesso em: 28 de mar. de 2021.

PERNAMBUCO. **Secretaria das Cidades.** Plano de Resíduos Sólidos: Região de Desenvolvimento Metropolitana de Pernambuco - RDM / 2ª edição. Recife: Caruso Jr., 2018. 20 p, 21p, 24p.: il.

PNRS – **Lei 12.3015/2010 Política Nacional de Resíduos Sólidos.** Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm#. Acesso em: 07 de dez. de 2020.

PORTAL DA PREFEITURA DO RECIFE – **Planejamento Urbano Bairro dos Coelhoos.** Disponível em: <https://www2.recife.pe.gov.br/servico/coelhos?op=NTI4Mg==>. Acesso em: 28 de mar. de 2021

RAPER, J. F.; MAGUIRE, D. J. Design Models and Functionality in GIS. **Computers and Geosciences**, London, v.18, n.4, p.387-400, 1992.

REGHINI, F. L.; CAVICHIOLI, F. A. Utilização de geoprocessamento na agricultura de precisão. **Revista Interface Tecnológica**, [S. l.], v. 17, n. 1, p. 329-339, 2020. DOI: 10.31510/infa.v17i1.750.

RENTERIA, C., RAMON GIL - GARCIA, J., PARDO, T. A. (2019). Toward an Enabler - Based Digital Government Maturity Framework: A Preliminary Proposal Based on Theories of Change. In: Proceedings of the 12th International Conference on Theory and Practice of Electronic Governance (ICEGOV2019), 10 p.

SAM, R.; LEPAGE, P. What are Progressive Web Apps? Disponível em: <<https://web.dev/whatare-pwas/>>. Acesso em: 14 ago. 2021.

SANEAMENTO BÁSICO. **Os impactos da falta de saneamento básico em Recife/PE.** Disponível em: <<https://saneamentobasico.com.br/outros/geral/impactos-falta-saneamento-recife/>> . Acesso em: 29/05/2022.

SHARMA, V. et al. **Progressive Web App (PWA)-One Stop Solution for All Application Development Across All Platforms**. 2019.

SILVA, R. S. DA; NOVELLO, T. P. O Uso das Tecnologias Digitais no Ensinar Matemática: Recursos, Percepções e Desafios. **Revista Internacional de Educação Superior**, 6, e020025, 2019.

SILVA, D. H. S.; **Cidade da Copa em São Lourenço da Mata – PE: do projeto a realidade atual**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, CGTG, Programa de Pós-Graduação Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, Recife, 2018.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/>. Acesso em: 09 de mar. de 2021.

_____. **PAINEL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO**. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/painel-informacoes-saneamento-brasil/web/painel-residuos-solidos>> . Acesso em: 29/05/2022.

_____. **PAINEL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO**. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/painel-informacoes-saneamento-brasil/web/painel-esgotamento-sanitario>>. Acesso em: 29/05/2022.

PIUMETO, M. **Usos y aplicaciones de los Sistemas de Información Geográfica**. In: Notas do Curso: Aplicaciones del Catastros Multifinalitario en la Definición de Políticas de Suelo Urbano. Massachussets: Lincoln Institute for Land Polices – Educación a Distancia, 2006.

SOBRAL, M. F. F. Casos de dengue e coleta de lixo urbano: um estudo na cidade do recife, brasil. *Ciência e Saúde Coletiva*, scielo, v. 24, p. 1076, 03 2019. ISSN 1413-8123. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sciarttext&pid=S1413-81232019000301075&nrm=iso>. Acesso em: 07 out. 2022.

SOU RESÍDUO ZERO. **Mais de 98% do lixo de Recife não é reciclado**. Disponível em: <<https://souresiduozero.com.br/2016/09/mais-de-98-do-lixo-de-recife-nao-e-reciclado-2/>> . Acesso em: 29/05/2022.

TRATA BRASIL. **O que é Saneamento?** 2021. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/saneamento/o-que-e-saneamento>. Acesso em 09 de mar. de 2021a.

TIAN, B. **GIS technology applications in environmental and Earth Sciences**. Flórida: CRC Press, 258 p., 2017.

VAINSENER, Semira Adler. *Coelhos (bairro, Recife)*. **Pesquisa Escolar Online**, Fundação Joaquim Nabuco, Recife. Disponível em:<<http://basilio.fundaj.gov.br/pesquisaescolar/>>. Acesso em: 06/06/2022.

VIEIRA, K. S. **Análise da eficiência do gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos no Brasil**. 2017. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Recife, 2019.

MENA-CHALCO. J. P.; CESAR JUNIOR, R.M. Prospecção de dados acadêmicos de currículos Lattes através de scriptLattes. In: HAYASHI, M.C.; LETA, G. **Bibliometria e Cientometria**: reflexões teóricas e interfaces, São Carlos: Pedro & João Editores. 2013.p.109-125.

WEBER, Maria Helena. **Nas redes de comunicação pública, as disputas possíveis de poder e visibilidade**. In: WEBER, Maria Helena; COELHO, Marja Pfeifer; LOCATELLI, Carlos (Orgs.). Comunicação pública e política – pesquisa e prática. Florianópolis: Insular, 2017.

APÊNDICE A

QUESTIONÁRIO SOBRE GESTÃO DE RESÍDUOS E O USO DO APLICATIVO NA COMUNIDADE DOS COELHOS: (APLICADO VIA GOOGLE FORMS)

Pesquisa uso da aplicação e gestão de resíduos no Bairro dos Coelhos

1. Como você avalia seu conhecimento sobre o que são Resíduos Sólidos?
 - a) Baixo/Pouco
 - b) Médio/Mediano
 - c) Alto/Muito

2. Como você enquadra seu conhecimento relacionado a Gestão de Resíduos Sólidos?
 - a) Baixo/Pouco
 - b) Médio/Mediano
 - c) Alto/Muito

3. Em que grau você identifica a prática de coleta seletiva na sua residência ou na comunidade?
 - a) Baixo/Pouco
 - b) Médio/Mediano
 - c) Alto/Muito

4. Em que nível você tem conhecimento de como descartar o óleo de cozinha?
 - a) Baixo/Pouco
 - b) Médio/Mediano
 - c) Alto/Muito

5. No seu grau de conhecimento, você avalia o vidro como um resíduo reciclável?
 - a) Baixo/Pouco
 - b) Médio/Mediano
 - c) Alto/Muito

6. O celular é um material que pode ser depositado em que tipo de coletor?
 - a) Eletrônico
 - b) Orgânico
 - c) Reciclável

7. Qual o nível de impactos positivos a aplicação de uma Gestão de Resíduos pode trazer para sua comunidade?
 - a) Baixo/Pouco
 - b) Médio/Mediano
 - c) Alto/Muito

8. Qual o grau de importância o uso de um aplicativo pode melhorar no Sistema de Gestão de Resíduos no seu bairro?

- a) Baixo/Pouco
- b) Médio/Mediano
- c) Alto/Muito

9. A nível de praticidade, como você avalia a utilização do protótipo do aplicativo Limpa+Coelhos?

- a) Baixo/Pouco
- b) Médio/Mediano
- c) Alto/Muito

10. Você acha que projeto vai trazer uma oportunidade de melhoria da limpeza urbana na comunidade?

- a) Baixo/Pouco
- b) Médio/Mediano
- c) Alto/Muito

11. Sugestões:

(Resposta aberta)

APÊNDICE B

CÓDIGOS DO APP - DESENVOLVIDO NO VISUAL STUDIO CODE

```
import { NgModule } from '@angular/core';
import { RouterModule, Routes } from '@angular/router';
import { HomeComponent } from '../home/home.component';
import { LoginComponent } from '../auth/login/login.component';
import { LayoutComponent } from '../layout/layout.component';
import { MaterialEletronicoComponent } from '../material-
eletronico/material-eletronico.component';
import { MaterialOrganicoComponent } from '../material-organico/material-
organico.component';
import { MaterialReciclavelComponent } from '../material-
reciclavel/material-reciclavel.component';
import { InformacoesComponent } from '../informacoes/informacoes.component';
//import { AgmFullscreenControl } from '@agm/core';
//import { AuthGuard } from '../guard/auth.guard';
import { EntregarComponent } from '../entregar/entregar.component';

const routes: Routes = [

  {
    path: '',
    redirectTo: '/login',
    pathMatch: 'full'
  },

  {
    path: 'login',
    component: LoginComponent,
  },

  {
    path: 'home',
    component: HomeComponent,
    // canActivate: [AuthGuard]
  },

  {
    path: 'layout',
    component: LayoutComponent,
    // canActivate: [AuthGuard]
  },

  {
    path: 'eletronico',
    component: MaterialEletronicoComponent,
    // canActivate: [AuthGuard]
  },

  {
    path: 'organico',
    component: MaterialOrganicoComponent,
    // canActivate: [AuthGuard]
  },

  {
    path: 'reciclavel',
    component: MaterialReciclavelComponent,
    // canActivate: [AuthGuard]
  },

  {
```

```

    path: 'informacoes',
    component: InformacoesComponent,
    // canActivate: [AuthGuard]
  },
  {
    path: 'entregar',
    component: EntregarComponent,
    // canActivate: [AuthGuard]
  }
];

@NgModule({
  imports: [RouterModule.forRoot(routes, {useHash:false //desativa o uso do
hash
})],
  exports: [RouterModule]
})
export class AppRoutingModule { }

```

APÊNDICE C

CÓDIGOS DO LOGIN - DESENVOLVIDO NO VISUAL STUDIO CODE

```

import { Component, OnInit } from '@angular/core';
import {Auth} from 'aws-amplify';

@Component({
  selector: 'app-login',
  templateUrl: './login.component.html',
  styleUrls: ['./login.component.scss']
})
export class LoginComponent implements OnInit {

  constructor() { }

  ngOnInit(): void {
  }
  googleSignIn() {
    Auth.federatedSignIn ({customProvider: 'Google'})
  }
  fbSignIn(){
    Auth.federatedSignIn({customProvider: 'Facebook'})
  }
}

```

APÊNDICE D

CÓDIGO DO HOME COMPONENT.HTML NO VISUAL STUDIO CODE

```

<app-layout><!--Tag do componente pai-->

  <div class="container-fluid"><!--Tag container mae-->

    <div class="row" id="div-compent-filho">

```

```

    <div role="main" class="col-md-12">
      <!--<h4>Main</h4>-->

      <agm-map [latitude]="latitude" [zoom]="zoom"
[longitude]="longitude">
        <!--COORDENADA VARIAVEL-->
        <agm-marker [latitude]="latitude" [longitude]="longitude">
          <agm-info-window>Sua localização atual!</agm-info-window>
        </agm-marker>

        <agm-circle [latitude]="radiusLat" [longitude]="radiusLong"
[radius]="radius" [fillColor]='green'
          [circleDraggable]="false" [editable]="false">
        </agm-circle>

      </agm-map>

    </div>
  </div>

</div><!--Fim da Tag container mae-->

</app-layout><!--Fim da Tag do componente pai-->

```

APÊNDICE E

CÓDIGO DO LAYOUT - DESENVOLVIDO NO VISUAL STUDIO CODE

```

import { Component, OnInit } from '@angular/core';
import Auth from '@aws-amplify/auth';
//import { AuthService } from '../services/auth.service';

@Component({
  selector: 'app-layout',
  templateUrl: './layout.component.html',
  styleUrls: ['./layout.component.scss']
})
export class LayoutComponent implements OnInit {

  name: string | undefined;
  imageUrl: string | undefined;

  constructor() {}

  ngOnInit(): void {
    Auth.currentAuthenticatedUser().then(userData =>{
      this.name = userData.attributes.given_name;
      this.imageUrl = userData.attributes.picture;
      console.log(this.name);
    })
    .catch(()=> console.log('Não está logado'))
  }

  sair(){
    Auth.signOut();
  }

}

```

APÊNDICE F

CÓDIGO DA APLICAÇÃO DE MATERIAIS ELETRÔNICOS/ ORGÂNICO E RECICLÁVEIS - DESENVOLVIDOS NO VISUAL STUDIO CODE

```
import { Component, OnInit } from '@angular/core';
@Component({
  selector: 'app-material-eletronico',
  templateUrl: './material-eletronico.component.html',
  styleUrls: ['./material-eletronico.component.scss']
})
export class MaterialEletronicoComponent implements OnInit {

  //Declaração de variáveis
  latitude: number; longitude: number; lat: number; lng: number; origin:
  any; destination: any;
  travelMode: any; zoom: number;

  constructor() {

    //Inicializando as variáveis
    this.latitude = 0; this.longitude = 0; this.lat = -8.06646; this.lng =
-34.88957;
    this.origin = { 0: 0 }; this.destination = { 0: 0 }; this.travelMode =
''; this.zoom = 0;
    //this.lat = -8.11042; this.lng = -34.95271;
  }

  //método para lidar com quaisquer tarefas de inicialização
  ngOnInit(): void {
    this.setCurrentLocation();
    this.setZoom();
    this.setTravelMode();
  }

  //Método para pegar, atribuindo e manipular os dados de geolocalização
  private setCurrentLocation() {
    if (navigator.geolocation) {
      navigator.geolocation.getCurrentPosition((position) => {

        this.latitude = position.coords.latitude;
        this.longitude = position.coords.longitude;

        this.origin = { lat: this.latitude, lng: this.longitude };
        this.destination = { lat: this.lat, lng: this.lng };

      });
    } else {
      alert("Desculpe, a geolocalização não é compatível com este
navegador");
    }
  }

  //Método para atribuir o modo de viagem
  setTravelMode() {
    try {
      this.travelMode = 'TRANSIT';
      //this.travelMode = 'WALKING';
      //this.travelMode = 'DRIVING';
    }
  }
}
```

```

    } catch (e) {
      alert("Desculpe, erro ao tentar definir o modo de viagem");
    }
  }

  //Método para definir um zoom ao mapa
  setZoom() {
    try {
      this.zoom = 18;
    } catch (e) {
      alert("Desculpe, erro ao tentar aplicar o zoom");
    }
  }
} //Fim classe MaterialEletronicoComponent

```

APÊNDICE G

CÓDIGO DA APLICAÇÃO DE INFORMAÇÕES DAS EMPRESAS PARCEIRAS E RESPONSÁVEIS PELAS COLETAS E MANEJOS DOS RESÍDUOS - DESENVOLVIDOS NO VISUAL STUDIO CODE

```

<app-layout>

  <head>
    <link rel="stylesheet" type="text/scss"
href="/src/app/home/informacoes.component.scss" media="screen" />
  </head>

  <div class="container-fluid">

    <div role="main" class="col-md-12">

      <div class="row" id="div_info1">
        
        <p><b>AUTARQUIA DE MANUTENÇÃO E LIMPEZA URBANA - EMLURB</b><br>
        Endereço: Avenida Recife, 3587 - Caçote, Recife - PE - CEP:
50860-000<br>
        Telefone: (81) 3355-1001 <br>
        <a href="
https://maps.google.com/?cid=18329969957378979595&entry=gps">Clique aqui
para ver a localização</a>
        </p>
      </div>

      <div class="row" id="div_info2">
        
        <p><b>ASA Indústria e Comércio</b><br>
        Endereço: R. da Paz, 82 - Afogados, Recife - PE - CEP - 50770-
000<br>
        Telefone: (81) 3073-5000 <br>
        <a href="
https://maps.app.goo.gl/7HTK571Tzn37Wpns7">Clique aqui para ver a
localização</a>
        </p>
      </div>

```

```

<div class="row" id="div_info3">
  
  <p><b>Associação dos Trapeiros de Emaús Recife</b><br>
    R. Mamede Coelho, 53 - Dois Unidos, Recife - PE - CEP: 52140-
180<br>
    Telefone: (81) 3451-2247 <br>
    <a href="
https://maps.google.com/?cid=6115251608933425641&entry=gps">Clique aqui
para ver a localização</a>
  </p>
</div>
</div>
</div>
</app-layout>

```

APÊNDICE H

CÓDIGO DO MÓDULO DO FORMULÁRIO PARA AGENDAR ENTREGAS DOS RESÍDUOS - DESENVOLVIDOS NO VISUAL STUDIO CODE

```

<app-layout>

  <br>
  <div class="container-fluid">

    <div role="main" class="col-md-12">

      <div class="row">
        <h4>Se você deseja fazer a entrega de resíduos sólidos,
          clique no botão  abaixo para
          preencher o formulário de entrega.</h4>
        </div>

        <div>
          <h3>ATENÇÃO: certifique-se de estar preenchendo todos os campos
          <b>CORRETAMENTE</b>, pois,
            só assim, você receberá uma pontuação, cumulativa, para
            resgatar uma possível bonificação em
            serviços ou produtos </h3>
        </div>

        <div>
          <a href="https://forms.gle/hUzi5wf7UatWp57SA" target="_blank">
          <button type="button" id="formBtn" class="btn btn-primary btn-
          block">Preencher formulário</button></a>
        </div>
      </div>

    </div>

  </app-layout>

```