UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO

CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGICA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DA COMPUTAÇÃO E SISTEMAS

ARLLEY CARLOS CARNEIRO DOS SANTOS COSTA

ACESSIBILIDADE URBANA FACILITADA POR UM PROTÓTIPO DE SISTEMA PARA PcD

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

SÃO LUÍS

2024

ARLLEY CARLOS CARNEIRO DOS SANTOS COSTA

ACESSIBILIDADE URBANA FACILITADA POR UM PROTÓTIPO DE SISTEMA PARA PcD

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Computação e Sistemas da Universidade Estadual do Maranhão, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Computação e Sistemas.

Orientador: Prof. Dr. Luis Carlos Costa Fonseca
Coorientadora: Prof. Ma. Marilda de Fátima Lopes Rosa

SÃO LUÍS
2024

Costa, Arlley Carlos Carneiro dos Santos

Acessibilidade Urbana facilitada por um protótipo de sistema para PcD. / Arlley Carlos Carneiro dos Santos Costa. – São Luis, MA, 2024.

60 f

Dissertação (Mestrado em Engenharia de Computação e Sistemas) – Universidade Estadual do Maranhão, 2024.

Orientador: Prof. Dr. Luis Carlos Costa Fonseca

Elaborado por Cássia Diniz- CRB 13/910

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO

CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DA COMPUTAÇÃO E SISTEMAS

A Banca Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

ACESSIBILIDADE URBANA FACILITADA POR UM PROTÓTIPO DE SISTEMA PARA PcD

elaborada por

Arlley Carlos Carneiro dos Santos Costa

Como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Engenharia de Computação e Sistemas

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Luis Carlos Costa Fonseca
(UEMA)
(Presidente/Orientador)

Documento assinado digitalmente
gov.br
SOFIANE BEN EL HEDI LABIDI
Data: 03/03/2024 19:55:22-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Sofiane Labidi
(UFMA)
(Examinador Externo)

Prof. Ma. Marilda de Fátima L. Rosa
(UEMA)
(Coorientadora)

Documento assinado digitalmente
gov.br
HENRIQUE MARIANO COSTA DO AMARAL
Data: 01/03/2024 13:24:29-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Me. Henrique Mariano C. do Amaral
(UEMA)
(Examinador Interno)

SÃO LUÍS
2024

Dedico este Trabalho

A minha mãe,
Telma Carneiro.

À minha esposa Paloma e as
minhas filhas Juliana e Júlia.

Aos meus irmãos, familiares,
amigos, colegas de curso, professores
e funcionários da UEMA.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pois agora também sei que tudo quando pedires a Deus, Deus to concederá (João 11:22).

Ao meu orientador, professor Dr. Luis Carlos Costa Fonseca, pela orientação neste trabalho, liberdade e confiança, além da amizade. Agradeço pelas oportunidades que me proporcionou para que eu pudesse ampliar meus conhecimentos.

A minha coorientadora, professora Ms. Marilda de Fátima Lopes Rosa, pelos momentos de aprendizado, que foram valiosos e que contribuíram bastante para a realização deste trabalho.

À minha esposa Paloma e as minhas filhas Juliana e Júlia, que com carinho, delicadeza e compreensão, me motivam a seguir em frente sempre mesmo que durante aos meus momentos de ausência.

A minha mãe Telma e aos meus irmãos Antônio, Allyne e Amanda, bem como o ao meu pastor Wilber pelo apoio em todos os momentos da minha vida.

Aos funcionários e corpo de alunos do Núcleo de Acessibilidade da UEMA (NAU) que contribuíram diretamente para a realização deste trabalho.

Aos meus gestores da empresa VLI, André Braz e Fabrício Feres, pelo incentivo para evolução na minha educação acadêmica e profissional.

Aos colegas de curso, pelos bons momentos passados juntos.

E a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para que eu chegasse até aqui.

Instrua o homem sábio,

E ele será ainda mais sábio,

Ensine o homem justo,

E ele aumentará o seu saber.

Provérbios 9:9

RESUMO

Acessibilidade Urbana facilitada por um protótipo de sistema para PcD

Este trabalho mostra resultados do desenvolvimento de um protótipo de sistema com foco na acessibilidade urbana que atendam vários tipos de Pessoas com Deficiência (PcD), além disto, aplicou-se questionário de pesquisa acadêmica visando amplificar a visão a respeito do tema principal abordado, bem como avaliar o uso da solução sistema proposta. Objetiva-se por meio desta pesquisa contribuir junto a sociedade por meio da inclusão social e aplicabilidade da futura solução em cidades inteligentes, dando início por meio do experimento em campus acadêmico. Este artigo aprofunda-se ainda em aspectos tecnológicos e sociais que podem servir como referência de consultas por pesquisadores, órgão públicos e privados que almejam profundidade em seus estudos. Todavia, sendo o tema de grande relevância, percebe-se que esta linha de pesquisa ainda é pouco explorada, principalmente no Brasil, dado a quantidade limitada de artigos disponíveis.

Palavras-chave: Acessibilidade Urbana, PcD, plataformas, aplicativos e dispositivos móveis.

ABSTRACT

Urban Accessibility facilitated by a system prototype for PwD

This work shows results from the development of a prototype system with a focus on urban accessibility that serves various types of People with Disabilities (PwD), in addition, an academic research questionnaire was applied aiming to amplify the vision regarding the main topic addressed, as well how to evaluate the use of the proposed system solution. The objective of this research is to contribute to society through social inclusion and applicability of the future solution in smart cities, starting through the experiment on an academic campus. This article also delves into technological and social aspects that can serve as a reference for consultations by researchers, public and private bodies who seek depth in their studies. However, as the topic is of great relevance, it is clear that this line of research is still little explored, especially in Brazil, given the limited number of articles available.

Keywords: *Urban Accessibility, PcD, platforms, applications and mobile devices.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Visão Geral do protótipo do sistema 55
Figura 2 - Representação Arquitetural 57
Figura 3 - Visão Geral de Caso de Uso 59
Figura 4 - Diagrama de sequência – Efetuar Login 68
Figura 5 - Diagrama de sequência – Painel de Comunicação 69
Figura 6 - Diagrama de sequência – Rotas Acessíveis 70
Figura 7 - Diagrama de sequência – Ônibus Acessível 71
Figura 8 - Diagrama de sequência – Serviços NAU 72
Figura 9 - Diagrama de sequência – Botão do Pânico 73
Figura 10 - Diagrama de sequência – Botão do Pânico 74
Figura 11 - Visão Lógica do aplicativo AppNAU 75
Figura 12 - Visão Lógica do ambiente web *WSPcD* 76
Figura 13 - Visão de pacotes significativos do sistema 77
Figura 14 - Tela de Boas-Vindas 82
Figura 15 - Tela de Login 83
Figura 16 - Tela de definição de Tipo de Deficiência 83
Figura 17 - Telas de Serviços 84
Figura 18 - Telas de Sub-serviços 85
Figura 19 - Tela do ambiente *Web Service PcD (WSPcD)* 86

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Distribuição do total de artigos por categoria e excluídos 35
Tabela 2 - Metodologia de UX utilizada nos artigos selecionados. 42
Tabela 3 - Tabela com Requisitos Funcionais 59
Tabela 4 - Tabela com detalhamento do requisito 01 60
Tabela 5 - Tabela com detalhamento do requisito 02 61
Tabela 6 - Tabela com detalhamento do requisito 03 61
Tabela 7 - Tabela com detalhamento do requisito 04 62
Tabela 8 - Tabela com detalhamento do requisito 05 62
Tabela 9 - Tabela com detalhamento do requisito 06 62
Tabela 10 - Tabela com detalhamento do requisito 07 63
Tabela 11 - Tabela com detalhamento do requisito 08 63
Tabela 12 - Tabela com detalhamento do requisito 09 64
Tabela 13 - Tabela com detalhamento do requisito 10 64
Tabela 14 - Tabela com detalhamento do requisito 16 65
Tabela 15 - Tabela com RNF de Usabilidade 65
Tabela 16 - Tabela com RNF de Confiabilidade 66
Tabela 17 - Tabela com RNF de Suportabilidade 66
Tabela 18 - Tabela com RNF de Restrições de Design 66
Tabela 19 - Tabela com RNF de Interfaces 67

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Questionário – Pergunta 2.....89
Gráfico 2 - Questionário – Pergunta 3.....89
Gráfico 3 - Questionário – Pergunta 4.....90
Gráfico 4 - Questionário – Pergunta 5.....90
Gráfico 5 - Questionário – Pergunta 6.....91
Gráfico 6 - Questionário – Pergunta 7.....91
Gráfico 7 - Questionário – Pergunta 8.....92
Gráfico 8 - Questionário – Pergunta 9.....92
Gráfico 9 - Questionário – Pergunta 13.....94
Gráfico 10 - Questionário – Pergunta 14.....94

LISTA DE ABREVIATURAS

ADAAG: Accessibility Guidelines for Buildings and Facilitier.

API: Application Programming Interface.

AOT: Ahead Of Time.

AppNAU: Aplicativo do Núcleo de Acessibilidade da UEMA.

BAAS: Bank As A Service.

BOT: Abreviação de robot.

CAA: Comunicação Aumentativa e Alternativa.

CONSUN: Conselho Universitário.

CPM: Critical Path Method.

eMAG: Modelo de Acessibilidade em Governo Eletrônico.

EUA: Estados Unidos da América.

IA: Inteligência Artificial.

INCOSE: **International Council on Systems Engineering.**

PcD: Pessoa com Deficiência.

PERT: ***Program Evaluation and Review Technique.***

MVVM: Model, View, ViewModel.

NAU: Núcleo de Acessibilidade da UEMA.

NIESP: Núcleo Interdisciplinar de Educação Especial de São Paulo.

NMT: Nível de Maturidade Tecnológica.

ODS: Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.

ONU: Organização das Nações Unidas.

OMPI: Organização Mundial de Propriedade Intelectual.

PMP: Project Management Professional.

QR: Quick Response

RF: Requisitos Funcionais.

RNF: Requisitos Não Funcionais.

SBC: Sociedade Brasileira de Computação.

TA: Tecnologia Assistiva.

TIC: Tecnologia da Informação e Comunicação.

TCMA: Taxa de Crescimento Médio Anual.

UEMA: Universidade Estadual do Maranhão.

WAI: Web Accessibility Initiative.

WCAG: Web Content Accessibility Guidelines.

W3C: World Wide Web.

***WS*PcD: *WebService* Pessoa com Deficiência.**

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 16

1.1 Motivação e Objetivos 17

1.2 Metodologia de pesquisa 19

1.3 Estrutura do trabalho 21

1.4 Sobre o NAU 21

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 23

2.1 Acessibilidade: aspectos conceituais das Pessoas com Deficiências 24

2.2 Mobilidade Urbana 26

2.3 Acessibilidade Digital 27

2.4 Tecnologias Assistivas 28

2.5 Cidades Inteligentes 33

2.6 Trabalhos Relacionados 34

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 43

3.1 Engenharia de Sistemas 43

3.2 Projetos de Sistemas 44

3.3 Flutter e o Dart 46

3.4 Firebase 48

3.5 Sistema Operacional Android 49

3.6 Solução Rybená 53

5. ARQUITETURA DO SISTEMA 54

5.1 Visão geral do modelo 54

5.2 Representação Arquitetural 56

5.3 Visão Geral de Caso de Uso e Requisitos 58

***5.3.1 Requisitos Funcionais* 59**

***5.3.2 Requisitos Não Funcionais* 65**

5.4 Realizações de Casos de Uso 67

***5.4.1 Login do Usuário* 67**

***5.4.2 Painel de comunicação NAU* 68**

***5.4.3 Rotas Acessíveis* 69**

***5.4.4 Ônibus Acessível* 71**

***5.4.5 Serviços NAU* 72**

5.4.6 Botão do Pânico 73
5.4.7 Ambiente de Monitoramento WSPcD – Geolocalização dos PcDs 74
5.5 Visão Lógica 74
5.6 Pacotes de Design significativos 76
5.7 Visão de Implementação e cenários de aplicação 82
6. ANÁLISE DOS RESULTADOS 87
7. CONTRIBUIÇÕES CIÊNTIFICA E SOCIAL 94
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS 95
REFERÊNCIAS 97

1. INTRODUÇÃO

A busca por tecnologias disruptivas e inclusivas tem sido um imperativo na sociedade contemporânea, particularmente no que diz respeito à melhoria da qualidade de vida das pessoas com deficiência. O desenvolvimento de um protótipo de sistema é o foco desta pesquisa, destinado a oferecer suporte abrangente às necessidades específicas desse público, abordando questões relacionadas à mobilidade, comunicação e acesso à informação. Diante das barreiras que as pessoas com deficiência enfrentam diariamente, o presente projeto se destaca como um esforço significativo para proporcionar autonomia e inclusão social.

A crescente complexidade das deficiências, que variam desde aspectos físicos até desafios cognitivos, demanda uma abordagem abrangente e adaptável. Este protótipo não apenas incorpora tecnologias assistivas já existentes, mas também introduz inovações que visam atender às lacunas identificadas em soluções anteriores. O foco na acessibilidade universal permeia todas as etapas do desenvolvimento, garantindo que o sistema seja intuitivo, personalizável e capaz de se adaptar às necessidades individuais de cada usuário.

Tal pesquisa abrande os desafios sobre a acessibilidade urbana por meio da adoção e uso frequente de aplicativos com base a uma plataforma integrada para uso das Pessoas Com Deficiência (PcD) independentemente do tipo. Ressalta-se que o Brasil possui Leis especificas que baseiam a necessidade de inclusão e cuidados com este público, são elas a Lei de Cotas de nº 8.213/91, a Lei de Inclusão de nº 13.146/15 e a Lei de Acessibilidade de nº 10.098 que asseveram as prerrogativas a inclusão e acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência ou com algum tipo de limitação, seja ela intelectual, visual, auditiva e física mediante a supressão de barreiras e de obstáculos independente se de natureza jurídica, ética ou urbana. Silva, Ferreira e Sacramento (2018), narram que a acessibilidade é a legalidade de qualquer pessoa de aproveitar dos produtos e serviços ou informações que pertencem a vida cotidiana de uma sociedade, livre de capacidade culturais, aspectos sociais e físico-motoras.

Conceitua-se acessibilidade como sendo o termo utilizado para ascender ao um lugar ou uso de serviços e produtos, consentindo que qualquer pessoa com deficiência ou não tenha seus direitos garantidos. De acordo com o último levantamento do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) realizado em 2019, estima-se que aproximadamente 17,3 milhões de pessoas possuem algum tipo de limitação física, este

quantitativo representa cerca de 8,4% da população brasileira, estima-se ainda que este número pode chegar a mais de um bilhão de pessoas em todo o mundo.

A mobilidade urbana é a conjuntura de deslocamento do ser ou de bens em perímetro urbano. A mesma esta interligada com o crescimento e planejamento das cidades acarretando que a mobilidade urbana esteja relacionada com acessibilidade uma vez que a mesma deve instar os direitos de ir e vir de um a cidadão, ao se deslocar em uma cidade ou em qualquer ambiente.

O estudo de mobilidade urbana para pessoas com deficiência no Brasil, inspirado por Barbosa (2016), examina os seguintes desafios para as pessoas com deficiência ao andar pelas cidades:

Problemas de mobilidade: ruas estreitas, calçadas com buracos, entulho, ruas inacabadas ou falta de calçadas; transporte deficitário que serve como barreira à mobilidade; falta de sinal sonoro dificulta a mobilidade de pessoas com deficiência; rampas rebaixadas não construídas ou obstruídas; e falta de sinal sonoro dificulta a mobilidade de pessoas com deficiência em áreas urbanas. Segundo BARBOSA (BARBOSA, 2016, p.146).

Compreende-se que a mobilidade urbana possui limitações de acessibilidade para o público com algum tipo de deficiência, sendo fundamental o desenvolvimento de soluções público e privadas que possam vir a elevar a qualidade de vida da população, população que, conforme estimado, representa significativa parcela da população brasileira, sendo muitas vezes esquecidos pela sociedade.

Este documento detalha o projeto do protótipo realizado pelo autor durante o período acadêmico com imersão dentro do Núcleo de Acessibilidade da UEMA (NAU).

1.1 Motivação e Objetivos

A questão norteadora deste trabalho reside na inquietação decorrente do seguinte cenário: os avanços dos índices de pessoas com deficiência pelo mundo e a consequente necessidade do desenvolvimento de tecnologias assistivas.

O desenvolvimento de um protótipo de sistema adaptado às necessidades das pessoas com deficiência é motivado por uma profunda compreensão das barreiras enfrentadas por esse grupo na vida cotidiana. A motivação primordial reside na busca por soluções inovadoras que possam não apenas mitigar, mas também eliminar essas barreiras, proporcionando independência e igualdade de oportunidades. O reconhecimento da diversidade de deficiências e das necessidades individuais

impulsiona o desejo de criar um sistema adaptável e abrangente, capaz de oferecer suporte a uma ampla gama de desafios.

Os objetivos deste trabalho se estendem além da simples funcionalidade técnica do protótipo. Busca-se criar uma ferramenta que não apenas atenda às demandas práticas, como navegação e comunicação, mas que também promova uma mudança perceptível na qualidade de vida e na inclusão social das pessoas com deficiências. A intenção é construir um sistema que não seja apenas uma resposta tecnológica, mas uma expressão tangível do compromisso com a igualdade e o respeito pela diversidade.

Além disso, o trabalho almeja estimular discussões mais amplas sobre acessibilidade, inclusão e direitos das pessoas com deficiências na sociedade. Ao estabelecer uma ligação direta entre as características do protótipo e as necessidades reais dos usuários, espera-se que este trabalho influencie políticas públicas, inspire outras iniciativas e, acima de tudo, empodere as pessoas com deficiências ao proporcionar ferramentas que as capacitem a viver de maneira independente e plena. Em última análise, o objetivo é contribuir para um mundo mais inclusivo e equitativo, onde cada indivíduo, independentemente de suas habilidades, tenha a oportunidade de participar plenamente na sociedade.

O presente trabalho estabelece objetivos específicos que direcionam o desenvolvimento do protótipo de sistema voltado para pessoas com deficiências. Cada objetivo foi cuidadosamente delineado para assegurar a abordagem abrangente e eficaz das necessidades específicas desse público-alvo conforme explanação abaixo:

a) **Identificação e Compreensão das Necessidades**: Realizar uma análise detalhada das necessidades específicas das pessoas com deficiências, considerando diferentes tipos de deficiência, para informar o design do sistema.
b) **Desenvolvimento de Interface Acessível:** Projetar e implementar uma interface do usuário intuitiva e acessível, utilizando tecnologias como reconhecimento de voz, interfaces táteis e outras soluções inovadoras para facilitar a interação.
c) **Personalização do Sistema:** Integrar recursos que permitam a personalização do sistema de acordo com as preferências e capacidades individuais dos usuários, garantindo uma experiência adaptada a diferentes necessidades.
d) **Aperfeiçoamento da Mobilidade:** Desenvolver funcionalidades que aprimorem a mobilidade, incluindo sistemas de navegação assistida e mapeamento indoor para facilitar a locomoção em ambientes diversos.

e) **Comunicação Multissensorial:** Implementar recursos de comunicação multissensorial, incorporando texto, imagem, vídeo e áudio para atender às diferentes formas de comunicação utilizadas por pessoas com deficiências.
f) **Testes e Avaliação com Usuários Reais:** Conduzir testes práticos com usuários reais para avaliar a eficácia e usabilidade do protótipo, incorporando feedback para ajustes contínuos e refinamentos.
g) **Documentação e Difusão de Conhecimento:** Elaborar documentação técnica abrangente que detalhe o funcionamento do sistema, facilitando a replicação e compreensão por outros desenvolvedores e pesquisadores.
h) **Avaliação do Impacto Social:** Avaliar o impacto social do protótipo, considerando aspectos como a melhoria na qualidade de vida, a promoção da inclusão social e a autonomia das pessoas com deficiências.
i) **Contribuição para a Pesquisa em Tecnologia Assistiva:** Contribuir para o avanço do conhecimento na área de tecnologia assistiva, apresentando resultados, desafios enfrentados e soluções encontradas para beneficiar futuras pesquisas e iniciativas semelhantes.

Esses objetivos específicos foram estabelecidos para orientar o desenvolvimento do protótipo de sistema, assegurando que ele seja não apenas inovador tecnicamente, mas também impactante na melhoria da qualidade de vida das pessoas com deficiências. Feita a enumeração dos objetivos, prossegue-se à apresentação resumida da metodologia adotada neste trabalho.

1.2 Metodologia de pesquisa

A metodologia adotada neste trabalho tem como objetivo fornecer uma estrutura sólida para o desenvolvimento do protótipo de sistema voltado para pessoas com deficiências. Compreendendo a complexidade e a diversidade dessas necessidades, a abordagem metodológica busca equilibrar rigor técnico, considerações éticas e a participação ativa dos usuários. A seguir, são delineados os principais passos da metodologia empregada:

a) **Revisão da Literatura:** Conduziu-se uma revisão abrangente da literatura para compreender as diferentes deficiências, desafios enfrentados pelas pessoas afetadas e tecnologias assistivas existentes. Esse levantamento embasou a identificação das lacunas a serem preenchidas pelo protótipo.

b) Pesquisa Qualitativa com Usuários: Realizaram-se entrevistas e grupos focais com pessoas com deficiências, visando obter *insights* valiosos sobre suas necessidades, preferências e experiências relacionadas ao uso de tecnologias assistivas. Essa abordagem centrada no usuário foi fundamental para a definição das funcionalidades do protótipo.

c) Desenvolvimento Iterativo do Protótipo: Adotou-se uma abordagem ágil para o desenvolvimento do protótipo, permitindo iterações frequentes com base no *feedback* contínuo dos usuários. O processo envolveu a implementação de funcionalidades, testes de usabilidade e ajustes iterativos para otimização do desempenho.

d) **Testes Controlados em Ambientes Simulados:** Realizaram-se testes controlados em ambientes simulados para avaliar a eficácia do protótipo em situações específicas. Esses testes forneceram dados valiosos sobre o desempenho do sistema em cenários predefinidos, permitindo refinamentos antes dos testes com usuários reais.

e) **Testes com Usuários Reais:** Conduziram-se testes práticos com usuários reais para avaliar a usabilidade, eficácia e aceitação do protótipo em situações do mundo real. O feedback coletado durante esses testes foi crucial para ajustes finais e validação do sistema.

f) **Avaliação do Impacto Social:** Empregou-se uma abordagem mista para avaliação do impacto social do protótipo, combinando métricas quantitativas, como indicadores de autonomia, com análises qualitativas para entender a influência do sistema na qualidade de vida e inclusão social.

g) **Considerações Éticas e Segurança:** Incorporaram-se medidas rigorosas para garantir a privacidade e segurança dos dados dos usuários. Aspectos éticos relacionados à pesquisa com pessoas com deficiências foram cuidadosamente considerados e seguidos.

h) **Documentação e Disseminação de Conhecimento:** Elaborou-se documentação técnica detalhada do processo de desenvolvimento, metodologia adotada e resultados obtidos. A disseminação de conhecimento ocorreu por meio de publicações acadêmicas, apresentações em conferências e compartilhamento de informações em fóruns relevantes.

Essa metodologia integrada busca não apenas desenvolver um protótipo tecnologicamente avançado, mas também garantir que ele seja sensível às necessidades reais das pessoas com deficiências, promovendo inclusão, autonomia e melhorias significativas na qualidade de vida.

1.3 Estrutura do trabalho

Os capítulos a seguir farão uma abordagem sobre a temática deste trabalho e, a começar desta introdução, onde nela podemos fazer uma leitura inicial, que proporciona uma visão geral de todo o trabalho, os demais capítulos estão organizados como segue.

a) **No Capítulo 1** – Introdução – é apresentada de maneira introdutória os conceitos teóricos que norteiam este trabalho e o núcleo de acessibilidade da UEMA (NAU) onde o autor realizou as atividades do projeto como um todo: o problema atacado, os objetivos, e as motivações.

b) **No Capítulo 2** – Revisão Bibliográfica – é destinado à revisão de literatura, onde é feita uma abordagem sobre as pessoas com deficiências e tecnologias assistivas, a fim de que seja ampliada a compreensão integral deste trabalho.

c) **No Capítulo 3** – Fundamentação Teórica – são apresentadas as tecnologias aplicadas na construção dos sistemas propostos.

d) **No Capítulo 4** – Planejamento e Formalização da Solução Proposta – é apresentada uma descrição completa do processo de planejamento e formalização das especificações da solução proposta, assim como o detalhamento do método de desenvolvimento e arquitetura do sistema adotado.

e) **No Capítulo 5** – Análise do Sistema e Resultados – são apresentados os resultados gerais deste trabalho (protótipo), incluindo os resultados do questionário de pesquisa acadêmica.

f) **No Capítulo 6** – Considerações Finais – são descritas as considerações finais, que ampliam as discussões referentes a este trabalho, a respeito de sua relevância no contexto em que é aplicado, bem como a abertura para trabalhos e melhorias futuras.

1.4 Sobre o NAU

O NAU foi criado em 1998 como Núcleo Interdisciplinar de Educação Especial (NIESP), e em 2014, consolidou suas práticas na área de Educação Especial, sendo

reestruturado como Núcleo de Acessibilidade da UEMA, com o objetivo principal de desenvolver atividades inclusivas, proporcionando e promovendo acessibilidade.

Promover a acessibilidade é dar as pessoas com deficiências, condições de uso dos serviços públicos ou privados independente do meio urbano por meios informações e comunicação, eliminando barreiras e garantido a inclusão social daquelas pessoas que apresentam alguma situação de deficiência.

Nos centros acadêmicos as pessoas com deficiências muitas vezes não têm o seu direito garantido, seja por equiparação de oportunidades ou de acessibilidade. Desta forma, a Universidade Estadual do Maranhão e toda comunidade acadêmica deve ser amparada não só pela legislação brasileira, mas também pelas políticas de acessibilidade especificas da sua instituição.

Desta forma o NAU é vinculado à reitoria da UEMA e tem papel ativo na construção da política de Acessibilidade da referida universidade, tendo em vista o debate dos valores democráticos da UEMA e o compromisso desta justiça social, de tal forma, que na reunião do Conselho Universitário (CONSUN) o referido Núcleo foi oficialmente criado, conforme resolução CONSUN n. 886/2014.

Portanto, como resultado, levando em consideração: 1) a legislação relativa ao direito a acessibilidade e a educação; 2) a educação especial inclusiva na perspectiva da educação; e 3) os objetivos e princípios da UEMA, conforme declarado em seu estatuto e no Plano de Desenvolvimento Institucional (PDI: 2021-2025), entende-se como definição de uma Política Institucional de Acessibilidade é urgente, de tal maneira que o cumprimento dos requisitos legais de acessibilidade é um compromisso não somente do NAU, mas sim de toda a UEMA com a justiça social, os valores democráticos e o desenvolvimento sustentável, sendo, portanto, um valor institucional que colabora para uma universidade universal que respeita a humanidade independente de suas inerências.

Desta forma, segundo a política Institucional de acessibilidade da UEMA (pág. 6, 2021), o NAU e a UEMA tem por detalhamento os seguintes objetivos:

Objetivos Gerais

- Desenvolver e avaliar atividades extensionistas do Núcleo de Acessibilidade da UEMA, contribuindo com a Política Nacional de Educação Especial na Perspectiva da Educação Inclusiva.

- Oferta atendimento educacional especializado a discentes com deficiência e contribuir com a qualificação do ensino superior na perspectiva da educação inclusiva.
- Apoiar e assessorar na construção, desenvolvimento e transformação de políticas locais das realidades educacionais do entorno da UEMA;
- Promover processos formativos na área da Educação Especial e Acessibilidade envolvendo o público-alvo diverso na área de abrangência da UEMA.

Objetivos Específicos

- Desenvolver o trabalho de inclusão acadêmica e acessibilidade na UEMA, articulada a ações de ensino, pesquisa e extensão dos institutos. – Ofertar o atendimento educacional especializado no ensino superior com a participação de discentes da UEMA, contribuindo com sua formação.
- Ofertar cursos de capacitação na área de Educação Especial para docentes, técnicos, alunos universitários e comunidade externa como ações de extensão;
- Contribuir com a formação inicial dos alunos de diversas licenciaturas e bacharelado com atividades práticas em laboratório na produção de materiais didáticos acessíveis e realização de cursos e oficinas;
- Enriquecer as propostas curriculares dos cursos especialmente nas atividades complementares, práticas de estágios, política de inclusão e política de extensão dos mesmos na área de Educação Especial e Inclusiva.

Importante ressaltar que as metas e ações da Política de Acessibilidade da UEMA são estruturadas em oito eixos, a saber:

Eixo 1 – Acessibilidade: Inclusão e permanência.

Eixo 2 – A infraestrutura Acessível.

Eixo 3 – A Acessibilidade Pedagógica e Curricular.

Eixo 4 – A Acessibilidade Comunicacional e Informacional.

Eixo 5 – A Catalogação das Informações sobre Acessibilidade.

Eixo 6 – O Ensino, a Pesquisa e a Inovação em Acessibilidade.

Eixo 7 – A Extensão e Acessibilidade.

Eixo 8 – Recursos Humanos e Financiamento da Política de Acessibilidade.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresenta uma abordagem a respeito dos tópicos referentes a este trabalho, mostrando o que há de pesquisas em cada assunto tratado.

2.1 Acessibilidade: aspectos conceituais das Pessoas com Deficiências

A acessibilidade é um conceito dinâmico e multidimensional que evoluiu ao longo do tempo. No âmbito contemporâneo, autores como Hersh, Johnson, e Burgstahler (2012) definem acessibilidade como "a capacidade de participar, utilizar e contribuir para um ambiente ou sistema." Essa definição destaca a interconexão entre participação plena, utilização eficaz e contribuição significativa no contexto das PcD.

Autores renomados moldaram a teoria da acessibilidade. Ronald L. Mace, pioneiro do design universal, propôs que ambientes, produtos e serviços devem ser concebidos para serem utilizáveis por todas as pessoas, independentemente de habilidades ou características individuais (Mace, 1998). Essa abordagem influencia práticas contemporâneas de design inclusivo.

A acessibilidade é consagrada em documentos legais fundamentais. A Declaração Universal dos Direitos Humanos (ONU, 1948) estabelece que todos têm o direito à participação plena na sociedade, independentemente de deficiência. A Convenção sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência (ONU, 2006) reforça esses princípios, destacando a necessidade de garantir igualdade de oportunidades.

A Organização das Nações Unidas (ONU) descreve a “discriminação por motivo de deficiência”.

> Qualquer diferenciação, exclusão ou restrição baseada em deficiência, com o propósito ou efeito de impedir ou impossibilitar o reconhecimento, o desfrute ou o exercício, em igualdade de oportunidades com as demais pessoas, de todos os direitos humanos e liberdades fundamentais nas esferas política, econômica, social, cultural, civil ou qualquer outra. Abrange todas as formas de discriminação, inclusive a recusa de adaptação razoável.

A condição de acesso que permite que pessoas com necessidades especiais ou mobilidade limitada participem de atividades que incluem o uso de informações, produtos, serviços e ambientes é conhecida como acessibilidade. "Acessível" refere-se a qualquer coisa que seja acessível para qualquer pessoa, independentemente de sua condição física.

De acordo com Sassaki (2009, p.1) existem seis dimensões de acessibilidade como a arquitetônica, metodológica, instrumental, programática e atitudinal, assim acessibilidade não é apenas para barreiras físicas, abrange outras áreas como barreiras nas comunicações entre as pessoas, em locais de trabalho, educação entre outros.

> Portanto, a acessibilidade é uma qualidade, uma facilidade que desejamos ver e ter em todos os contextos e aspectos da atividade humana. Se a acessibilidade for (ou tiver sido) projetada sob os princípios do desenho universal, ela beneficia todas as pessoas, tenham ou não qualquer tipo de deficiência. (Sassaki, 2009, p.2)

A acessibilidade no âmbito de ensino, como também propõem esta pesquisa, é fundamental para que se possa alcançar a inclusão social, assegurando-se que as pessoas com deficiência possam ter seus direitos executados.

Mas, o que é deficiência?

A definição da palavra deficiência é originária do latim e significa falta, falha, insuficiência e imperfeição (MACHADO, 1990). Para fins legais, a legislação brasileira estabelece algumas premissas quanto à classificação das deficiências. De acordo com o Decreto 3.298 (Brasil, 1999) pessoa deficiente é aquela que apresenta perda ou anormalidade de uma estrutura ou função psicológica, fisiológica ou anatômica que gere incapacidade para o desempenho de atividade, dentro do padrão considerado normal para o ser humano. Nos termos do art. 2º da Lei Federal 13.146 de 2015, a pessoa com deficiência é aquela que tem impedimento de longo prazo de natureza física, mental, intelectual ou sensorial, que “em interação com uma ou mais barreiras, pode obstruir sua participação plena e efetiva na sociedade em igualdade de condições com as demais pessoas” (BRASIL, 2015).

Segundo o Decreto nº 3.298, com base a Política Nacional para a Integração da Pessoa com deficiência, de 20 de dezembro de 1999 com posteriores revisões em anos sequentes, é considerada pessoa portadora de deficiência a que se enquadra nas seguintes categorias:

I. **deficiência física** - alteração completa ou parcial de um ou mais segmentos do corpo humano, acarretando o comprometimento da função física, apresentando-se sob a forma de paraplegia, paraparesia, monoplegia, monoparesia, tetraplegia, tetraparesia, triplegia, triparesia, hemiplegia, hemiparesia, ostomia, amputação ou ausência de membro, paralisia cerebral, nanismo, membros com deformidade congênita ou adquirida, exceto as deformidades estéticas e as que não produzam dificuldades para o desempenho de funções;

II. **deficiência auditiva -** perda bilateral, parcial ou total, de quarenta e um decibéis (dB) ou mais, aferida por audiograma nas frequências de 500HZ, 1.000HZ, 2.000Hz e 3.000Hz;

III. **deficiência visual -** cegueira, na qual a acuidade visual é igual ou menor que 0,05 no melhor olho, com a melhor correção óptica; a baixa visão, que significa acuidade visual entre 0,3 e 0,05 no melhor olho, com a melhor correção óptica; os casos nos quais a somatória da medida do campo visual em ambos os olhos for igual ou menor que 60o; ou a ocorrência simultânea de quaisquer das condições anteriores;

IV. **deficiência mental –** funcionamento intelectual significativamente inferior à média, com manifestação antes dos dezoito anos e limitações associadas a duas ou mais áreas de habilidades adaptativas

V. **deficiência múltipla –** associação de duas ou mais deficiências.

Conforme anteriormente mencionado, de acordo com o último levantamento do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) realizado em 2019, um público de aproximadamente 17,3 milhões de pessoas possuem algum tipo de deficiência, detalha-se sendo cerca de 5% apresentam deficiência física, 3% tinham deficiência visual; 1% apresentava deficiência auditiva (sendo que apenas a minoria dominava a Língua Brasileira de Sinais); e outros 1% tinha deficiência mental.

2.2 Mobilidade Urbana

Utiliza-se o termo mobilidade urbana para referencia-se a acessibilidade no meio urbano, logo, mobilidade urbana é a conjuntura de deslocamento do ser ou de bens em perímetro urbano. A mesma esta interligada com o crescimento e planejamento das cidades acarretando que a mobilidade urbana esteja relacionada com acessibilidade uma vez que a mesma deve instar os direitos de ir e vir de um a cidadão, ao se deslocar em uma cidade ou em qualquer ambiente.

Destaca-se o estudo de mobilidade urbana para pessoas com deficiência no Brasil, inspirada por Barbosa (2016), em que afirma que as pessoas com algum tipo de deficiência deparam-se com algumas dificuldades ao andar pelas cidades conforme mencionado a seguir:

Dificuldades de mobilidade: ruas apertadas, calçadas cheias de obstáculos e que não comportam um cadeirante; transporte como barreira à locomoção; ausência de sinal sonoro dificulta mobilidade de pessoas com deficiência mobilidade urbana para pessoas

com deficiência visual; problemas nas calçadas: calçada malconservada, com buracos, com entulho, inacabada, ou inexistência de calçada; falha na construção de rampas rebaixadas nas calçadas; rampas que são obstruídas por postes, buracos, que estão pela metade, ou ainda que não têm ligação com o outro lado da rua. (BARBOSA, 2016, p.146).

Compreende-se que a mobilidade urbana possui limitações de acessibilidade para o público com algum tipo de deficiência, sendo fundamental o desenvolvimento de soluções público e privadas que possam vir a elevar a qualidade de vida da população, população que, conforme estimado, representa significativa parcela da população brasileira, sendo muitas vezes esquecidos pela sociedade.

2.3 Acessibilidade Digital

A tecnologia que torna as coisas mais fáceis de usar para as pessoas com deficiência desempenha um papel importante na promoção da inclusão e da igualdade de oportunidades para essas pessoas. É essencial que a tecnologia seja projetada e desenvolvida de forma a atender às necessidades únicas dos usuários em um mundo cada vez mais digitalizado. Isso permitirá que todos desfrutem dos benefícios da era digital.

A web, como uma ferramenta central em nossas vidas, deve ser acessível a todos, independentemente de suas capacidades físicas, visuais, auditivas ou cognitivas. Uma abordagem inclusiva envolve a implementação de práticas e padrões que permitam que pessoas com deficiência participem plenamente da sociedade online.

A primeira consideração é a acessibilidade visual. A utilização de tecnologias assistivas, como leitores de tela, ampliadores de tela e teclados adaptados, é essencial para garantir que pessoas com deficiência visual possam navegar efetivamente na web. Além disso, é crucial garantir contraste adequado e opções de ajuste de tamanho de fonte para acomodar diferentes necessidades visuais.

A acessibilidade auditiva também é uma preocupação crucial. Legendas em vídeos, transcrições de áudio e a implementação de linguagem de sinais virtual são práticas que melhoram a experiência online para pessoas com deficiência auditiva. Garantir que o conteúdo seja apresentado de maneira clara e compreensível é essencial para a inclusão de todos os usuários.

A acessibilidade cognitiva também merece atenção. Páginas web devem ser projetadas de maneira intuitiva, com navegação simplificada e instruções claras. Evitar

o uso excessivo de elementos piscantes ou distrativos contribui para uma experiência mais amigável para pessoas com deficiências cognitivas.

Além disso, é fundamental considerar a acessibilidade física. Dispositivos de entrada alternativos, como mouse adaptado e teclados especiais, são vitais para aqueles com limitações motoras. A garantia de que botões e links sejam grandes o suficiente para serem clicados com facilidade também é crucial.

Os governos e organizações têm um papel importante na promoção da acessibilidade digital. Leis e regulamentações devem ser estabelecidas e fiscalizadas para garantir que sites e aplicativos atendam aos padrões de acessibilidade. Incentivos fiscais podem ser oferecidos para empresas que investem em tornar seus produtos e serviços acessíveis.

Além disso, a conscientização pública sobre a importância da acessibilidade digital é crucial. Campanhas educacionais podem ajudar a dissipar mitos e estereótipos, promovendo uma compreensão mais profunda das necessidades e capacidades das pessoas com deficiência.

Em resumo, a acessibilidade digital para deficientes é um imperativo moral e social. Ao adotar práticas inclusivas, criamos um ambiente online que reflete os valores de equidade, respeito e diversidade. A tecnologia, quando utilizada de maneira acessível, torna-se uma ferramenta poderosa para unir pessoas e superar barreiras, contribuindo para uma sociedade verdadeiramente inclusiva.

2.4 Tecnologias Assistivas

Antes de falarmos sobre Tecnologias Assistivas, precisamos introduzir sobre o conceito de Desenho Universal. Quando nos referimos ao termo, Desenho Universal, este tem como propósito projetar e produzir produtos, equipamentos, ambientes, meios de transportes, áreas urbanas e tecnologias de informação que sejam acessíveis e utilizáveis por todas as pessoas, sejam elas de qualquer gênero, tamanho, etnia, cultura, nível educacional e outros fatores. O Desenho Universal visa a usabilidade das pessoas, independentemente de seu grau de saúde ou se são ou não portadoras de necessidades especiais. Correia (2009) acrescenta:

> Entende-se por Desenho Inclusivo ou Universal um conjunto de preocupações, conhecimentos, metodologias e práticas que visam a concepção de espaços, produtos e serviços, utilizáveis com eficácia, segurança e conforto pelo maior número de pessoas possível, independentemente das suas capacidades.

> O desenho universal tende a ser naturalmente inclusivo e não discriminatório, resultando numa maior ergonomia para todos. É, pois errado o conceito de que o desenho universal acarreta custos adicionais em benefício de uma minoria. Por vezes, os custos de desenvolvimento e produção iniciais poderão ser maiores, no entanto, não beneficiam apenas uma minoria, mas toda a população, aumentam a produtividade de todos, previnem riscos de mau uso e desconforto prolongado, quase imperceptíveis, evitam acidentes. Consequentemente, a médio e longo prazo, traduzem-se numa redução muito substancial de custos, num aumento de produtividade e numa vida melhor para todos.

A origem do Desenho Universal remonta ao período em que muitos veteranos americanos retornaram da Segunda Grande Guerra. Estes ex-combatentes precisavam de reabilitação e reeducação para retomar suas vidas. Foram criados centros de reabilitação em Universidades dos EUA e muitos campi foram adaptados para o uso de cadeirantes e indivíduos com mobilidade reduzida. De acordo com Almeida Prado, Lopes e Ornstein (2010, p. 20):

> Em alguns casos estes esforços resultaram no movimento chamado Projeto Livre de Barreiras (*Barrier Free-Design*) e o desenvolvimento de diretrizes para a acessibilidade americana variaram de Estado para Estado. Assim foi constituída a fundação *Accessibility Guidelines Fo Buildings and Facilitier – ADAAG*.

Os sete princípios que fundamentam a base do Desenho Universal são os seguintes conforme Almeida Prado; Lopes e Ornstein, (2010, p. 39):

a) A flexibilidade no uso para diversas capacidades individuais;
b) O uso equitativo para pessoas com diversas habilidades, evitando-se distinção;
c) A percepção eficiente e fácil da informação para uso;
d) A intuitividade e simplicidade do uso;
e) A redução do esforço físico.
f) Previsão de tamanho e espaço para o uso em diferentes situações.
g) A tolerância ao erro, minimizando consequências indesejáveis pelo uso incorreto.

Com base nessa observação, iniciamos essa pesquisa: embora a tecnologia hoje esteja presente em praticamente todos os ambientes, ela é relativamente recente.

Quando falamos de tecnologia, nos referimos ao nosso celular ou computador. No entanto, não é exatamente assim.

Tecnologia da informação, automação, educação e tecnologia assistiva são apenas alguns dos vários tipos de tecnologia. A Tecnologia Assistiva, conceituada por Galvão Filho, será abordada nesta dissertação:

> Tecnologia Assistiva é uma área do conhecimento, de característica interdisciplinar, que engloba produtos, recursos, estratégias, práticas e serviços que objetivam promover a funcionalidade, relacionada à atividade e participação de pessoas com deficiência, incapacidades, qualidade de vida e inclusão social. (GALVÃO FILHO et al., 2009, p. 26).

A tecnologia assistiva é considerada crucial para as pessoas com deficiência. Os benefícios incluem a acessibilidade física, a adequação do ensino, a adaptação de materiais, a diminuição do preconceito e o acesso aos meios de comunicação, além da questão da independência, que é de extrema importância.

As tecnologias assistivas desempenham um papel fundamental na melhoria da qualidade de vida e na promoção da inclusão de pessoas com deficiência. Estas inovadoras ferramentas têm o propósito de superar barreiras físicas, sensoriais, cognitivas e motoras, permitindo que indivíduos com necessidades especiais participem plenamente em diferentes aspectos da vida cotidiana.

No âmbito da mobilidade, cadeiras de rodas motorizadas e exoesqueletos robóticos são exemplos de tecnologias assistivas que ampliam a independência e autonomia de pessoas com limitações motoras. Sistemas de controle por voz e interfaces cérebro-máquina oferecem alternativas valiosas para aqueles com dificuldades motoras severas, permitindo o controle de dispositivos eletrônicos apenas com comandos vocais ou sinais cerebrais.

Para indivíduos com deficiência visual, softwares de leitura de tela e bengalas eletrônicas são essenciais para a navegação em ambientes desconhecidos. Sistemas de reconhecimento de objetos e leitores de códigos QR também facilitam a identificação de itens cotidianos, proporcionando maior independência no dia a dia.

No campo da comunicação, as tecnologias assistivas desempenham um papel crucial. Comunicadores alternativos, como dispositivos de síntese de voz e aplicativos de comunicação aumentativa e alternativa (CAA), possibilitam a expressão e interação

de indivíduos com dificuldades na fala. Além disso, teclados adaptados e interfaces táteis são projetados para atender às diversas necessidades de entrada de dados.

Para pessoas com deficiências auditivas, implantes cocleares e aparelhos auditivos modernos são exemplos notáveis de tecnologias assistivas que restauram ou melhoram a audição. Além disso, aplicativos de transcrição em tempo real e dispositivos de alerta visual contribuem para uma experiência mais inclusiva em diferentes contextos.

No ambiente educacional, as tecnologias assistivas desempenham um papel crucial na garantia da igualdade de oportunidades. Softwares de leitura e escrita, dispositivos de ampliação de texto e programas de reconhecimento de fala são recursos valiosos para estudantes com dificuldades de aprendizado, proporcionando suporte personalizado.

A diretriz estabelecida na NBR 9050 norteia o uso das TAs, que atinadas e aplicadas no enquadramento de acessibilidade digital, como um conjunto de técnicas e tecnologias, que auxiliam o usuário final na realização de tarefas (como o uso de celulares) que promovam inclusão social, autonomia e qualidade de vida. Mas vultoso é o desafio para desenvolver inovações conectadas a plataformas e aplicativos com baixo custo de fabricação, rentabilidade ao desenvolvedor e aderente a necessidade da população.

Com base nas pesquisas realizadas por meio de revisões bibliográficas feitas por este autor, entende-se que existe um forte movimento de pesquisas e mercado especializando-se nas áreas de acessibilidade digital, auxílios digitais para mobilidade e comunicação por tecnologias alternativas. A Organização Mundial da Propriedade Intelectual (OMPI) desenvolveu a primeira pesquisa mundial que examina de maneira profunda e relativa acerca das tendências em matéria de patenteação no setor da tecnologia assistiva em grandes proporções, iniciando-se a análise dos dados relevantes salvaguardados nos mais variados depósitos de registros de produtos ou serviços patenteados, mostra esta realizada entre os anos de 1998 e 2019. Importante destacar que a referida pesquisa global distingue a tecnologia assistiva em duas áreas, a de âmbito convencional e as emergentes, identificando ainda nove tecnologias “capacitadoras” que permitem o desenvolvimento de produtos assistivos. O estudo também explora o nível de maturidade tecnológica (NMT) dos produtos assistivos emergentes identificando-os em níveis, a fim de observar quão próximos estão preparados para lançamento em mercado. Identificando, portanto, as tecnologias sobrestante, designando ainda sete principais áreas e os mercados para a proteção de

patente, sendo elas: mobilidade, visão, audição, comunicação, cognição, autocuidado e ambiente construído.

Em tendências gerais, conclusões da pesquisa mostram que a atividade de patenteação na área da tecnologia tradicional é oito vezes à da tecnologia assistiva, ao todo 117.209 registros de patentes, contra 15.592. Contudo, as solicitações relativas à tecnologia emergente estão em tendência de crescimento a um ritmo três vezes superior do que a tecnologia convencional, com 17% de taxa de crescimento médio anual (TCMA), contra apenas 6%. Ressalta-se que, em sua maioria os pedidos de patentes para tecnologia assistiva convencional estão diretamente ligadas a necessidade de atendimento a mobilidade, posterior, vêm o ambiente construído, a audição e a visão. O número de registros anuais na área da mobilidade é maior que à soma de todos os depósitos nas outras seis áreas.

No que tange a tecnologia assistiva emergente, sua área de estudos principal envolve o foco em soluções para audição, seguida de mobilidade, visão e comunicação. Com uma tendência futura dos pedidos ligados a tecnologias de mobilidade assumir a liderança.

O estudo confirma que todos os produtos assistivos emergentes catalogados utilizam no mínimo uma tecnologia capacitadora, tais como a Internet das Coisas (*IoT*), a inteligência artificial (IA), a solução cérebro-computador e os sensores disruptivos. Tais tecnologias capacitadoras permitem que novas soluções assistivas estejam conectadas a big data e integradas a outras plataformas, tornando-as mais inteligentes e disponíveis, possibilitando que algoritmos avançados de *machine learning* possibilite o aprendizado constante através das análises comportamentais do usuário e ambiente, com otimização e personalização. Importante ressaltar que independentes destas, vem a telemedicina e a enfermagem inteligente. A análise revela que as principais disciplinas em confluência nas tecnologias assistivas emergentes são a tecnologia da informação, a ciência dos dados e a neurociência, enquanto as intersecções com o mercado de bens eletrônicos de consumo são observadas principalmente nas áreas da comunicação, navegação e jogos, estando explicito que a convergência entre diferentes disciplinas e mercados amplia o alcance dos produtos para usuários com diferentes perfis e intensifica o ritmo da inovação. Os dados da pesquisa mostram que os produtos assistivos emergentes geralmente não substituem os produtos assistivos convencionais, mas os complementam. O resultado disto é a coexistência de mercados de produtos paralelos

que atendem às diferentes necessidades, preferências e parâmetros de diferentes usuários.

Importante destacar ainda que as tendências geográficas da inovação para tecnologia assistiva também foram foco dos estudos, sendo a proteção de patente para tecnologia assistiva sendo mais solicitadas sobretudo em cinco principais mercados: China, EUA, Europa, Japão e Coreia do Sul. Estando, o domínio de mercado dos EUA e Japão diminuindo nos últimos anos, principalmente, dado ao aumento dos novos pedidos de patentes na China e Coreia. Confirma-se que em a busca por proteção de patente em todo o mundo é maior na área das tecnologias assistivas para a mobilidade.

Observa-se ainda que o desenvolvimento de tecnologia assistiva é liderado por grandes players corporativos (com 60% da emergente e 48% da tecnologia assistiva convencional), com domínio nas áreas de audição, visão e, até certo ponto, a comunicação, sendo a fragmentada entre as demais áreas.

No que tange o futuro da tecnologia assistiva, a baixa oferta de recursos digitais voltados para uso por parte da população idosa, surge como grande oportunidade para inventores e uma possível mudança de paradigma na repartição do mercado e com maior variedade de necessidades em matéria de tecnologia assistiva.

Apesar dos avanços significativos, é importante destacar a necessidade contínua de pesquisa e desenvolvimento para aprimorar as tecnologias assistivas. Além disso, a conscientização e educação sobre a disponibilidade e eficácia dessas ferramentas são cruciais para garantir que todas as pessoas que poderiam se beneficiar delas tenham acesso.

Em resumo, as tecnologias assistivas são catalisadoras de inclusão, capacitando indivíduos com deficiência a superar desafios e participar ativamente na sociedade. Ao investir e promover o desenvolvimento dessas ferramentas, estamos construindo um mundo mais acessível, onde a diversidade é valorizada, e todos têm a oportunidade de alcançar seu pleno potencial.

2.5 Cidades Inteligentes

Cidades inteligentes fundamentam-se em diversos conceitos, como a integração de tecnologias da informação, comunicação e automação para melhorar a qualidade de vida urbana. Isso envolve o uso extensivo de sensores para coleta de dados em tempo real, análise dessas informações para otimizar serviços públicos, infraestrutura tecnológica eficiente, mobilidade urbana inteligente, segurança avançada, gestão

sustentável de recursos e a participação ativa dos cidadãos. A participação cidadã é promovida por meio de aplicativos que permitem aos habitantes interagir com os serviços municipais, reportar problemas e participar de decisões. A sustentabilidade ambiental é um pilar, com a implementação de espaços verdes, monitoramento da qualidade do ar e iniciativas de eficiência energética.

Há bastante tempo a sociedade busca viver na contemporaneidade de forma conectada e que através dos serviços públicos e privados alcance elevada qualidade de vida. De modo geral quando falamos em Cidade do Futuro (*smart city*) nos referimos a como serão os aglomerados urbanos no presente século, algumas cidades tais como Songdoo na Coreia do Sul ou Masdar nos Emirados Árabes já quebram paradigmas e já nascem dentro dos conceitos cidades inteligentes, porém, do outro lado da mesa as cidades que já existem, que foram construídas que ao longo do tempo sofreram com o crescimento desordenado.

Pesquisas afirmam que em 2010 mais da metade da população mundial residia em áreas urbanas e que em 2050 chegaremos a ser 75% da população do globo nesta situação. Devido a este crescimento exponencial governos estão sendo forçados a refletir em como criar futuros espaços para cidadãos dessas cidades (Bakici et al., 2012). Todavia, este contínuo êxodo implicam em uma complexidade de gestão, gerando maior exclusão social, principalmente para as pessoas que possuem deficiências (PcDs). Neste contexto, a pauta prioritária do governo federal, em esforços colaborativos junto a instituições privadas e outros governos, cria-se a Carta Brasileira de Cidades Inteligentes, lançada em 2019, sendo o primeiro marco regulatório brasileiro para políticas públicas no referido tema.

Apesar dos avanços, desafios persistem, como a necessidade de investimentos, a garantia da segurança digital e a inclusão social para evitar disparidades no acesso aos benefícios das cidades inteligentes. Contudo, as iniciativas no Brasil e ao redor do mundo indicam uma tendência crescente em direção a uma urbanização mais eficiente, conectada, sustentável e inclusiva.

2.6 Trabalhos Relacionados

Para fundamentação deste trabalho, realizou revisão sistemática da literatura sobre acessibilidade urbana relacionada as ofertas de aplicativos baseado em sistemas integrados que atendam vários tipos de Pessoas com Deficiência (PcD). Para isso foram elaboradas questões direcionadoras, elas: (Q1) Quais áreas de TICs que possuem maior

potencial de obterem resultados promissores através da implementação ou desenvolvimento de Tecnologias Assistivas para uso em plataforma digital? (Q2) Quais são as barreiras encontradas pelos usuários com deficiência no uso de plataformas digitais nos estudos realizados? (Q3) Como os estudos analisados alvitraram ou desenvolveram plataformas para atender as questões de acessibilidade urbana independentemente do tipo de PcD?.

Para busca, foram selecionados os artigos de acordo com os rótulos de títulos, resumos, palavras chaves principalmente nos idiomas português e inglês. Ao todo as buscas retornaram um total de 19 artigos, sendo estes resultantes de múltiplas fontes, destacando-se principalmente as dos SBC *Journal on Interactive Systems* e do *Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems*, publicado na ACM *Digital Library.* Os referidos fontes destaques, foram escolhidas pela sua relevância, uma vez que possuem elevados Qualis de classificação no meio científico, sendo importante fonte com importantes publicações. É importante salientar que o algoritmo de busca existentes nestes sítios apresentam opções de filtros e parametrização que permitem uma busca mais qualitativa.

Para esta pesquisa foi utilizado o critério de inclusão de acordo com a relevância das questões de pesquisa, sendo subdivididos em categorias que demonstram o grau de aceitação ao tema principal que foca na criação de uma proposta de plataforma multiuso para os mais variados tipos de PcD, sendo excluídos os artigos que não tenham enquadramento em uma das 3 categorias, que não sejam artigos completos e escritos em língua diferente do Português e Inglês.

Tabela 1 - Distribuição do total de artigos por categoria e excluídos

Fontes de busca	Total Selecionado	Cat. 1 – Maior relevância	Cat. 2 – Média relevância	Cat. 3 – Baixa Relevância	Excluídos
Journal on Interactive Systems (*SBC*)	**6**	1	3	2	-
Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems	**5**	2	2	1	-
Outros	**8**	2	1	2	3

Na tabela 1, onde a Categoria 1 representa artigos com aderência ao tema principal, ou seja, na criação de aplicativos e/ou plataformas multiuso ou disciplinares que permitam o uso por mais de um grupo de PCD. A Categoria 2, para pesquisas/ambientes que permitam o uso de no mínimo um grupo de PCD e para a

Categoria 3 para pesquisas que permitam o embasamento geral intrínsecos aos objetivos secundários ou dados estatísticos relacionados ao tema.

Após a escolha das pesquisas acadêmicas e aderente aos critérios de aceitação, foi realizado o estudo dos rótulos de títulos, resumos, palavras chaves para determinar a inclusão ou exclusão nesta pesquisa de revisão sistemática, doravante utilizou-se a consolidação e sintetização dos dados, a fim de obter as possíveis respostas relacionadas às questões de pesquisa.

Após a determinação dos artigos fundamentada aos critérios de inclusão, submeteu-se ao profundo estudo com a leitura total dos artigos, objetivando responder as questões de pesquisa aqui determinadas:

Q1. Quais são as áreas de TICs que possuem maior potencial de obterem resultados promissores através da implementação ou desenvolvimento de Tecnologias Assistivas para uso em plataforma digital?

Pierre Lévy, previu em 1999, que as Tecnologias de Informação e Comunicação - TICs iriam crescer de tal forma, que iriam ser instrumentos vultoso em nossa sociedade, onde sua aplicação, seria um mecanismo sólido de inclusão e colaboração no mundo. Visionária e presente é tal afirmação, as novas TICs vem se tornando mecanismos poderosos para acessibilidade e inclusão, principalmente quando nos referimos as pessoas com deficiência, onde todas as áreas das TICs têm evoluído, e quando aplicada a este grupo social, passam a ser também chamadas de Tecnologias Assistivas. A definição de TAs, é um assunto recente e que tem relação direta com a busca para a superação das dificuldades de acesso aos meios físicos e digitais sofridas pelos usuários com deficiência, por meio do conjunto de serviços e recursos capazes de contribuir com a ampliação ou promoção de características funcionais de pessoas com deficiência.

A diretriz estabelecida na NBR 9050 norteia o uso das TAs, que atinadas e aplicadas no enquadramento de acessibilidade digital, como um conjunto de técnicas e tecnologias, que auxiliam o usuário final na realização de tarefas (como o uso de celulares) que promovam inclusão social, autonomia e qualidade de vida. Um exemplo é o uso de alarme de emergência audiovisual sem fio para uso em sanitário acessível onde permite que pessoas com deficiência, possam pedir auxílio em caso de necessidade e emergência. Quando trazemos tais tecnologias para o mundo digital das Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs), vultoso desafio é desenvolver inovações conectadas

a plataformas e aplicativos com baixo custo de fabricação, rentabilidade ao desenvolvedor e aderente a necessidade da população.

Diferentes modos de utilização das TICs como as Tecnologia Assistiva têm sido estruturadas e reconhecidas das mais variadas formas, dependendo diretamente do foco que cada colaborador quer dar ou projetar seu uso. A comunidade costuma dividir as TICs assistivas em quatro principais áreas, sendo elas: TICs como facilitadoras de acessibilidade urbana e profissional; TICs para controle de ambiente; TICs para comunicação com base em próteses ou sistemas auxiliares e TICs como instrumentos ou ambientes de aprendizagem.

Ainda com base nas pesquisas realizadas, entende-se que existe um forte movimento de pesquisas e mercado especializando-se nas áreas de acessibilidade digital, auxílios digitais para mobilidade e comunicação por tecnologias alternativas. A Organização Mundial da Propriedade Intelectual (OMPI) desenvolveu a primeira pesquisa mundial que examina de maneira profunda e relativa acerca das tendências em matéria de patenteação no setor da tecnologia assistiva em grandes proporções, iniciando-se a análise dos dados relevantes salvaguardados nos mais variados depósitos de registros de produtos ou serviços patenteados, mostra esta realizada entre os anos de 1998 e 2019. Importante destacar que a referida pesquisa global distingue a tecnologia assistiva em duas áreas, a de âmbito convencional e as emergentes, identificando ainda nove tecnologias “capacitadoras” que permitem o desenvolvimento de produtos assistivos. O estudo também explora o nível de maturidade tecnológica (NMT) dos produtos assistivos emergentes identificando-os em níveis, a fim de observar quão próximos estão preparados para lançamento em mercado. Identificando, portanto, as tecnologias sobrestante, designando ainda sete principais áreas e os mercados para a proteção de patente, sendo elas: mobilidade, visão, audição, comunicação, cognição, autocuidado e ambiente construído.

Em tendências gerais, conclusões da pesquisa mostram que a atividade de patenteação na área da tecnologia convencional é quase oito vezes superior à da tecnologia assistiva emergente, com 117.209 registros de patentes, contra 15.592. Contudo, as solicitações relativas à tecnologia emergente estão crescendo a um ritmo três vezes mais elevado do que a tecnologia convencional, com uma taxa de crescimento médio anual (TCMA) de 17%, contra 6%. A maioria dos pedidos de patentes para tecnologia assistiva convencional tem como foco a mobilidade, em seguida, vêm o

ambiente construído, a audição e a visão. O número de registros anuais na área da mobilidade é superior à soma de todos os depósitos nas outras seis áreas.

No que diz respeito à tecnologia assistiva emergente, a área de maior atividade no período em estudo é a audição, seguida de mobilidade, visão e comunicação. Entretanto, a virada veio em 2014, a mobilidade assumiu a liderança também nos depósitos de tecnologia emergente. Com efeito, as áreas de crescimento mais rápido em matéria de depósitos de patentes estão relacionadas com a mobilidade e o meio ambiente, tanto para a tecnologia assistiva convencional.

A análise revela que todos os produtos assistivos emergentes identificados utilizam uma ou várias tecnologias capacitadoras, tais como a inteligência artificial (IA), a Internet das Coisas, a interface cérebro-computador e os sensores avançados. Elas permitem o desenvolvimento de produtos assistivos mais inteligentes e conectados, que aprendem com o comportamento do usuário e o ambiente, otimizam e personalizam de acordo a necessidade, e apoiam a vida e a mobilidade. Importante ressaltar que independentes destas, vem a telemedicina e a enfermagem inteligente. As principais disciplinas em intersecção nas tecnologias assistivas emergentes são a tecnologia da informação, a ciência dos dados, a ciência dos materiais e a neurociência, enquanto as intersecções com o mercado de bens eletrônicos de consumo são observadas principalmente nas áreas da comunicação, navegação e *gaming*. A convergência entre disciplinas, áreas e mercados amplia o alcance da funcionalidade dos produtos para usuários de diferentes perfis e intensifica o ritmo da inovação na tecnologia assistiva emergente. Os dados mostram que os produtos assistivos emergentes geralmente não substituem os produtos assistivos convencionais, mas os complementam. O resultado disto é a coexistência de mercados de produtos paralelos que atendem às diferentes necessidades, preferências e parâmetros de diferentes usuários.

Importante destacar ainda que as tendências geográficas da inovação para tecnologia assistiva também foram foco dos estudos, sendo a proteção de patente para tecnologia assistiva sendo mais solicitadas sobretudo em cinco principais mercados: China, EUA, Europa, Japão e Coreia do Sul. Estando, o domínio de mercado dos EUA e Japão diminuindo nos últimos anos, principalmente, dado ao aumento dos novos pedidos de patentes na China e Coreia. Confirma-se que em a busca por proteção de patente em todo o mundo é maior na área das tecnologias assistivas para a mobilidade.

Observa-se ainda que o desenvolvimento de tecnologia assistiva é liderado por grandes atores corporativos (com 48% da tecnologia assistiva convencional e 60% da

emergente), dominando nas áreas de audição, visão e, até certa medida, comunicação, sendo a situação em outras áreas fragmentada, com um grande número de requerentes de patentes.

No que tange o futuro da tecnologia assistiva, a baixa oferta de recursos digitais voltados para uso por parte da população idosa, surge como grande oportunidade para inventores e uma possível mudança de paradigma na repartição do mercado e com maior variedade de necessidades em matéria de tecnologia assistiva.

Q2. Quais são as barreiras encontradas pelos usuários com deficiência no uso de plataformas digitais nos estudos realizados?

Silva, Ferreira, Ramos (2016) relata que o desenvolvimento de interfaces acessíveis é necessário empatia por partes dos projetistas e dos programadores, onde estes devem projetar sistemas adaptados as necessidades dos usuários, sem realizar distinção. Por sua vez, Oliveira, Bettio Freire (2016) sugere que os aplicativos e plataformas sejam adaptados conforme a necessidade do PCD, seja com leitores de telas inteligentes que facilitam a utilização por parte das pessoas com deficiência visuais por exemplo. Para isso, recomenda a utilização das Diretrizes de Acessibilidade para Conteúdos Web (WCAG) do W3C que são fundamentações internacionais que abrangem diversas áreas da programação de conteúdo com a finalidade de tornar a Web mais acessível, conteúdo este que permite agregar a inclusão digital através da facilitação para uso por parte do público em geral, porém, com normativos que podem vir agregar muito mais aos PcDs.

Através dos artigos aderentes a esta questão de pesquisa, foram mapeadas as barreiras de acessibilidade ao conteúdo digital, sendo possível correlacionar diretamente aos princípios descritos nas diretrizes do WCAG aplicados as referidas pesquisas. Para esta questão foram levantadas as barreiras de acessibilidade, de acordo com os 78 critérios de sucesso da WCAG 2.1. A abaixo representa o quantitativo dos critérios de sucesso encontrados nos artigos analisados:

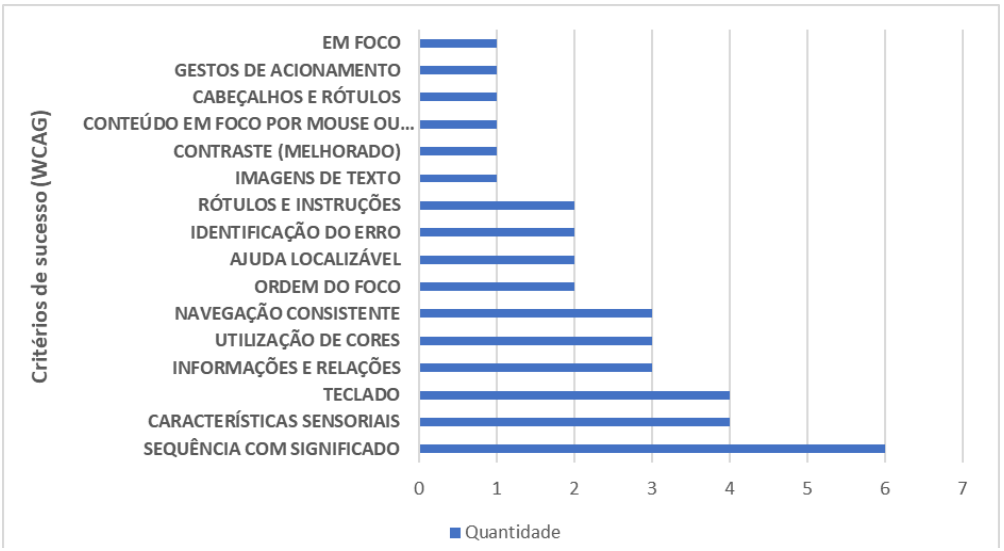


Figura 1: Avaliação de utilização dos recursos relacionados ao critério de sucesso da WCAG

critérios de sucesso: sequência com significados, características sensoriais, teclado, informações e relações, utilização de cores, navegação consistente, ordem em foco, ajuda localizável, identificação do erro, rótulos e instruções. Como se observa, as principais barreiras encontradas pelos autores desses artigos, foram em relação à falta de descrição textual, como identificado no levantamento realizado por Oliveira, Bettio, Freire (2016), onde as os portadores de deficiências visuais relataram que as imagens não tinham nenhum texto alternativo associado ou vice-versa.

Carvalho e Freire (2017), mencionam que os usuários tiveram problemas nos componentes textuais, durante a inspeção de acessibilidade, especificadamente na categoria “textos” das aplicações nativa (com uso de recursos Web). O Talkback não detectou visualmente que o componente estava em foco, o que levou a violação do critério “2.4.7 Foco Visível”, especificadamente “textos e colunas”. Diante disso, as pessoas com deficiências visuais e usuários com baixa visão tiveram dificuldade de utilizar os recursos da tecnologia assistiva, como por exemplo, o leitor de tela.

Oliveira, Bettio, Freire (2016) constatou que a maior dificuldade foi em relação aos gestos. Os autores analisaram qualitativamente essa dificuldade, onde constatou-se: a necessidade da ampliação da oferta de recursos para toques na tela, falta de recursos de reconhecimento de gestos, presença de manual adaptado, falta de recursos de vídeos para passagem de conhecimento com relação a utilização do aplicativo em dispositivos móveis.

Q3. Quais são as barreiras encontradas pelos usuários com deficiência no uso de plataformas digitais nos estudos realizados?

Oliveira, Bettio e Freire (2016) afirmam que as tecnologias assistivas têm o potencial significativo que contribui para auxiliar nas atividades diárias das pessoas com deficiências e, se estas utilizarem dispositivos e recursos adaptados podem facilitar o desempenho das tarefas, bem como controlar eletrodomésticos, ligar as luzes de suas casas com independência. Para o desenvolvimento de uma interface acessível, é necessário que as imagens tenham um texto alternativo, porém, muitos deles não possuem textos alternativos associado, dificultando a leitura dos usuários que tem deficiência visual (CARVALHO et al, 2016).

Carvalho e Freire (2017) recomendam que para o desenvolvimento de aplicativos é necessário considerar a forma de como os usuários interagem com eles. Porém, se não forem acessíveis e possuir recursos da tecnologia assistiva, não vão ajudar os usuários e estes irão encontrar problemas em relação a compatibilidade, desempenho e usabilidade. Por isso, é necessário tomar decisões relativo ao design na construção de aplicativos e abordagem para implementação dos componentes de interface com implicações importantes para a acessibilidade.

Para construir uma interface mais eficiente e acessível é recomendável utilizar a *Web Accessibility Initiative (WAI)* que faz parte do *Word Wide Web (W3C),* no qual possui estratégias, diretrizes, procedimentos e recursos associados á acessibilidade de forma geral, apesar de algumas diretrizes da W3C não serem aplicadas para dispositivos móveis.

Oliveira et al (2019), diz que para a construção de uma interface acessível é necessário que ela ofereça recursos de acessibilidade para que qualquer pessoa possa utilizar sem nenhuma dificuldade. Para isto, é necessário que os desenvolvedores utilizem os princípios, critérios e diretrizes de acessibilidade da WCAG (diretriz internacional de Acessibilidade para Conteúdos Web) afim de sugerir como deve construir uma interface acessível, como por exemplo, interfaces que utilizam gestos faciais, tais como movimentos faciais, dos olhos e também relacionados a controle do cérebro bem como, equipamento de navegação para auxiliar na detecção de obstáculos de usuários com algum tipo de paralisia. Tratando-se do Brasil, recomenda-se a compreensão do Modelo de Acessibilidade (eMAG) que recomenda um conjunto de ação com o objetivo de apoiar acessibilidade em ambientes digitais do governo.

Carvalho e Freire (2017) recomendam que para o desenvolvimento de aplicativos é necessário considerar a forma de como os usuários interagem com eles. Porém, se não forem acessíveis e possuir recursos da tecnologia assistiva, não vão ajudar os

usuários e estes irão encontrar problemas em relação a compatibilidade, desempenho e usabilidade. Por isso, é necessário tomar decisões relativo ao design na construção de aplicativos e abordagem para implementação dos componentes de interface com implicações importantes para a acessibilidade.

Oliveira et al (2019), diz que para a construção de uma interface acessível é necessário que ela ofereça recursos de acessibilidade para que qualquer pessoa possa utilizar sem nenhuma dificuldade.

O trabalho mPASS+WhenMyBus sugere uma combinação de sensores, dados abertos e usuários colaboradores para suportar uma plataforma voltada para uso de pessoas com deficiências em uma cidade inteligente, utilizando-se de locais e rotas comuns ao cotidiano a sociedade de modo geral.

O projeto SHWPWD e o sistema MNDWSN baseiam-se na utilização de sensores sem fios, smartphones e tecnologias assistivas em ambiente controlado, facilitando a comunicação e ações dos PcDs em ambientes internos.

Ao analisar a questão de usabilidade/UX em face a acessibilidade, foi feito um levantamento dos métodos de design, onde critérios de interação e avaliação de usabilidade e Experiência do Usuário são consideradas em alguns dos artigos selecionados conforme mostra a tabela 2 abaixo:

Tabela 2 - Metodologia de UX utilizada nos artigos selecionados.

Artigos	Método/Técnicas
Oliveira et al (2019)	Extração de requisitos mediante avaliações de um app.
Silva, Ferreira e Sacramento (2018)	Método de investigação no contexto de uso.
Carvalho e Freire (2017)	Realizados inspeções de aderência mediante a comparação dos critérios de sucesso contidos nas aplicações utilizando como base o WCAG 2.1.
Casadei, Granollers, Zaina (2017)	Etnografia Digital
Oliveira, Bettio e Freire (2016)	Revisão das diretrizes e testes funcionais.
Silva, Ferreira e Ramos (2016)	Estudo de caso com base a pesquisa e exploratória.

Na totalidade das pesquisas, a metodologia utilizada iniciou com amostras de aplicativos utilizando fontes seguras e conhecidas. Para tal, normas, princípios, diretrizes de acessibilidade e critérios da WCAG serviram como base durante os testes funcionais.

Em destaque, o trabalho de Oliveira et al (2019), seguiu-se as etapas de avaliação do aplicativo, implementação, avaliação, protocolo, análise de dados e divulgação do aplicativo. Oliveira et al (2016) se basearam nos principais requisitos extraídos (acessibilidade aos cegos, à baixa visão, visão monocular e resiliência ao daltonismo) da primeira versão do aplicativo, sendo feito a implementação (desenvolvido em Java por

meio do Android Studio para versões de Android superior a 4.0, realizando síntese e reconhecimento de voz - API Android e API Airy para análise e reconhecimento de gestos), pesquisa avaliativa (análises de questionários respondidos pelas pessoas com deficiências visuais, bem como os dados de áudio e vídeo, retirando os mais significativos); Ressalta-se as funcionalidades do Quimivox Mobile 2.0 que permite ao usuário a busca de informações, recebendo retornos sonoros, quando comandado por gesto e voz, sendo o diferencial deste aplicativo a possibilidade de atualização ou preenchimento de dados internos do sistema através dos comandos de voz.

Por fim, no presente estudo, buscou-se apresentar os principais conceitos relacionados a revisão sistemática de literatura com foco no objeto de estudo, observou-se que a maioria das pesquisas focam no atendimento ao público com deficiências visuais e entende-se ainda que exista a complexidade no desenvolvimento de plataformas que atendam todos os tipos de PcD e que possuam integração com outros ambientes para dar suporte aos usuários.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo apresenta uma abordagem a respeito dos tópicos referentes a este trabalho, mostrando o que há de pesquisas em cada assunto tratado.

3.1 Engenharia de Sistemas

A Engenharia de Sistemas é uma disciplina interdisciplinar que evoluiu ao longo do século XX, impulsionada pela crescente complexidade dos sistemas tecnológicos e organizacionais. Seu surgimento pode ser rastreado até as décadas de 1940 e 1950, quando as abordagens convencionais para o desenvolvimento de sistemas mostraram-se inadequadas para lidar com projetos cada vez mais complexos. Nesse contexto, engenheiros perceberam a necessidade de uma abordagem mais holística e integrada.

Durante os primeiros anos, a Engenharia de Sistemas estava intrinsecamente ligada à engenharia de defesa e aeroespacial, onde a coordenação eficiente de sistemas complexos era vital. Um marco importante foi a criação do "Relatório de Rand" em 1957, que destacou a necessidade de uma abordagem de sistemas para resolver desafios crescentes. Na década de 1960, a Engenharia de Sistemas começou a se consolidar como uma disciplina distinta. O "Apollo Systems *Engineering Case Study*," baseado no programa espacial Apollo, demonstrou a aplicação bem-sucedida de princípios de

Engenharia de Sistemas na conquista da Lua. Essa realização destacou a importância de uma abordagem integrada desde a concepção até a operação.

Ao longo das décadas seguintes, a Engenharia de Sistemas expandiu-se para diversas indústrias, incluindo automotiva, telecomunicações, saúde e tecnologia da informação. Os avanços na computação e na modelagem de sistemas permitiram uma análise mais sofisticada, levando a melhorias no design e na gestão de sistemas complexos.

Os conceitos fundamentais da Engenharia de Sistemas incluem a definição clara de requisitos, a criação de arquiteturas eficientes, a modelagem para representar abstrações complexas, a gestão de riscos e a ênfase na integração contínua. A abordagem de ciclo de vida do sistema, que engloba desde a concepção até a desativação, tornou-se essencial para garantir o desenvolvimento e a operação bem-sucedidos dos sistemas. A Engenharia de Sistemas também abraça a ideia de que os sistemas não são apenas compostos por hardware e software, mas também por pessoas, processos e dados. A interação dinâmica entre esses elementos exige uma coordenação cuidadosa para otimizar o desempenho e atender aos objetivos organizacionais.

Atualmente, organizações como o *International Council on Systems Engineering (INCOSE)* desempenham um papel crucial na definição de padrões e diretrizes para a prática da Engenharia de Sistemas em escala global. Esses padrões ajudam a promover a consistência e a qualidade nos processos de desenvolvimento de sistemas.

Em resumo, a história da Engenharia de Sistemas é marcada por uma evolução contínua para enfrentar os desafios crescentes da complexidade sistêmica. Seus conceitos essenciais proporcionam uma abordagem estruturada para o design, desenvolvimento e operação eficazes de sistemas complexos em diversas indústrias, moldando o modo como enfrentamos os desafios tecnológicos contemporâneos.

3.2 Projetos de Sistemas

Os Projetos de Sistemas desempenham um papel fundamental na evolução e na inovação tecnológica ao longo da história. A necessidade de desenvolver e implementar sistemas complexos de forma organizada remonta aos primórdios da computação e engenharia. No entanto, o conceito formal de gerenciamento de projetos de sistemas começou a ganhar destaque no século XX.

Durante a Segunda Guerra Mundial, o desenvolvimento de sistemas complexos, como os computadores utilizados para decifrar códigos, destacou a importância de uma abordagem estruturada. Os projetos foram executados sob condições de alta pressão, impulsionando a necessidade de metodologias que permitissem um gerenciamento eficiente do tempo e dos recursos.

O paradigma de projetos de sistemas ganhou ainda mais destaque na década de 1950, com o desenvolvimento de grandes sistemas de computadores para aplicações científicas e militares. Nesse contexto, o gerenciamento de projetos passou a ser reconhecido como uma disciplina essencial para evitar atrasos e orçamentos excedidos.

A década de 1960 testemunhou o surgimento de abordagens formais de gerenciamento de projetos, como o Método de Avaliação e Revisão de Técnicas (PERT) e a Técnica de Revisão e Avaliação de Programas (CPM). Essas metodologias forneceram ferramentas para a análise de tempo e recursos, sendo amplamente adotadas em projetos complexos.

Com o advento da computação pessoal nas décadas de 1970 e 1980, a gestão de projetos de sistemas expandiu-se para incluir uma variedade de setores, desde o desenvolvimento de software até a implementação de infraestrutura de tecnologia da informação. A abordagem de ciclo de vida do projeto tornou-se uma diretriz, dividindo o processo em fases distintas, desde a concepção até a entrega e manutenção.

Os conceitos fundamentais em projetos de sistemas incluem a definição clara de escopo, a alocação eficiente de recursos, o gerenciamento de riscos, a comunicação eficaz e a adaptação a mudanças.

Ferramentas de gerenciamento de projetos, como o Gantt, software de colaboração online e técnicas de análise preditiva, oferecem suporte às equipes de projeto na implementação eficaz. Organizações também adotam certificações, como o *Project Management Professional (PMP),* para garantir padrões elevados de prática de gerenciamento de projetos.

A gestão eficiente de projetos requer a seleção criteriosa da metodologia mais adequada para garantir sucesso na execução. Metodologias para gerenciamento de projetos são conjuntos estruturados de práticas e processos que orientam a execução eficaz de projetos, dentre as mais amplamente adotadas encontram-se os modelos em cascatas e ágil.

Este trabalho utilizou-se da metodologia ágil, que ganhou popularidade nas últimas décadas, destaca a importância da flexibilidade e da colaboração contínua. A

Metodologia Ágil, originada no Manifesto Ágil em 2001, revolucionou a forma como projetos são conduzidos. Surgindo como uma resposta aos métodos tradicionais de desenvolvimento de software, os conceitos ágeis promovem colaboração, adaptação a mudanças, entrega incremental e interação constante com os stakeholders. Essa abordagem ágil prioriza a satisfação do cliente, valorizando indivíduos e interações sobre processos e ferramentas. A sua rápida adoção extrapolou o desenvolvimento de software, expandindo-se para diversas áreas, destacando-se por sua capacidade de lidar eficazmente com a volatilidade e complexidade dos ambientes de projeto contemporâneos.

Em suma, a história dos projetos de sistemas é uma narrativa de adaptação e aprimoramento contínuo em resposta às crescentes demandas da tecnologia e do mercado. Os conceitos fundamentais, desde a gestão de tempo até a flexibilidade diante de mudanças, moldaram a forma como concebemos, desenvolvemos e implementamos projetos de sistemas em um mundo cada vez mais complexo e dinâmico.

3.3 Flutter e o Dart

O Flutter é um framework de desenvolvimento de interface de usuário (*UI*) criado pelo Google, lançado inicialmente em maio de 2017. Ele foi projetado para permitir o desenvolvimento eficiente e rápido de aplicativos nativos para várias plataformas, incluindo iOS, Android e web, a partir de um único código-base.

A história do Flutter remonta ao projeto interno do Google chamado "*Sky*". Durante o desenvolvimento do Fuchsia, um sistema operacional experimental, os engenheiros do Google perceberam a necessidade de uma estrutura de desenvolvimento que pudesse criar interfaces de usuário fluidas e consistentes em várias plataformas. Essa necessidade deu origem ao Flutter.

Principais marcos na história do Flutter:

- **Lançamento Alfa (2017):** O Flutter foi inicialmente lançado como um alpha em maio de 2017, e desde então passou por várias iterações de desenvolvimento.
- **Lançamento Beta (2018):** Em fevereiro de 2018, o Flutter atingiu a fase beta, sinalizando uma maior estabilidade e maturidade do framework.

- **Estabilidade (2019):** O Flutter 1.0 foi lançado em dezembro de 2018, marcando a estabilidade do framework e seu compromisso com a compatibilidade de versões futuras.
- **Expansão para Web (2020):** Em 2020, o Flutter expandiu suas capacidades para o desenvolvimento web, permitindo que os desenvolvedores usem o mesmo código para criar aplicativos tanto para dispositivos móveis quanto para navegadores.
- **Lançamento do Null Safety (2021):** Em 2021, o Flutter 2.0 foi lançado com a introdução do *null safety*, uma melhoria significativa na segurança e robustez do código Flutter.

A importância do Flutter reside em vários aspectos:

I. **Desenvolvimento Eficiente:** O Flutter permite que os desenvolvedores criem aplicativos nativos com uma única base de código, o que reduz significativamente o tempo e os esforços necessários para desenvolver e manter aplicativos para diferentes plataformas.
II. **UI Rica e Consistente:** A arquitetura do Flutter facilita a criação de interfaces de usuário atraentes e consistentes em todas as plataformas suportadas, proporcionando uma experiência de usuário coesa.
III. **Comunidade Ativa:** O Flutter ganhou uma comunidade de desenvolvedores ativa e crescente, contribuindo para bibliotecas e plugins que ampliam a funcionalidade do framework.
IV. **Suporte Corporativo:** Como um projeto do Google, o Flutter recebe suporte corporativo e contínuo desenvolvimento, garantindo sua relevância e atualização constante.

No geral, o Flutter desempenha um papel significativo no desenvolvimento de aplicativos multiplataforma modernos, oferecendo uma solução eficaz para desenvolvedores que buscam uma abordagem unificada para criar aplicativos para diferentes sistemas operacionais.

A linguagem de programação utilizada no Flutter é o Dart. O Dart é uma linguagem de programação moderna, orientada a objetos e de tipagem estática, projetada para ser eficiente no desenvolvimento de aplicativos para web, servidor e dispositivos móveis.

Uma característica distintiva do Dart é o conceito de "compilação *just-in-time*" (*JIT*), o que significa que parte do código pode ser compilada durante a execução do programa, proporcionando melhor desempenho e agilidade no desenvolvimento. Além disso, o Dart suporta compilação *AOT* (*Ahead-Of-Time*), que permite a geração de código nativo, otimizando ainda mais o desempenho dos aplicativos Flutter.

No contexto do Flutter, o Dart é utilizado para definir a estrutura da interface do usuário por meio de widgets, que são os blocos de construção fundamentais para a criação de interfaces visuais. A linguagem oferece recursos como *hot reload*, permitindo aos desenvolvedores visualizar instantaneamente as alterações feitas no código, facilitando a iteração rápida no processo de desenvolvimento.

Além disso, o Dart possui uma sintaxe limpa e fácil de aprender, tornando-o acessível para desenvolvedores de diversas experiências. A integração entre o Dart e o Flutter cria um ambiente coeso e eficiente para a criação de aplicativos móveis multiplataforma, proporcionando uma experiência de desenvolvimento consistente e produtiva.

3.4 Firebase

O Firebase teve origem em 2011, quando foi fundado como uma startup independente por Andrew Lee e James Tamplin. Inicialmente, o Firebase era uma plataforma focada no desenvolvimento de aplicativos móveis, oferecendo serviços de *backend* como serviço (*BaaS*). O objetivo era facilitar o desenvolvimento, permitindo que os desenvolvedores se concentrassem na lógica do aplicativo, enquanto o Firebase lidava com a infraestrutura de *backend.*

O Firebase chamou a atenção da comunidade de desenvolvedores devido à sua facilidade de uso e à capacidade de fornecer recursos em tempo real. Em 2014, a startup foi adquirida pela Google, o que trouxe mais recursos e integração com outros produtos e serviços da Google Cloud.

A aquisição pela Google expandiu significativamente as capacidades do Firebase, transformando-o em uma plataforma completa para desenvolvimento móvel e web. Ao longo dos anos, o Firebase continuou a evoluir, adicionando mais serviços, melhorias de desempenho e integrações mais profundas com a infraestrutura da Google Cloud. Sua popularidade cresceu, tornando-se uma escolha comum para desenvolvedores que procuram uma solução abrangente e fácil de usar para criar aplicativos escaláveis e eficientes.

Sua variedade de serviços e ferramentas servem para facilitar o desenvolvimento de aplicativos, permitindo que os desenvolvedores foquem mais na lógica de seus aplicativos e menos na infraestrutura.

Principais recursos do Firebase incluem:

I. **Banco de Dados em Tempo Real (*Realtime Database*):** Um banco de dados NoSQL em tempo real que permite sincronizar dados em tempo real entre usuários em diferentes dispositivos.

II. **Autenticação:** Oferece serviços de autenticação para permitir que os usuários se identifiquem com e-mails, senhas, autenticação social (como login com o Google ou Facebook) e outros métodos.

III. **Hospedagem (*Hosting*):** Permite hospedar e implantar aplicativos da web de maneira rápida e fácil.

IV. ***Cloud Firestore*:** Um banco de dados NoSQL mais recente e escalável que oferece mais recursos e flexibilidade do que o Realtime Database.

V. **Armazenamento em Nuvem (*Cloud Storage*):** Um serviço para armazenar e recuperar arquivos, como imagens ou vídeos, diretamente da infraestrutura da Google Cloud.

VI. **Funções na Nuvem (*Cloud Functions*):** Permite a execução de código em resposta a eventos no seu aplicativo, como alterações no banco de dados ou uploads de arquivos.

VII. **Mensagens e Notificações (*Cloud Messaging*):** Oferece serviços de mensagens em tempo real e notificações para dispositivos móveis.

VIII. ***Analytics*:** Fornecer informações sobre como os usuários interagem com o aplicativo, incluindo dados sobre eventos, retenção e conversão.

IX. **Teste A/B:** Possibilita a realização de experimentos A/B para testar diferentes variantes do seu aplicativo e entender como elas impactam os usuários.

O Firebase é conhecido por sua facilidade de uso, escalabilidade e integração direta com outros serviços da Google Cloud. Essa plataforma é frequentemente escolhida por desenvolvedores para agilizar o processo de desenvolvimento e melhorar a eficiência na criação de aplicativos móveis e web.

3.5 Sistema Operacional Android

A história do sistema operacional Android remonta à sua fundação em outubro de 2003, por Andy Rubin, Rich Miner, Nick Sears e Chris White. A Android Inc., como era chamada, inicialmente desenvolveu um sistema operacional para câmeras digitais, mas percebeu o potencial no mercado de dispositivos móveis. Em 2005, a Google adquiriu a Android Inc., dando início a uma das histórias mais impactantes no mundo da tecnologia.

Principais marcos na história do Android:

- **Lançamento da Versão Beta (2007):** A primeira versão beta do Android foi lançada em novembro de 2007. Pouco depois, em setembro de 2008, o primeiro dispositivo Android, o HTC Dream (também conhecido como T-Mobile G1 nos EUA), foi lançado.
- **Código Aberto (2008):** O Android foi lançado como um sistema operacional de código aberto, permitindo que fabricantes de dispositivos e desenvolvedores contribuíssem e personalizassem o sistema conforme suas necessidades.
- **Expansão Rápida (2009-2010):** O sistema operacional Android experimentou uma rápida expansão com o lançamento de dispositivos de vários fabricantes. A versão 2.0 (Eclair) e 2.2 (FroYo) introduziram melhorias significativas.
- **Domínio do Mercado (2011-2012):** O Android alcançou uma posição dominante no mercado de smartphones, superando o iOS da Apple em termos de participação de mercado global.
- **Versões Atualizadas (2013-2020):** O Android continuou a evoluir com o lançamento de várias versões, cada uma trazendo novos recursos, melhorias de desempenho e segurança.
- **Versões Nativas para Tablets, TV e Wearables:** O Android expandiu-se para além de smartphones, oferecendo versões nativas para tablets (Android Honeycomb), TV (Android TV) e dispositivos wearables (Android Wear).
- **Material Design (2014):** A introdução do Material Design em 2014 trouxe uma linguagem de design coesa para o Android, proporcionando uma experiência visual consistente em todos os dispositivos.

- **Android Oreo (2017) e Android Pie (2018):** Essas versões trouxeram melhorias na eficiência energética, segurança e usabilidade do sistema operacional.
- **Lançamento do Android 10 e 11 (2019-2020):** Estas versões focaram em privacidade, controle de permissões e maior integração com dispositivos IoT (Internet of Things).

A importância do Android é incontestável no cenário tecnológico:

I. **Domínio do Mercado:** O Android tornou-se o sistema operacional mais amplamente utilizado em smartphones, abrangendo uma ampla variedade de dispositivos de diferentes fabricantes.
II. **Diversidade de Dispositivos:** A natureza de código aberto do Android permitiu que fabricantes personalizassem o sistema operacional, resultando em uma variedade impressionante de dispositivos para diferentes orçamentos e necessidades.
III. **Ecossistema de Aplicativos:** A Google Play Store, a loja de aplicativos do Android, oferece uma vasta gama de aplicativos, estimulando o desenvolvimento e a inovação no ecossistema.
IV. **Integração com Serviços Google:** O Android está profundamente integrado aos serviços da Google, como Gmail, Google Maps e Google Drive, proporcionando uma experiência integrada aos usuários.
V. **Desenvolvimento Comunitário:** O Android possui uma comunidade global de desenvolvedores ativos, contribuindo para a evolução contínua do sistema operacional.

O Android é uma plataforma móvel conhecida por sua diversidade e inclusividade, e possui uma variedade de recursos de acessibilidade projetados para tornar os dispositivos mais acessíveis a usuários com diferentes necessidades. Entre os principais recursos de acessibilidade no Android, destacam-se:

I. **TalkBack:** Um leitor de tela integrado que fornece feedback auditivo para usuários com deficiência visual, permitindo que naveguem pela interface do usuário através de gestos específicos.

II. **Ampliação de Tela:** Oferece a capacidade de aumentar o tamanho de fontes, ícones e outros elementos na tela para facilitar a leitura e interação para pessoas com deficiência visual.

III. **Legendas Automáticas:** Recurso que disponibiliza legendas automáticas em tempo real para vídeos, auxiliando usuários surdos ou com deficiência auditiva.

IV. **Seleção de Toque:** Facilita a interação para pessoas com mobilidade reduzida, permitindo o ajuste da sensibilidade do toque e a utilização de gestos alternativos.

V. **Síntese de Voz:** Permite aos usuários ouvirem o texto exibido na tela, sendo uma ferramenta valiosa para pessoas com deficiência visual ou dislexia.

VI. **Compatibilidade com Braille:** O Android oferece suporte nativo para dispositivos Braille, permitindo a conexão e interação direta com smartphones e tablets.

VII. **Melhorias de Contraste:** Ajustes de contraste e inversão de cores para facilitar a visualização para usuários com baixa visão ou sensibilidade à luz.

VIII. **Atalhos de Acessibilidade:** Fornece atalhos para ativar ou desativar rapidamente recursos de acessibilidade, oferecendo conveniência aos usuários.

IX. **Seleção de Texto Aprimorada:** Ferramentas que facilitam a seleção e manipulação de texto para usuários com dificuldades motoras.

X. **Alertas Vibratórios Personalizados:** Possibilidade de personalizar padrões de vibração para notificações, beneficiando usuários surdos ou com deficiência auditiva.

Esses recursos refletem o compromisso contínuo do Android em proporcionar uma experiência inclusiva, assegurando que todos os usuários, independentemente de suas habilidades, possam aproveitar plenamente os dispositivos Android. Alguns destes recursos foram fundamentais para o sucesso deste trabalho como: Talkback, seleção de toque, síntese de voz e alertas vibratórios personalizados.

Em resumo, a história do Android é marcada por uma trajetória de sucesso, desde suas origens modestas até se tornar um dos sistemas operacionais mais

influentes e ubíquos do mundo, alimentando bilhões de dispositivos móveis em todo o planeta.

3.6 Solução Rybená

Em 2003, o Grupo de Usuários Java do Distrito Federal (DFJUG) e do Instituto CTS colaboraram para desenvolver a solução Rybená. O primeiro projeto pretendia fornecer LIBRAS em dispositivos celulares para facilitar a comunicação entre surdos e ouvintes. A solução foi aprimorada com o tempo, e agora os textos são transformados do português para LIBRAS e Voz. Isso permite acesso a conteúdo online para surdos, pessoas com deficiências intelectuais, analfabetos funcionais, idosos, disléxicos e outras pessoas que enfrentam dificuldades na leitura e compreensão de textos. Assim, a solução Rybená cumpre um papel legal e social ao desenvolver e implementar tecnologia assistiva.

Ao longo da nossa trajetória, a Rybená passou por diversas melhorias e atualizações. Nosso primeiro avatar foi o Rybeninho, criado através de desenhos feitos a mão. Nos anos seguintes, foi lançada a primeira versão do Rybená para Web, o *Player* Rybená, que fazia a tradução de textos apresentados em sites para a Língua Brasileira de Sinais. Foi lançada também uma versão totalmente reconstruída, com tecnologia mais moderna e maior inteligência nas traduções.

Uma nova versão do Rybená foi lançada em 2017. O usuário agora pode ver melhor o avatar, rotacionar o personagem em 360 graus, permitindo a observação da sinalização de outros ângulos, mudar a roupa de acordo com as solicitações do cliente e abrir o aplicativo mais rapidamente, tudo isso melhorando experiência do usuário final.

Em 2022 foram realizadas diversas evoluções, foi criado o módulo de acessibilidade com foco em recursos de leitura, permitindo que disléxicos, pessoas com problema de foco, daltônicos e com dificuldade visual possam navegar e entender o site com maior facilidade, o avatar foi recriado para ter mais características humanas facilitando a compreensão e assertividade dos sinais, foi disponibilizado a possibilidade de ter seu próprio avatar na solução e foi implementado a sintetização de texto em voz em outros idiomas.

No presente trabalho, em parceria com a empresa Rybená, realizamos a integração pela primeira vez do avatar tradutor de libras para dentro de um aplicativo de celular utilizando o recurso Webview que é nativo do S.O com o intuito de ter a disponibilidade deste recurso de libras para tradução em páginas dinâmicas, como por

exemplo o de notícias. Para a tradução das páginas estáticas, utilizou-se a gravação de intérpretes humanos do NAU, desta forma personalizando e diminuindo as falhas na comunicação junto público-alvo.

Importante ressaltar que a solução foi utilizada em caráter de testes para validar a proposta deste projeto, para fins de utilização em tempo de produção, faz-se necessário a negociação a nível comercial para aquisição dos direitos de uso do *bot* tradutor.

5. ARQUITETURA DO SISTEMA

Este capítulo descreve a arquitetura para o protótipo funcional do sistema, que compreende o AppNAU (Aplicativo do Núcleo de Acessibilidade da UEMA) e o *WS*PcD (Web Service – Pessoa com Deficiência). A seção 5.1 apresenta uma visão geral sobre o protótipo e seus principais conceitos. A seção 5.2 apresente requisitos e casos de uso. A descrição da arquitetura também aborda o servidor e banco de dados, onde a descrição conceitual foi anteriormente referenciado.

5.1 Visão geral do modelo

Nas cidades inteligentes existe infraestrutura capaz de suportar acessibilidade ubíqua em regiões geograficamente definidas, tais como centros urbanos e regiões metropolitanas, já que nestes locais há acesso á internet e a possibilidade de instalar até redes de sensores (Komninos; Tsarchopulos; Kakderi, 2014). Referenciando-se conceitualmente o tema acessibilidade os fatores considerados por este protótipo, incluem acessibilidade urbana e acessibilidade digital para a realização de tarefas do cotidiano e oferta de informações sobre recursos relevantes dentro da cidade universitária. A figura 1 apresenta uma visão geral do protótipo, onde são apresentados os elementos que fazem parte do AppNAU, tais como usuários, locais, recursos e integrações ao *WS*PcD e serviços externos.

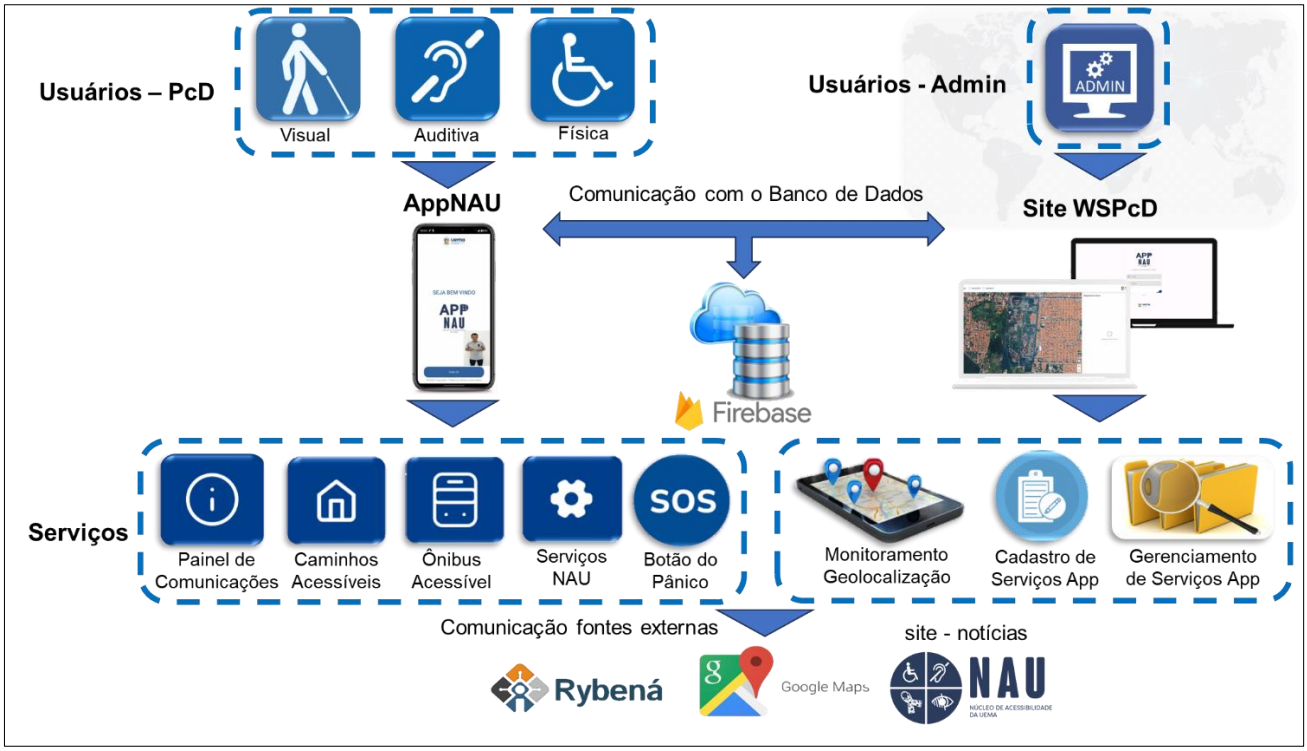


Figura 1 - Visão Geral do protótipo do sistema

Fonte: Elaborado pelo Autor

Na visão geral do protótipo do sistema, os usuários PcDs do aplicativo AppNAU são apresentados na parte superior da figura, podendo ser alunos, empregados da universidade ou visitantes que utilizam as dependências da cidade universitária. Nesta primeira versão foram considerados usuários com os tipos de deficiência visual, auditiva ou física, onde o aplicativo é adaptativo e aciona APIs de acordo ao tipo de PcD logado, por exemplo, caso o usuário seja um deficiente auditivo a API do Android Webview aciona a solução para gerar vídeo de boas-vindas do intérprete do NAU ou aciona a API do *bot* tradutor de libras da solução Rybená. Outro exemplo é quando um deficiente visual esta logado, a API de leitura de tela é acionada.

Quanto a região de abrangência, o AppNAU se destina a atender somente a região do perímetro da cidade universitária da UEMA em São Luís. Porém, importante ressaltar que para um estudo futuro, é possível ampliar o modelo para outras regionais.

A solução oferta serviços que visam facilitar a mobilidade urbana, além das informações sobre os usuários o protótipo necessita de informações sobre recursos e locais. Sendo os recursos elementos físicos disponíveis dentro da cidade universitária, tais como veículos de transporte público, ou qualquer outro objeto que possa ser utilizado e representando dentro do aplicativo para fins de acessibilidade. Os ambientes podem ser espaços públicos como prédios, ruas, paradas de ônibus, lojas, etc. Tais elementos

são indicados na Figura 1, na parte de serviços, onde encontram-se as ofertas de caminhos e ônibus acessíveis.

A solução também oferta acessibilidade digital, na Figura 1, na parte de serviços, encontram-se o Painel de Comunicação NAU que é possível vincular notícias a sites externos e utilizar recursos adaptativos para facilitar o acesso as informações da universidade ou do núcleo de acessibilidade. E a opção de Serviços NAU, que é possível vincular o aplicativo a serviços ofertados pela universidade, a exemplo o principal serviço ofertado pelo NAU a comunidade, o de intérprete de libras.

Por último, o Botão do Pânico, que funciona como recurso de emergências integrados ao ambiente de monitoramento do WSPcD, sendo este importante recurso para suporte do núcleo de acessibilidade e agentes de segurança da universidade estadual.

Na figura 1, apresentamos o site WSPcD, ao acesso é realizado via navegador web para usuários administradores, este oferta os serviços de monitoramento em tempo real dos aplicativos logados que estão dentro do perímetro da cidade universitária, por meio desta geolocalização advinda da integração com o google *maps* é possível receber o acionamento advindo do botão do pânico e ter em tempo real a localização exata do solicitante com alarme sonoro para alerta a sala de monitoramento do NAU. É possível ainda cadastrar e gerenciar usuários, rotas acessíveis, agenda rotograma dos ônibus, solicitações de intérpretes, etc, tudo isso vinculado ao aplicativo AppNAU com a utilização de bancos de dados compartilhado, o firebase e google *maps*.

As atualizações dos ambientes são feitos através da plataforma de desenvolvimento do flutter, por meio de importação de dados que são inseridas diretamente no ambiente do firebase. Também é possível que sistemas externos utilizem informações do AppNAU, por meio de chamadas ao banco de dados integrado.

5.2 Representação Arquitetural

"A arquitetura de software de um programa ou sistema computacional é a estrutura ou estruturas do sistema, que abrange os componentes de software, as propriedades externamente visíveis desses componentes e as relações entre eles" (PRESSMAN, 2015, p.230). Ainda segundo PRESSMAN (2015), existem vários estilos de arquitetura. Algumas delas são: arquitetura centralizada em dados; arquitetura de fluxo de dados; arquitetura de chamada e retorno; arquitetura orientada a objetos; arquitetura em camadas e arquitetura *MVVM*.

O protótipo de sistema foi desenvolvido seguindo um padrão de arquitetura de três camadas (Apresentação, Negócio e Dados) com o *MVVM (Model, View, ViewModel*), o *MVVM* é um padrão de arquitetura de software que desacopla a interface do usuário do código em *backend.* Com *MVVM* é possível definir a interface do usuário e usar a marcações para associação de dados e vincula-la a outras camadas com comandos, fornecendo uma estrutura de acoplamento flexível mantendo todo o ambiente sincronizado e organizados permitindo a facilidade para manutenção dos códigos em blocos individuais.

Seguindo as seguintes regras, o fluxo de interação desta solução, funciona com a camada de apresentação é a camada que disponibiliza todas as interfaces do AppNAU para o usuário, esta camada está relacionada diretamente com a camada *View,* o *ViewModel é* onde o usuário tem as resposta da camada de negócio, que tem a finalidade de fazer o *controller* das regras de negócio do sistema essa camada contém os *controllers* da aplicação, esses *controllers* são o que fazem o repasse das regras de negócio solicitada para a camada de implementação que estão relacionada com o *Model*, que é responsável em manter a persistência com o banco de dados. A representação arquitetural pode ser vista na figura 2 abaixo:

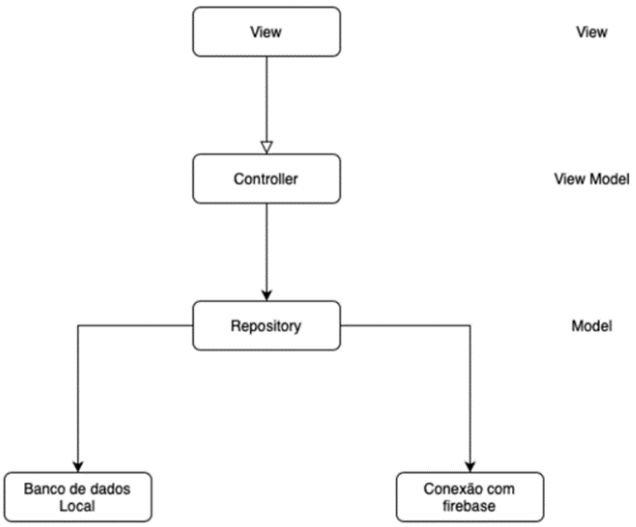


Figura 2 - Representação Arquitetural

Fonte: Elaborado pelo Autor

- ***Model*:** Representa os dados e a lógica de negócios da aplicação, lidando com a manipulação e persistência dos dados. Este pacote que recebe as informações e requisições do pacote *controller* e os atribui às respectivas classes do pacote *bean* e do pacote *persistence*, utilizando de seus modelos.

Sendo responsável por se comunicar com o banco de dados local, banco de dados remoto e com APIs externas.

- ***View*:** representa os componentes visuais da aplicação. Este componente que contém as visões do projeto, ou seja, as interfaces, botões, formulários e etc.
- ***ViewModel*:** Gerencia (*controller*) a parte lógica da aplicação, é onde é definido as funcionalidades das telas e botões da aplicação e devolve para a camada de *view*.

A arquitetura MVVM auxilia os desenvolvedores a construir aplicações separando seus principais componentes, a manipulação e armazenamento dos dados, as funções que irão trabalhar com as entradas dos dados e a visualização do usuário. A arquitetura MVVM especifica onde cada tipo de lógica deve estar localizada na aplicação (Santos et al., 2010).

5.3 Visão Geral de Caso de Uso e Requisitos

Atores em um sistema são os diversos tipos de usuários, não limitando-se as pessoas, contempla também outras aplicações, dispositivos e eventos externos (LEE, TEPFENHART, 2000). No AppNau além dos usuários, existem importantes integrações com outros serviços e diferentes ambientes para os acessos conforme descrito na visão geral do protótipo. Os usuários, são classificadas em três tipos, usuários finais que pode ser qualquer PcD, coordenação NAU que atua como um administrador de baixo nível para gerenciar o aplicativo e o WSPcD e administradores que são responsáveis pela manutenção do WSPcD, manutenção do aplicativo AppNAU e do banco de dados Firebase.

Na figura 3 abaixo, faz uma referência de todos os casos de uso que o sistema/aplicativo atende:

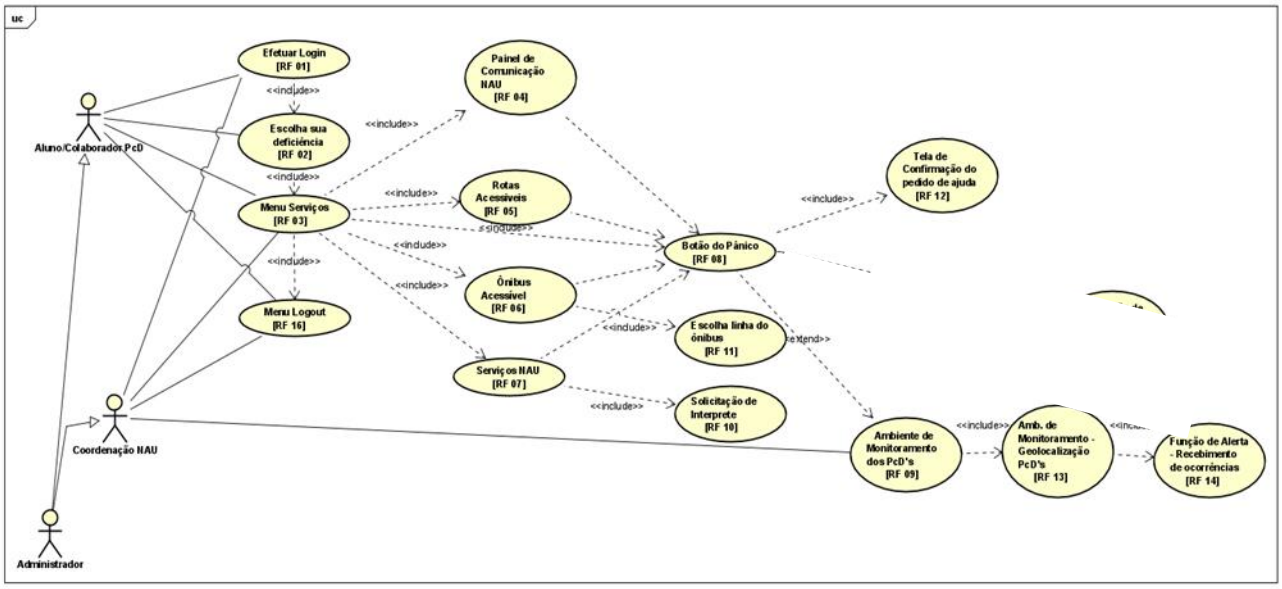


Figura 3 - Visão Geral de Caso de Uso

Fonte: Elaborado pelo Autor

5.3.1 Requisitos Funcionais

Para atender as especificações do sistema AppNAU são definidos os seguintes requisitos conforme tabela 3:

Tabela 3 - Tabela com Requisitos Funcionais

RF	REQUISITO	MÓDULO/TELA	RECURSO	FUNÇÃO	PRIORIDADE
RF 01	Efetuar Autenticação - Login	01	-	-	Essencial
RF 02	"Escolha" sua deficiência	02	-	-	Essencial
RF 03	Menu Serviços	03	-	-	Essencial
RF 04	Painel de Comunicação NAU	04	3.1	-	Desejável
RF 05	Rotas Acessíveis – Geolocalização entre Prédios	05	3.2	-	Essencial
RF 06	Ônibus Acessível	06	3.3	-	Importante
RF 07	Serviços NAU	07	3.4	-	Importante
RF 08	Botão do Pânico	08	3.5 – 4.2 – 5.2 – 6.2 – 7.2 – 10.2 – 11.2	-	Essencial
RF 09	Ambiente de Monitoramento dos PcDs	09	-	-	Essencial
RF 10	Serviços NAU – Solicitação de Intérprete	10	-	3.4.1	Desejável
RF 11	Ônibus Acessível – Escolha a Linha de Ônibus	12	6.1		Desejável
RF 12	Botão do Pânico – Tela de confirmação de pedido de ajuda	13	8.1	-	Essencial
RF 13	Ambiente de Monitoramento dos PcDs – Geolocalização	14	9.1	-	Essencial
RF 14	Função de Alerta – Recebimento de ocorrências – Botão do Pânico	-	14.1	14.1.1	Essencial
RF 15	Menu Logout	15	-	-	Essencial
RF 16	Permitir a integração com ambientes externos	-	-	-	Essencial

RF 17	Permitir a integração com ambientes externos	-	-	-	Essencial
RF 18	Permitir o acesso ao sistema web via computadores e dispositivos móveis	-	-	-	Essencial
RF 19	Utilizar computação em nuvem para expansão da infraestrutura de sustentação.	-	-	-	Essencial
RF 20	Permitir o upload de dados no sistema de forma manual e automática	-	-	-	Essencial

- **Módulo/Tela** – Tela onde os recursos estarão disponíveis.
- **Recurso** – Serviço ou botão onde serão executadas as funções ou serviços.
- **Função** – Rotina ou serviço a ser apresentado ou executado.

Prioridades dos Requisitos:

- **Essencial –** é o requisito sem o qual o sistema não entra em funcionamento. Requisitos essenciais são requisitos imprescindíveis, que devem ser implementados impreterivelmente.
- **Importante –** é o requisito sem o qual o sistema entra em funcionamento, mas de forma não satisfatória. Requisitos importantes devem ser implementados, porém, se não forem, o sistema poderá ser implementado e utilizado mesmo assim.
- **Desejável –** é o requisito que não compromete as funcionalidades básicas do sistema, isto é, o sistema pode funcionar de forma satisfatória sem ele. Requisitos desejáveis são requisitos que podem ser deixados para versões posteriores do sistema, caso não haja tempo hábil para implementá-los na versão que está sendo especificada.

Onde as descrições detalhadas dos requisitos de módulos/telas são apresentadas conforme tabelas abaixo:

Tabela 4 - Tabela com detalhamento do requisito 01

RF 01	**EFETUAR LOGIN**
Descrição:	O sistema deve permitir que o usuário efetue login.
Atores:	Administrador – Coordenação – Aluno/Colaborador PcD
Prioridade:	Essencial.
Entradas e pré-condições:	1. Login e senha em uso pelo android ou outros mecanismos de autenticação existentes no celular.
Saídas e pós-condições:	O sistema autêntica o usuário durante a sessão.
FLUXOS DE EVENTOS	

Fluxo principal:	1. O aplicativo identifica os recursos disponíveis para autenticação (ex: gmail) e solicita a confirmação para utilização deste login e senha. 2. O sistema verifica os dados do usuário e armazena-os durante a sessão.
Fluxo secundário 1:	No fluxo principal 1, caso o login ou a senha estejam incorretos, o sistema deve enviar uma notificação ao usuário dando a opção de novo cadastro ou recomendando-o que ele solicite o apoio do time do NAU para login.

Tabela 5 - Tabela com detalhamento do requisito 02

RF 02	**"ESCOLHA" SUA DEFICIÊNCIA**
Descrição:	O ator é capaz de escolher umas das opções que definem a sua deficiência ou não.
Atores:	Aluno/Colaborador PcD
Prioridade:	Essencial
Entradas e pré-condições:	1. Ter efetuado login [RF 01] no sistema. 2. Escolha de uma das opções de deficiências ou não deficiente que estarão disponíveis no referido menu.
Saídas e pós-condições:	O aplicativo chama o módulo/tela 03 com os serviços disponíveis e parametrizados com recursos de acessibilidade de acordo a deficiência estabelecida.
FLUXOS DE EVENTOS	
Fluxo principal:	1. O aplicativo apresenta o menu com as funções disponíveis de deficientes ou não para seleção. 2. O ator clica em uma das funções de acordo a sua necessidade. 3. Após selecionado o aplicativo chama o módulo/tela 03 com os serviços disponíveis e parametrizados com recursos de acessibilidade de acordo a deficiência estabelecida.
Fluxo secundário 1:	1. No fluxo principal 1, caso o login ou a senha sejam atribuídos a um ator administrador ou da coordenação, o sistema não apresentação a módulo/tela 02. 2. Após definição de deficiência apresentado no módulo/tela 02, o sistema armazena a informação no perfil do ator.

Tabela 6 - Tabela com detalhamento do requisito 03

RF 03	**MENU SERVIÇOS**
Descrição:	O ator é capaz de escolher umas das opções de serviços disponíveis.
Atores:	Administrador – Coordenação – Aluno/Colaborador PcD
Prioridade:	Essencial
Entradas e pré-condições:	1. Ter escolhido algumas das opções no módulo de deficiências [RF 02]. 2. Escolha de uma das opções de serviços que estarão disponíveis no referido menu.
Saídas e pós-condições:	O aplicativo chama alguns dos módulos/telas de serviços disponíveis. [RF 04] - [RF 05] - [RF 06] - [RF 07] - [RF 08].
FLUXOS DE EVENTOS	
Fluxo principal:	1. O aplicativo apresenta o menu com os serviços disponíveis para seleção. 2. O ator seleciona uma das opções de serviços de acordo a sua necessidade. 3. Após selecionado o aplicativo chama algum dos módulos/telas [RF 04] - [RF 05] - [RF 06] - [RF 07] - [RF 08] com os serviços disponíveis e parametrizados com recursos de acessibilidade de acordo a deficiência estabelecida.

Fluxo secundário 1:	1. De preferência o Botão do Pânico ficará disponível em um “canto suspenso” em todos os módulos/telas existentes.

Tabela 7 - Tabela com detalhamento do requisito 04

RF 04	**PAINEL DE COMUNICAÇÃO NAU**
Descrição:	O ator é capaz de ler/incluir/editar/excluir informações de comunicados de forma acessível de acordo a sua deficiência ou não.
Atores:	Administrador – Coordenação – Aluno/Colaborador PcD
Prioridade:	Essencial
Entradas e pré-condições:	1. Ter escolhido a função do painel de comunicação no módulo/tela de serviços [RF 03].
Saídas e pós-condições:	O apresentará de forma acessível (texto/áudio/libras) os comunicados.
FLUXOS DE EVENTOS	
Fluxo principal:	1. O aplicativo apresenta o menu com os comunicados disponíveis. 2. Neste momento o aplicativo deve identificar qual a deficiência ou não do ator e caso necessário executar função secundária de acessibilidade. Ex: (leitura em áudio ou tradução para libras).
Fluxo secundário 1:	1. Somente os atores Administrador e da Coordenação terão a capacidade de incluir/editar/excluir informações deste módulo/tela. 2. De preferência o Botão do Pânico ficará disponível em um “canto suspenso” em todos os módulos/telas existentes.

Tabela 8 - Tabela com detalhamento do requisito 05

RF 05	**ROTAS ACESSÍVEIS**
Descrição:	O ator é capaz de acessar um mapa de geolocalização e escolher para quais dos prédios deseja deslocar-se, o aplicativo demonstrará a melhor rota através dos caminhos seguros e acessíveis existentes na cidade universitária
Atores:	Aluno/Colaborador PcD
Prioridade:	Essencial
Entradas e pré-condições:	1. Ter escolhido algumas das opções no módulo de deficiências [RF 02].
Saídas e pós-condições:	Apresentar o mapa de geolocalização e calcular a melhor rota acessível entre o a localização do celular do ator e o prédio escolhido.
FLUXOS DE EVENTOS	
Fluxo principal:	1. O aplicativo apresentar o mapa de geolocalização e lista de prédios disponíveis para navegação, onde será possível escolher o destino. 2. Neste momento o aplicativo deve identificar a melhor rota acessível e inicia a navegação com a execução da função secundária de acessibilidade. Ex: (leitura em áudio ou tradução para libras).
Fluxo secundário 1:	1. Somente os atores Administrador e da Coordenação terão a capacidade de incluir/editar/excluir informações deste módulo/tela. 2. De preferência o Botão do Pânico ficará disponível em um “canto suspenso” em todos os módulos/telas existentes.

Tabela 9 - Tabela com detalhamento do requisito 06

RF 06	**ÔNIBUS ACESSÍVEL**
Descrição:	O ator é capaz de acessar uma lista com a programação dos horários de ônibus. Sendo que destes é importante informar quais são acessíveis.
Atores:	Administrador – Coordenação – Aluno/Colaborador PcD

Prioridade:	Essencial
Entradas e pré-condições:	1. Ter escolhido algumas das opções no módulo de deficiências [RF 02].
Saídas e pós-condições:	Apresentar uma lista com a programação dos horários de ônibus. Sendo que destes é importante informar quais são acessíveis.
FLUXOS DE EVENTOS	
Fluxo principal:	1. O aplicativo apresenta uma lista com a programação dos horários de ônibus. Sendo que destes é importante informar quais são acessíveis. 2. Neste momento o aplicativo deve executar a função secundária de acessibilidade. Ex: (leitura em áudio ou tradução para libras).
Fluxo secundário 1:	1. Somente os atores Administrador e da Coordenação terão a capacidade de incluir/editar/excluir informações deste módulo/tela. 2. De preferência o Botão do Pânico ficará disponível em um "canto suspenso" em todos os módulos/telas existentes.

Tabela 10 - Tabela com detalhamento do requisito 07

RF 07	**SERVIÇOS NAU**
Descrição:	O ator é capaz de acessar um menu secundário com opções de serviços disponíveis e ofertas pelo Núcleo de Acessibilidade da UEMA (NAU)
Atores:	Aluno/Colaborador PcD
Prioridade:	Essencial
Entradas e pré-condições:	1. Ter escolhido algumas das opções no módulo de deficiências [RF 02].
Saídas e pós-condições:	O aplicativo chama o módulo/tela 10 com os serviços disponíveis no NAU, no MVP será o serviço de solicitação de intérprete.
FLUXOS DE EVENTOS	
Fluxo principal:	1. O aplicativo apresenta o submenu de serviços ofertados pela NAU. 2. A opção de Solicitação de intérprete, estará disponível. 3. Neste momento o aplicativo deve executar a função secundária de acessibilidade. Ex: (leitura em áudio ou tradução para libras).
Fluxo secundário 1:	1. De preferência o Botão do Pânico ficará disponível em um "canto suspenso" em todos os módulos/telas existentes.

Tabela 11 - Tabela com detalhamento do requisito 08

RF 08	**BOTÃO DO PÂNICO**
Descrição:	O ator é capaz de selecionar o botão do pânico em menu suspenso (ou flutuante) dentro do aplicativo nas diferentes telas de navegação.
Atores:	Aluno/Colaborador PcD
Prioridade:	Essencial
Entradas e pré-condições:	Ter escolhido algumas das opções no módulo de deficiências [RF 02].
Saídas e pós-condições:	1. Tela de confirmação do pedido de ajuda [RF 13].
FLUXOS DE EVENTOS	
Fluxo principal:	1. O aplicativo apresenta o menu suspenso (ou flutuante) dentro do aplicativo nas diferentes telas de navegação. 2. Após selecionar esta opção o aplicativo deve executar a função secundária de acessibilidade. Ex: (leitura em áudio ou tradução para libras). 3. A solicitação de ajuda aparece em destaque na tela do usuário.

	4. O aplicativo entra em comunicação com o ambiente de monitoramento dos PcDs [RF 14] e envia a geolocalização do celular do usuário.
Fluxo secundário 1:	1. De preferência o Botão do Pânico ficará disponível em um "canto suspenso" em todos os módulos/telas existentes.

Tabela 12 - Tabela com detalhamento do requisito 09

RF 09	**WSPcD - AMBIENTE DE MONITORAMENTO DOS PcDs**
Descrição:	O ator é capaz de selecionar o botão do pânico em menu suspenso (ou flutuante) dentro do aplicativo nas diferentes telas de navegação.
Atores:	Administrador – Coordenação
Prioridade:	Essencial
Entradas e pré-condições:	1. Realizada autenticação – Login no módulo/tela [RF 01]
Saídas e pós-condições:	Tela de monitoramento dos PcDs com Geolocalização em tempo real – módulo/tela [RF 14]
FLUXOS DE EVENTOS	
Fluxo principal:	1. Usuário realiza login. 2. Abre-se uma tela com o mapa da cidade universitária. 3. A localização dos PcDs em tempo real é apresentada na tela de monitoramento.
Fluxo secundário 1:	1. Quando acionado o Botão do pânico, a localização do solicitante será destacada no ambiente de monitoramento com um som de alarme. 2. Os dados do PcD que acionou o alarme devem ser carregados informando a deficiência e os contatos do mesmo. 3. Se possível uma ligação direta pode ser realizada. Seja ela via whatsapp, teams ou voip.

Tabela 13 - Tabela com detalhamento do requisito 10

RF 10	**SERVIÇOS NAU – SOLICITAÇÃO DE INTÉRPRETE**
Descrição:	O ator é capaz de selecionar o recurso de solicitação de intérprete.
Atores:	Aluno/Colaborador PcD
Prioridade:	Desejável
Entradas e pré-condições:	1. Realizada autenticação – Login no módulo/tela [RF 01] 2. Ter selecionado a opção de serviços NAU [RF 07]
Saídas e pós-condições:	1. Formulário para solicitação/agendamento. Ou 2. Dependendo do perfil do PcD. A solicitação é disparada diretamente para o time NAU, para que eles entrem em contato e atendam a demanda.
FLUXOS DE EVENTOS	
Fluxo principal:	1. Usuário seleciona o recurso de solicitação de intérprete. 2. Abre-se uma tela com o recurso de agendamento (Pode ser o Booking ou Forms da Microsoft). Caso o perfil do PcD tenha limitações para solicitação, o aplicativo pode enviar um pedido de ajuda para agendamento para a central do NAU. 3. Após selecionar esta opção o aplicativo deve executar a função secundária de acessibilidade. Ex: (leitura em áudio ou tradução para libras). 4. Uma confirmação do pedido/agendamento é apresentada ao usuário.

Fluxo secundário 1:	1. De preferência o Botão do Pânico ficará disponível em um “canto suspenso” em todos os módulos/telas existentes.

Tabela 14 - Tabela com detalhamento do requisito 16

RF 16	**MENU LOGOUT**
Descrição:	O ator é capaz de selecionar o menu para realizar o logout
Atores:	Administrador - Coordenação - Aluno/Colaborador PcD
Prioridade:	Essencial
Entradas e pré-condições:	1. Realizada autenticação – Login no módulo/tela [RF 01]
Saídas e pós-condições:	Realizar logout
FLUXOS DE EVENTOS	
Fluxo principal:	1. Usuário seleciona o menu suspenso no canto superior. 2. Opção para logout é apresentada. 3. Usuário ao selecionar realiza o logout.
Fluxo secundário 1:	1. De preferência o Botão do Pânico ficará disponível em um “canto suspenso” em todos os módulos/telas existentes.

5.3.2 Requisitos Não Funcionais

Abaixo são apresentados os requisitos não funcionais, são eles que definem os limites do sistema e que afetam de forma direta a arquitetura do AppNAU. Abaixo os principais entre eles:

Tabela 15 - Tabela com RNF de Usabilidade

RNF	**Requisito**	**Descrição**
RNF-01	Interface Agradável	A interface do aplicativo deve ser agradável conforme diretivas de acessibilidade, contendo ícones e cores que represente bem cada ação para melhor entendimento de navegação e visualização para os usuários finais.
RNF-02	Mensagens de interações	O sistema deverá apresentar mensagens de permissões, erros e alguns de confirmações ou alterações com sucesso e de forma acessível.
RNF-03	Operação com eficácia	Para se concluir uma operação o usuário não poderá ultrapassar mais que seis interações com o aplicativo.
RNF-04	Fácil o aprendizado	O aplicativo deverá ser bastante didático para que não seja necessário um treinamento.
RNF-05	Manual	O aplicativo deverá conter um menu de ajuda para que venha solicitar ajuda em melhorias no ambiente.
RNF-06	Navegação	O AppNAU poderá ser acessível aos diferentes tipos de PcDs. Além de permitir o acesso pelo navegador web para administradores e da coordenação.

Tabela 16 - Tabela com RNF de Confiabilidade

RNF	Requisito	Descrição
RNF-07	Disponibilidade	O sistema deve está disponível 80% durante todo dia os 7 dias da semana (24x7).
RNF-08	Desempenho	O desempenho do sistema deve ser garantido, principalmente para módulos críticos que envolvem a segurança do usuário (ex: botão do pânico).
RNF-09	Integridade	O sistema deverá trazer come exatidão as informações solicitadas. Para isso o time de coordenação terá papel fundamental na manutenção destas informações.
RNF-10	Segurança e Auditoria	O sistema deverá possibilitar auditoria das informações inseridas, alteradas e excluídas. Além de garantir que a salvaguarda dos dados dos usuários sejam hospedados em ambientes de máxima segurança. Falhas de comunicação com o SGDB serão consideradas erros críticos.
RNF-11	Escalabilidade	AppNAU deverá ser um projeto escalável capaz de sofrer alterações e implementações tanto no Back-End quanto o Front-End sem impactar de forma negativa a experiência do usuário.
RNF-12	Saída do sistema automática (versão web)	O sistema web deve desconectar após dez minutos sem interação do usuário.

Tabela 17 - Tabela com RNF de Suportabilidade

RNF	Requisito	Descrição
RNF-13	S.O.	O aplicativo em sua versão MVP deverá funcionar em Android em versão 8.0.0 ou superior. Na sua versão de sistema web deverá sugerir-se o uso em Windows 7 ou superior.
RNF-14	Navegadores	Quaisquer navegadores do mercado poderão acessar o AppNAU sistema de forma fácil, sugerido Mozilla Firefox ou Google Chorme.
RNF-15	Internet	Para uma melhor experiência com o tempo de resposta será necessária uma conexão com a internet de no mínimo 1 megabyte.
RNF-16	Celular	É necessário no mínimo 4GB de memória RAM, com 3 GB de espaço disponível em disco para uma melhor experiência.
RNF-17	Desktop	É necessário no mínimo um processador de 1 GHz ou superior com 1 GB de memória RAM e 16GB de espaço disponível em disco para uma melhor experiência no uso da versão web.

Tabela 18 - Tabela com RNF de Restrições de Design

RNF	Requisito	Descrição
RNF-18	*MVC*	O AppNAU deve ser desenvolvido na arquitetura com as camadas de *Model, View* e *Control*.

RNF-19	Linguagens de programação	O AppNAU deverá ser desenvolvido em Dart mais integrações web utilizando Firebase e “HTML”.
RNF-20	Banco de Dados	O AppNAU deve ser modelado para banco do Firebase.
RNF-21	Frameworks	Deverá ser utilizado o Flutter para organização da arquitetura, para codificação do *Front-End*, e recursos das bibliotecas disponíveis para melhor interações.

Tabela 19 - Tabela com RNF de Interfaces

RNF	Requisito	Descrição
RNF-23	Interfaces do Usuário	As telas na versão aplicativo devem seguir as normas de acessibilidade W3C, cada erro ou armazenamento feito deverá retornar mensagens para melhor interação com recursos áudios visuais.
RNF-24	Interfaces de Software	O sistema poderá executar módulos de comunicação com outros serviços web (ex: google *maps*) para facilitar chamadas em casos de acionamento do botão do pânico.

Os sistemas (AppNau e WSPcD) para mobilidade e monitoramento utilizam conceitos de permissões para os usuários. Esta configuração é fundamental para o sucesso do modelo adaptativo do aplicativo AppNAU. Todos os usuários do protótipo são apresentados a seguir.

5.4 Realizações de Casos de Uso

As realizações de Caos de Uso citados, baseiam-se na visão geral de caso (Figura 2) de uso anteriormente referenciadas em tempo de projeto, detalhando-se processos inerentes ao ambiente, sendo respectivamente ilustradas por meio da linguagem UML de diagrama de sequência conforme descrito abaixo.

> UML é uma linguagem de que serve para especificar, construir, visualizar e documentar de um sistema de software” (Ramos, 2016, p.8)

5.4.1 Login do Usuário

O diagrama proposto representa os passos para o qual o usuário fará para ‘Efetuar Login’.

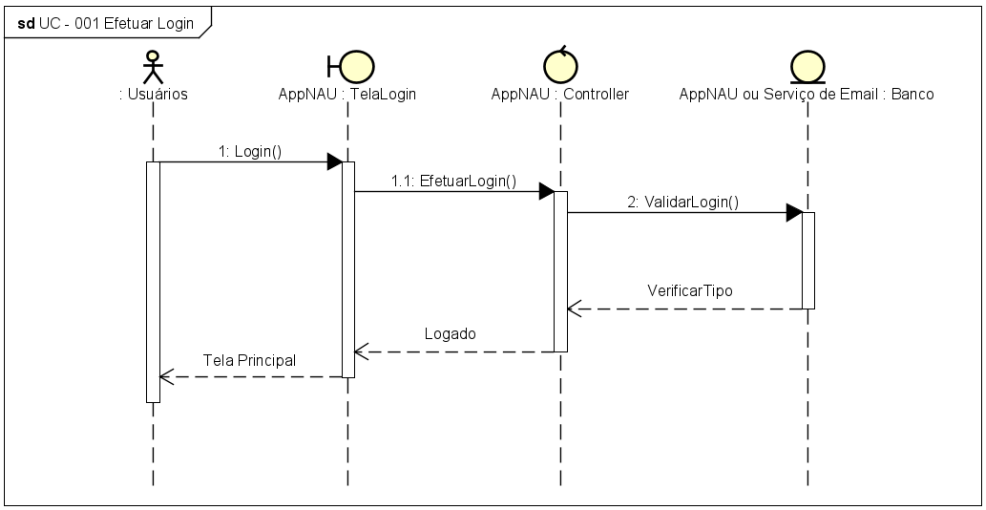


Figura 4 - Diagrama de sequência – Efetuar Login

Fonte: Elaborado pelo Autor

No diagrama de sequência da figura 4, o ator ‘usuários’ realiza acesso inicial pela tela de login, função Login() do AppNAU, onde é solicitado a atenção por meio da função EfetuarLogin() dentro da controller que possua fez conecta-se ao banco de dados do sistema ou externo para realizar a validação dos dados inseridos, garantido a autenticação do solicitante. Após consulta, em *backend*, o componente *VerificarTipo* consulta o perfil de cadastro do usuário, caso seja o primeiro login o usuário precisa informar seu tipo de deficiência (se visual, auditiva ou física) na próxima tela para que seja armazenado a informação em banco, feito esta definição executam-se as rotinas que adaptam o aplicativo de acordo ao tipo do PcD logado. Importante ressaltar que o componente aciona todas as rotinas de acessibilidade caso o usuário ainda não tenha inserido o seu tipo de deficiência.

5.4.2 Painel de comunicação NAU

O diagrama proposto representa os passos para o qual o usuário acesse o serviço de comunicação.

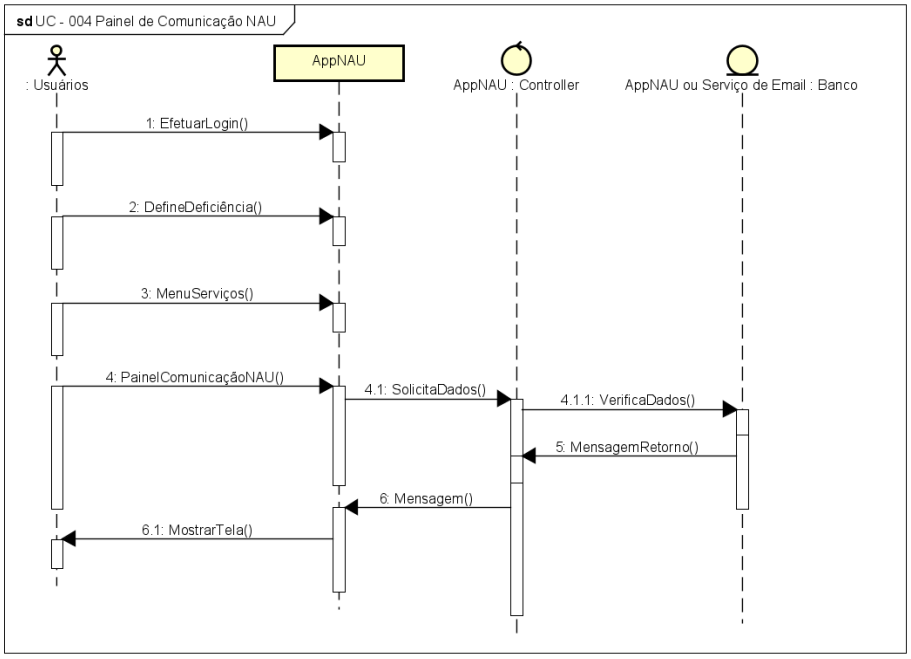


Figura 5 - Diagrama de sequência – Painel de Comunicação

Fonte: Elaborado pelo Autor

No diagrama de sequência da figura 5, o ator ‘usuários’ realiza acesso inicial pela tela de login do AppNAU executando as funções *EfetuarLogin()* e *DefineDeficiência*, onde em seguida as telas do menu principal são apresentadas, *MenuServiços(),* dentre as ofertas, encontra-se o *PainelComunicaçãoNAU()* que tem por objetivo ofertar serviços de comunicações com dados advindos do painel admin WSPcD por meio da função *SolicitaDados()* principal que com o retorno da existência de informações em banco de dados, retorna e *MensagemRetorno()* e *Mensagem()* com exibição das notícias em tela, função *MostrarTela(),* para o usuário final.

5.4.3 Rotas Acessíveis

O diagrama proposto representa os passos para o qual o usuário acesse o serviço de navegação geográfica.

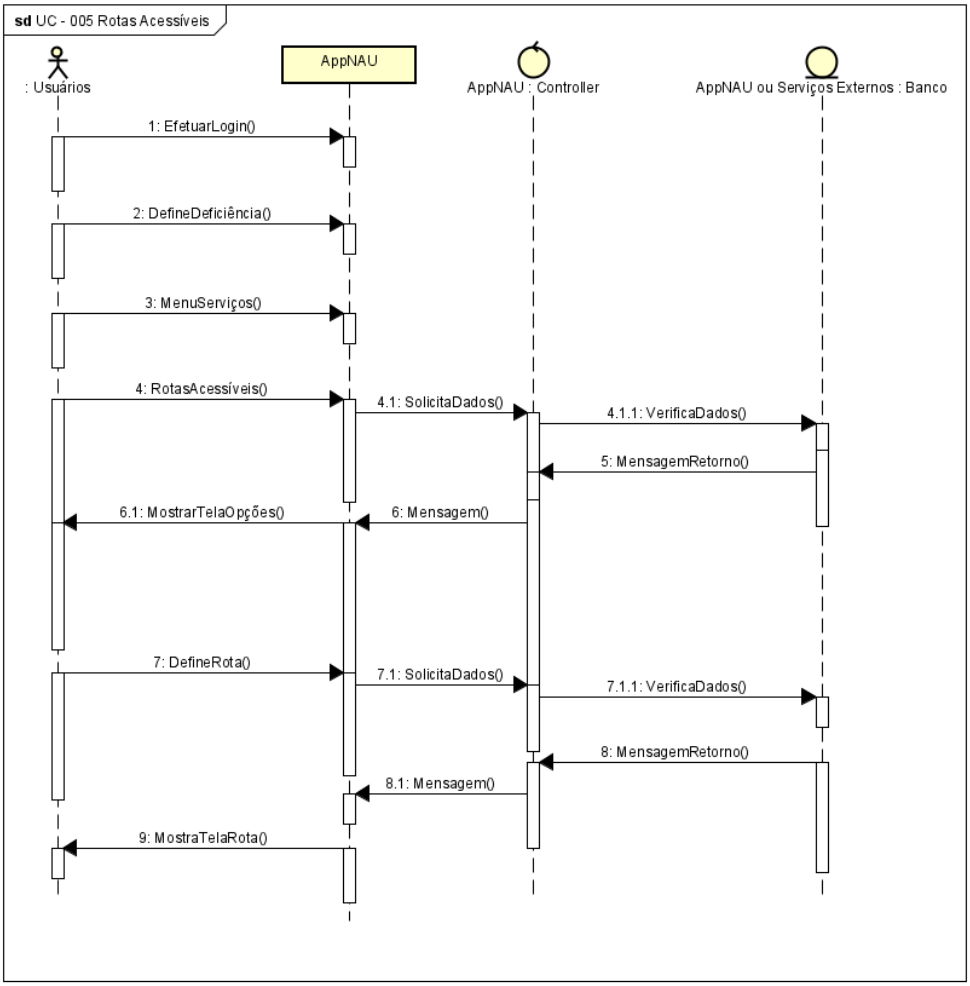


Figura 6 - Diagrama de sequência – Rotas Acessíveis

Fonte: Elaborado pelo Autor

No diagrama de sequência da figura 6, o ator ‘usuários’ realiza acesso inicial pela tela de login do AppNAU executando as funções *EfetuarLogin()* e *DefineDeficiência*, onde em seguida as telas do menu principal são apresentadas, *MenuServiços(),* dentre as ofertas, encontra-se o *RotasAcessíveis()* que tem por objetivo ofertar serviços de geolocalização com dados advindos das informações de rotas cadastradas no ambiente WSPcD, onde por meio da função *SolicitaDados()* principal que retorna a existência de informações em banco de dados, retorna *MensagemRetorno()* e *Mensagem()*, onde a função *MostrarTela(),* exibe as rotas disponíveis na tela. À medida que o usuário escolhe o destino, função *DefineRota(),* a mesma inicia o fluxo de mapeamento do destino, *SolicitaDados(),* onde os dados são verificados, função *VerificaDados()* no ambiente do Google *Maps,* tendo os parâmetros de retorno, *Mensagem(),* para início roteiro a ser apresentado na tela por meio da função *MostraTelaRota().*

5.4.4 Ônibus Acessível

O diagrama proposto representa os passos para o qual o usuário acesse o serviço de rotograma dos ônibus da cidade universitária.

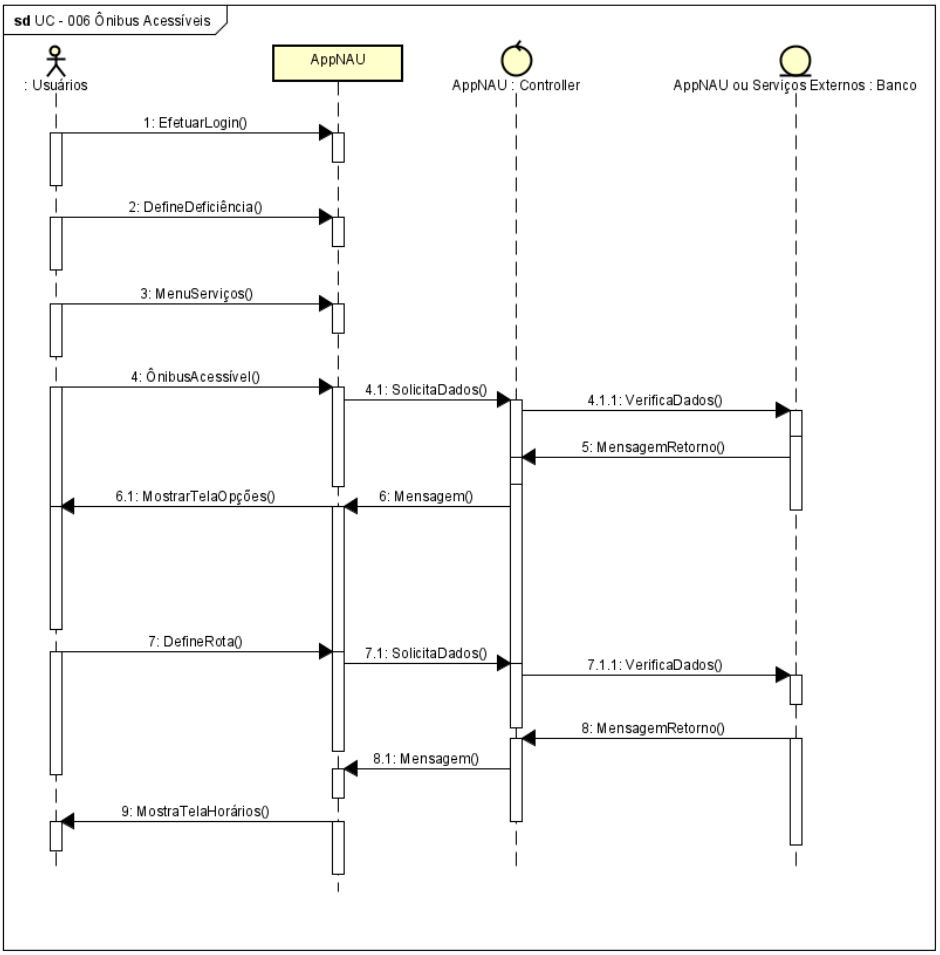


Figura 7 - Diagrama de sequência – Ônibus Acessível

Fonte: Elaborado pelo Autor

No diagrama de sequência da figura 7, o ator ‘usuários’ realiza acesso inicial pela tela de login do AppNAU executando as funções *EfetuarLogin()* e *DefineDeficiência*, onde em seguida as telas do menu principal são apresentadas, *MenuServiços(),* dentre as ofertas, encontra-se o *ÔnibusAcessível()* que tem por objetivo ofertar serviços rotograma de ônibus com dados advindos das informações de rotas cadastradas no ambiente WSPcD, onde por meio da função *SolicitaDados()* principal que retorna a existência de informações em banco de dados, retorna *5. MensagemRetorno()* e *Mensagem()*, onde a função *MostrarTela(),* exibe as rotas disponíveis na tela. À medida que o usuário escolhe o destino, função *DefineRota(),* a mesma inicia o fluxo de mapeamento dos ônibus com seus horários de chegada e saída, *SolicitaDados(),* onde os dados são verificados, função *VerificaDados()* no ambiente do WSPcD*,* tendo os

parâmetros de retorno, *Mensagem(),* para ser apresentado agenda na tela por meio da função *MostraTelaHorários().*

5.4.5 Serviços NAU

O diagrama proposto representa os passos para o qual o usuário acesse o menu principal com a oferta de serviços gerais ofertados pelo NAU e/ou UEMA.

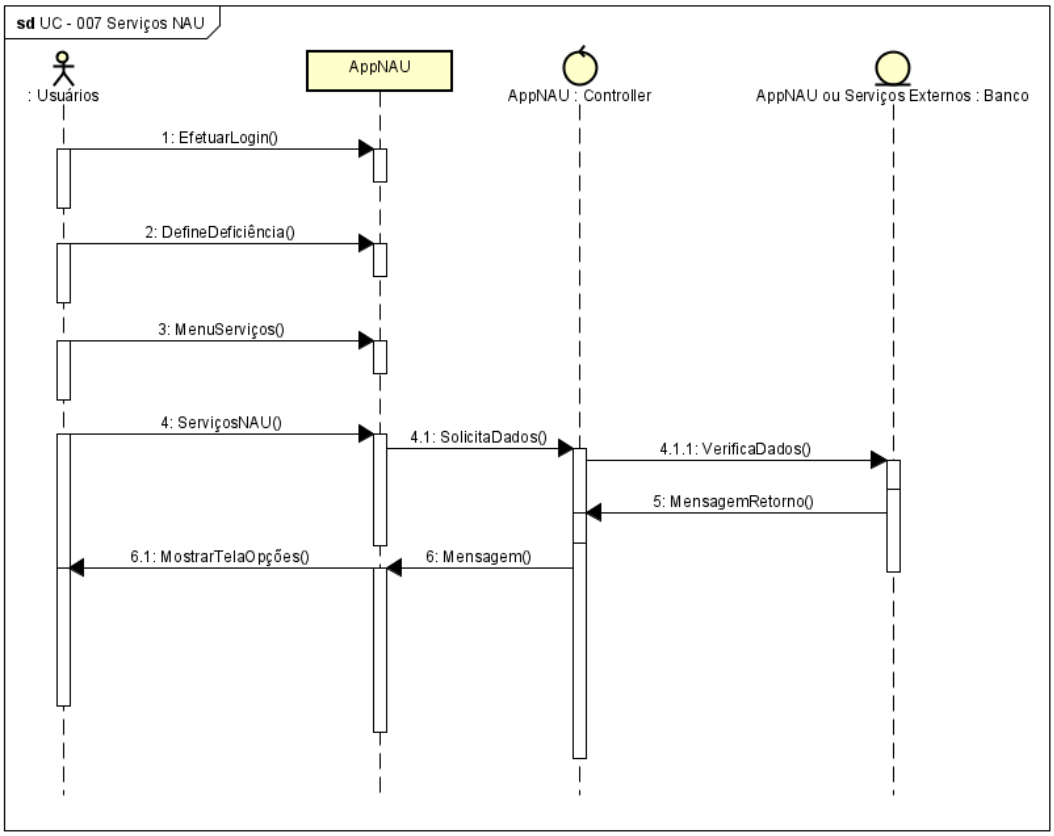


Figura 8 - Diagrama de sequência – Serviços NAU

Fonte: Elaborado pelo Autor

No diagrama de sequência da figura 8, o ator ‘usuários’ realiza acesso inicial pela tela de login do AppNAU executando as funções *EfetuarLogin()* e *DefineDeficiência*, onde em seguida as telas do menu principal são apresentadas, *MenuServiços(),* dentre as ofertas, encontra-se o *ServiçosNAU()* que tem por objetivo ofertar serviços gerais do NAU e/ou UEMA (ex: Solicitar Interprete) com dados do banco de dados, onde por meio da função *SolicitaDados()* principal que retorna a existência de informações em banco de dados, retorna *MensagemRetorno()* e *Mensagem()*, onde a função *MostrarTela(),* exibe nas telas as opções de serviços disponíveis. À medida que o usuário escolhe o serviço, é possível programar ou vincular a um link serviços internos ou externos.

5.4.6 Botão do Pânico

O diagrama proposto representa os passos para acionamento do Botão do Pânico por parte do usuário em casos de urgências ou emergências.

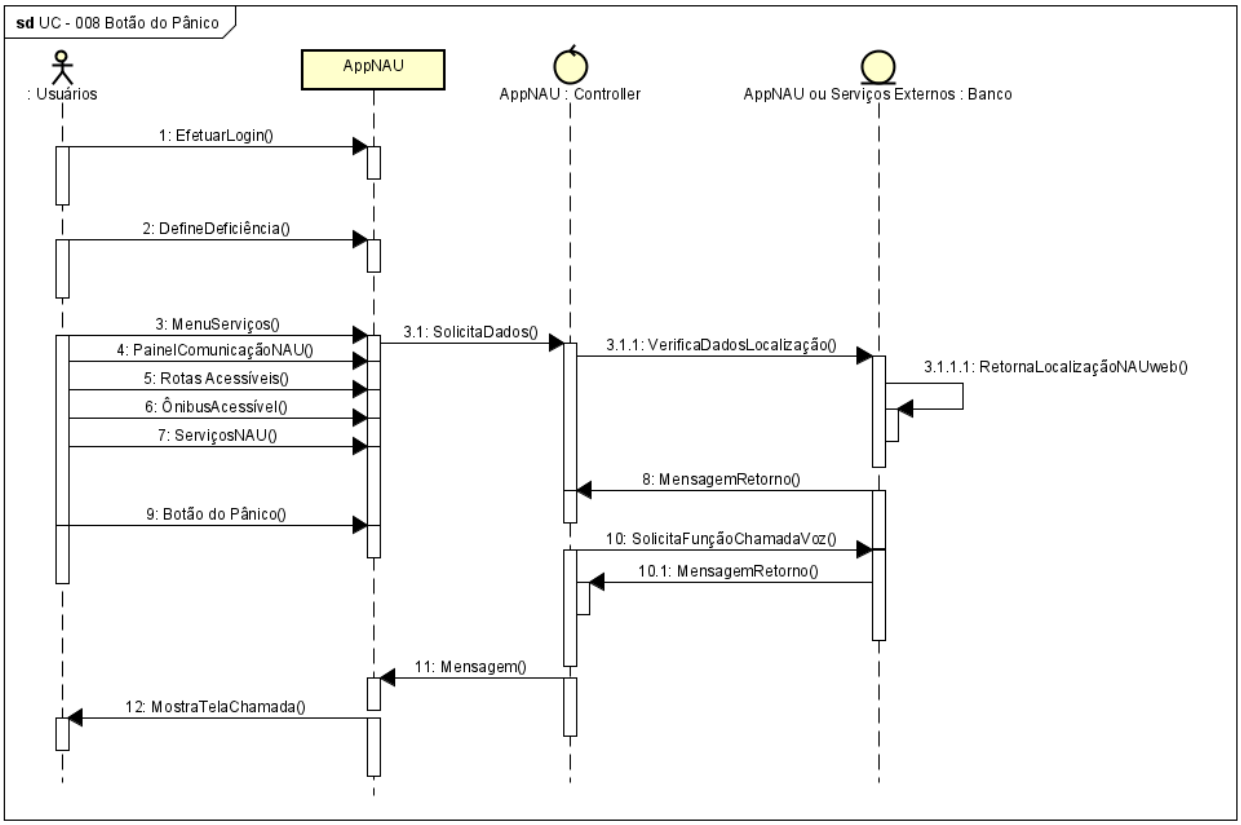


Figura 9 - Diagrama de sequência – Botão do Pânico

Fonte: Elaborado pelo Autor

No diagrama de sequência da figura 9, o ator ‘usuários’ realiza acesso inicial pela tela de login do AppNAU executando as funções *EfetuarLogin()* e *DefineDeficiência*, onde em seguida as telas do menu principal são apresentadas, *MenuServiços(),* onde o botão do pânico fica disponível em todas as telas por meio de um botão dedicado no canto inferior e uma tela exclusiva, a função *BotãodoPânico(),* tendo este recurso a capacidade de ser comunicar com o Google *Maps* e com o WSPcD por meio da função *SolicitaDados()* que verifica dados da localização, função *VerificaDadosLocalização()*, e retorna a localiza dos ambientes webs por meio da função *RetornaLocalizaçãoNAUweb()*, retornando as informações por meio da função *SolicitaçãoFunçãoChamadaVoz()*, que atualmente está configurado para realizar acionamentos de alertas sonoros no aplicativo e no ambiente WSPcD, que retorna uma sequência de dados entre o banco de dados e controller até ser demonstrando na tela que o botão foi acionado, por meio da função *MostraTelaChamada().*

5.4.7 Ambiente de Monitoramento WSPcD – Geolocalização dos PcDs

O diagrama proposto representa os passos para monitoramento proativo das localizações no ambiente web do WSPcD e recebimento de acionamentos por parte dos usuários advindos do Botão do Pânico do AppNAU.

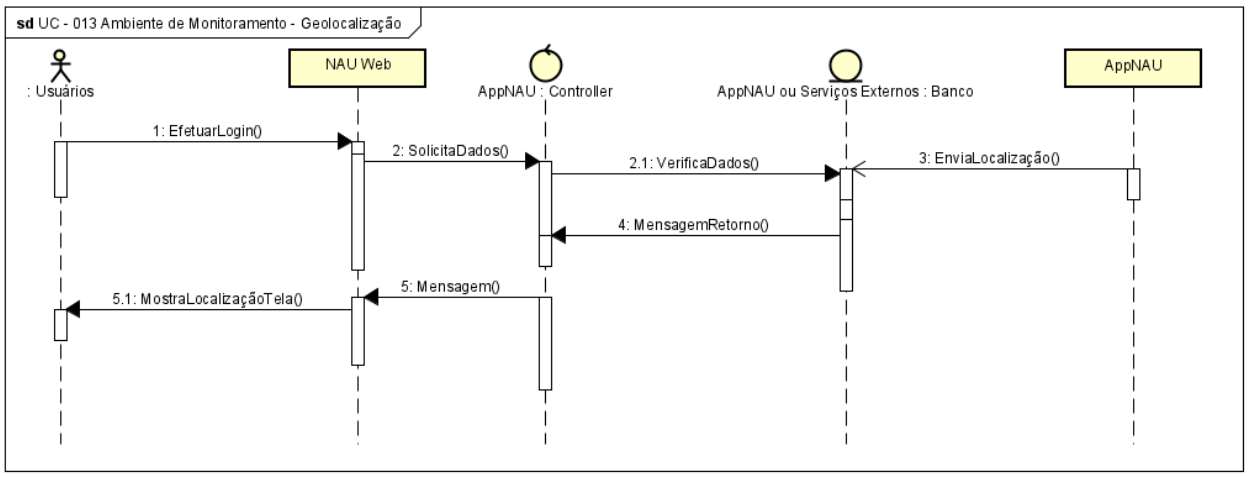


Figura 10 - Diagrama de sequência – Botão do Pânico

Fonte: Elaborado pelo Autor

No diagrama de sequência da figura 10, o ator ‘usuários’ realiza acesso inicial pela tela de login do WSPcD executando as funções *EfetuarLogin()*, onde em seguida, o ambiente solicita os dados de localização dos celulares lotados dentro do perímetro da cidade universitária, para isso a sequência de funções são acionadas, *SolicitaDados(), VerificaDados(), EnviaLocalização(),* por fim, é retornado as informações por meio das funções *MensagemRetorno()* e *Mensagem()*, sendo apresentado na tela por meio da função *MostraLocalizaçãoTela()* com o Google *Maps*. Importante ressaltar que o fluxo de acionamentos em casos de emergência está integrado ao fluxo do botão do pânico.

5.5 Visão Lógica

Em “A Introdução de Arquitetura de Software” de David Garlan e Mary Shaw, sugerem que a arquitetura de software é um nível de design voltado para problemas: "Além dos algoritmos e das estruturas de dados da computação; o design e a especificação da estrutura geral do sistema emergem como um novo tipo de problema. As questões estruturais incluem organização total e estrutura de controle global; protocolos de comunicação, sincronização e acesso a dados; designação de funcionalidade a elementos de design; distribuição física; composição de elementos de design; escalação e desempenho; e seleção entre as alternativas de design."

Para a construção da visão lógica foram criados dois diagramas de componentes com as principais estruturas e pacotes dos ambientes de programação do sistema (aplicativo AppNAU e sistema *WSPcD*) utilizando para isso o padrão de arquitetura *MVVM*.

Na figura 11 abaixo, são apresentados os principais componentes do aplicativo e suas interações em alto nível:

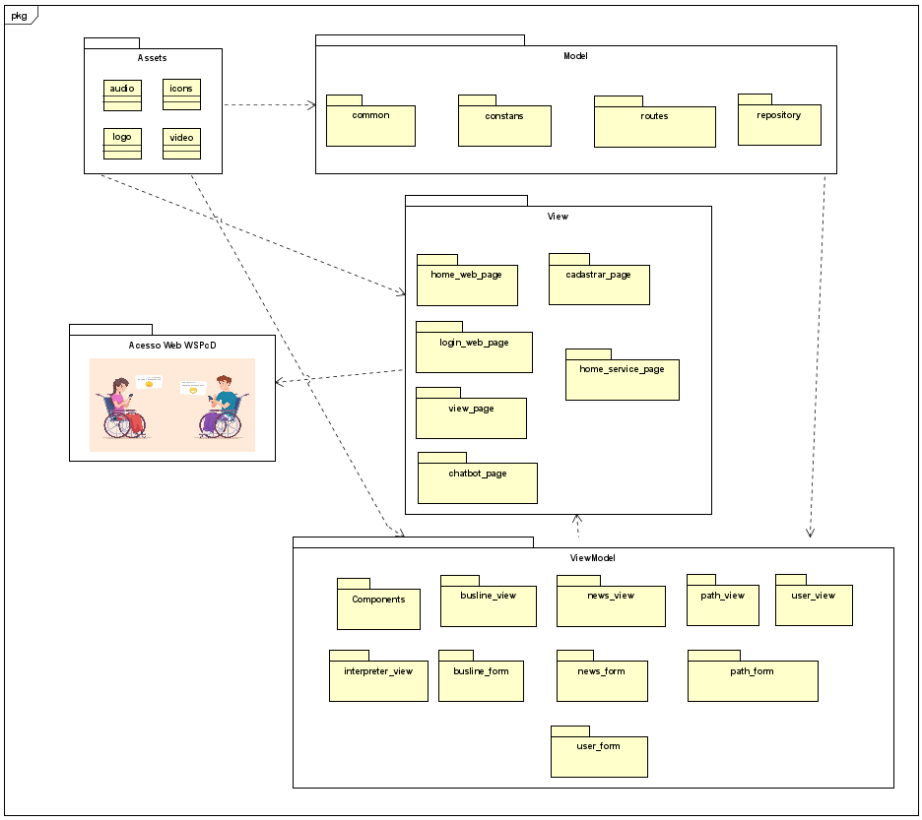


Figura 11 - Visão Lógica do aplicativo AppNAU

Fonte: Elaborado pelo Autor

O modelo apresentado tem suas interações partindo do acesso do usuário ao aplicativo instalado em seu celular, que requisita os arquivos de telas para visualização e navegação que estão dentro do macro pacote *View*, este requisita os componentes da estrutura *ViewModel* e este por sua solicita os arquivos comuns de dentro da estrutura *Model.* Tendo a pasta *Assets* a função de fornecer arquivos áudio visuais para as múltiplas estruturas da arquitetura.

Na figura 12 abaixo, são apresentados os principais componentes do ambiente web *WSPcD* e suas interações em alto nível:

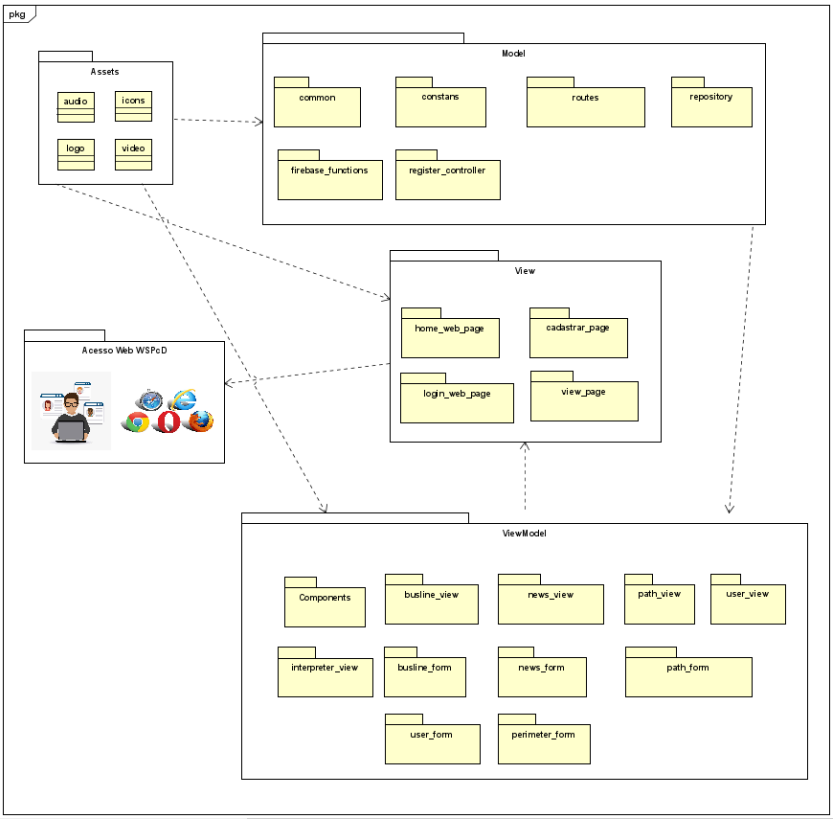


Figura 12 - Visão Lógica do ambiente web *WSPcD*

Fonte: Elaborado pelo Autor

O modelo apresentado funciona de forma similar a visão lógica do aplicativo, onde suas interações partindo do acesso do usuário ao aplicativo instalado em seu celular, que requisita os arquivos de telas para visualização e navegação que estão dentro do macro pacote *View*, este requisita os componentes da estrutura *ViewModel* e este por sua solicita os arquivos comuns de dentro da estrutura *Model.* Tendo a pasta *Assets* a função de fornecer arquivos áudio visuais para as múltiplas estruturas da arquitetura.

5.6 Pacotes de Design significativos

Na figura 13 a seguir, são apresentados os pacotes de design significativos e seu detalhamento de funções e propriedades dos componentes do sistema integrado que conta com o aplicativo AppNAU e sistema web *WSPcD*.

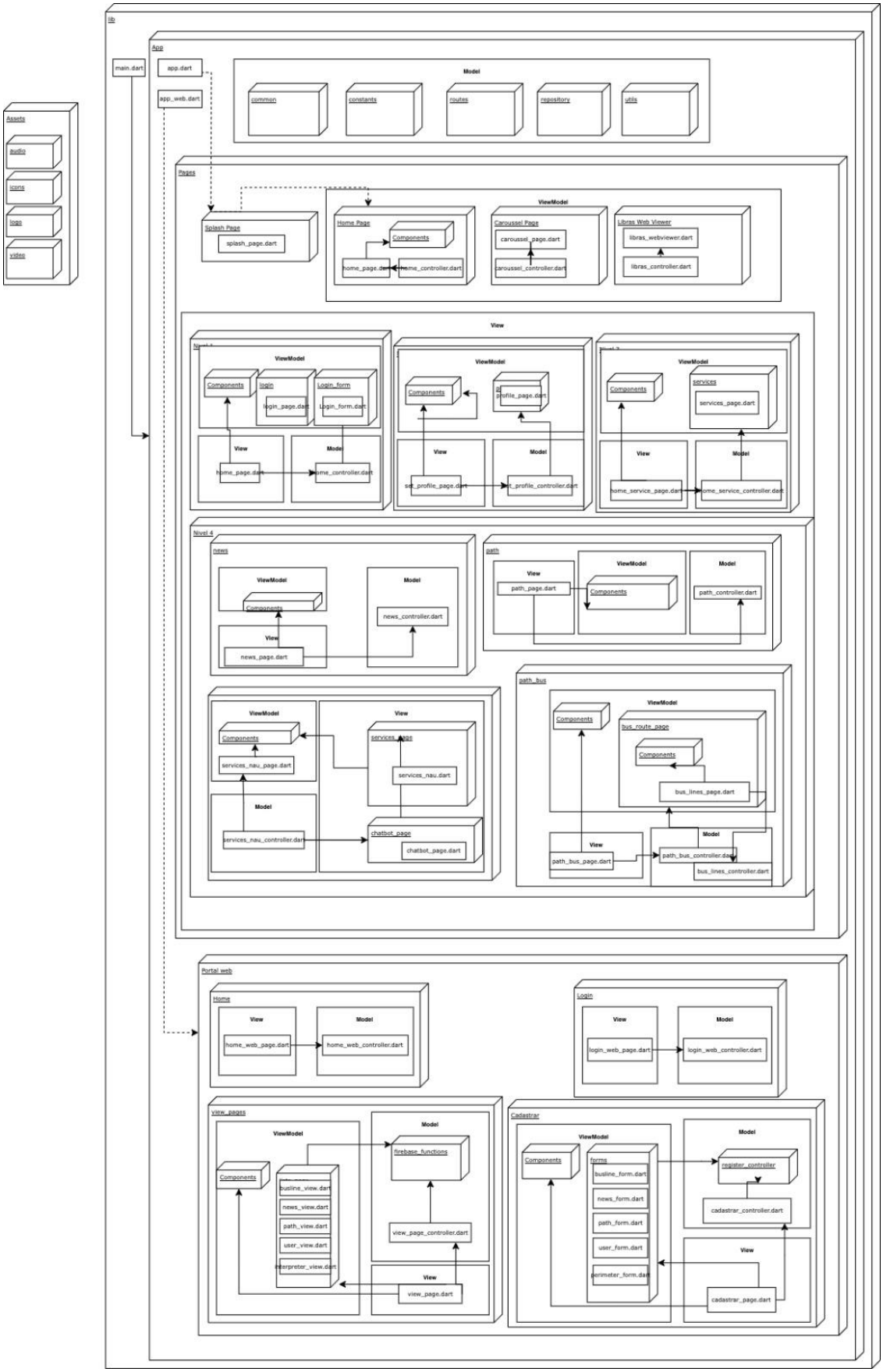


Figura 13 - Visão de pacotes significativos do sistema

Fonte: Elaborado pelo Autor

Onde os pacotes e arquivos do ambiente sistêmico estão integrados e possuem diferentes nível de utilização e programação conforme funcionalidade descrita abaixo:

- ***lib*** - Pasta principal do projeto.
  - ***main.dart:*** arquivo principal do projeto, responsável por chamar o *widget* principal e iniciar o sistema.
  - ***Asset:*** repositório de arquivos audiovisuais.
  - ***app:*** arquivo principal do projeto do aplicativo (AppNAU), responsável por chamar os arquivos inerentes da aplicação conforme organização a seguir:
    - ***common:*** arquivos comuns para toda a aplicação, como botões, textos, etc.
    - ***constants:*** arquivos de constantes, como cores, tamanhos de fontes, etc.
    - ***routes:*** arquivos de rotas, onde é definido o redirecionamento de telas.
    - ***repositories:*** arquivos de repositórios, responsáveis pela comunicação com a API/Firebase.
    - ***utils:*** arquivos de utilidades, como validações, formatações, etc.
    - ***pages:*** arquivo de programa com o modelo de navegações entre telas.
      - ***caroussel:*** arquivos da tela de carrossel, permitindo a navegação horizontal entre telas.
        - ***caroussel_page.dart:*** tela de carrossel.
        - ***caroussel_controller.dart:*** lógica da tela de carrossel.
      - ***home:*** arquivos da tela principal.
        - ***home_page.dart:*** tela principal.
        - ***home_controller.dart:*** lógica da tela principal, incluindo leitura de tela e libras.
      - ***login:*** arquivos da tela de login.
        - ***login_page.dart:*** tela de login.
        - ***login_controller.dart:*** lógica da tela de login vinculando a serviços de autenticação externas como Google e Facebook.
      - ***libras_webviewer:*** arquivos do modal de libras com recursos no banco de dados internos ou integração com a API do ambiente do *bot* tradutor de libras da solução Rybená.

- ***libras_webviewer.dart:*** tela de libras, modal com *webview* para tradução de Libras.

- ***splash:*** arquivos da tela de *splash*.
  - ***splash_page.dart:*** tela de *splash*.
- ***nivel_1:*** arquivos da tela do nível 1, referente ao login na aplicação.
  - ***components:*** componentes visuais da tela de login.
  - ***login:*** arquivos da tela de login.
  - ***login_page:*** modelo da tela de login.
  - ***login_form:*** arquivos do formulário de login.
  - ***login_form.dart:*** formulário de login.
  - ***home_page.dart:*** exibição das telas de login.
  - ***home_controller.dart:*** lógica da tela de login.
- ***nivel_2:*** arquivos da tela do nível 2, configuração do perfil de deficiência do usuário.
  - ***components:*** componentes visuais da tela de perfil.
  - ***perfil:*** arquivos da tela de perfil.
  - ***perfil_page:*** modelo da tela de perfil.
  - ***perfil_page.dart:*** exibição das telas de perfil.
  - ***perfil_controller.dart:*** lógica da tela de perfil.
- ***nivel_3:*** arquivos da tela do nível 3, serviços disponíveis para o usuário.
  - ***components:*** componentes visuais da tela de serviços.
  - ***servicos:*** arquivos da tela de serviços.
    - ***servicos_page:*** modelo da tela de serviços.
  - ***servicos_page.dart:*** Exibição das telas de serviços.
  - ***servicos_controller.dart:*** Lógica da tela de serviços.
- ***nivel_4:*** arquivos da tela do nível 4, referente aos serviços disponíveis para o usuário. Cada serviço é uma pasta/módulo.
  - ***news:*** arquivos da tela de notícias.
    - ***components:*** componentes visuais da tela de notícias.
    - ***news_page:*** lista de notícias do banco de dados.
    - ***news_controller:*** lógica da tela de notícias, comunicação com o banco de dados.
  - ***path:*** arquivos da tela de caminhos acessíveis.

- ✓ ***components:*** componentes visuais da tela de caminhos acessíveis.
- ✓ ***path_page:*** lista de caminhos acessíveis cadastrados no banco de dados.
- ✓ ***path_controller:*** lógica da tela de caminhos, comunicação com o banco de dados.

❖ ***path_bus:*** arquivos da tela de rotas de ônibus.

- ✓ ***components:*** componentes visuais da tela de rotas de ônibus.
- ✓ ***path_bus_page:*** lista de rotas de ônibus cadastradas no banco de dados.
- ✓ ***path_bus_controller:*** lógica da tela de rotas de ônibus, comunicação com o banco de dados.

❖ ***services:*** arquivos da tela de serviços.

- ✓ ***components:*** componentes visuais da tela de serviços.
- ✓ ***services_page:*** Tela de serviços para solicitar um intérprete de Libras.
- ✓ ***service_nau.dart:*** tela de solicitação de intérprete de Libras.
- ✓ ***chatbot_page:*** tela de *chatbot* para solicitar um intérprete de Libras.
- ✓ ***chatbot_page.dart:*** tela de *chatbot*.
- ✓ ***services_nau_page:*** exibe as telas de serviços com rolagem horizontal.
- ✓ ***services_controller:*** lógica da tela de serviços, comunicação com o banco de dados para solicitar intérprete de Libras.

- ***app.dart:*** *redirecionamento da tela inicial para a tela home.*
- ***app_web.dart:*** *inicialização da versão web do aplicativo, redirecionando para a pasta portal_web, onde é feita a versão web do administrador.*

portal_web*: arquivos da versão web do aplicativo, versão do administrador.*

- **home:** *pasta com arquivos da tela home, exibindo o mapa com menus de navegação.*

❖ ***home_page.dart:*** tela home, exibindo mapa e menus de navegação da versão web.

❖ ***home_controller.dart:*** lógica da tela home, verificando se o usuário está logado e redirecionando para a tela de login.

- **login:** *pasta com arquivos da tela de login.*
  - ***login_page.dart:*** tela de login.
  - ***login_controller.dart:*** lógica da tela de login.
- ***page_view:*** *pasta com arquivos do módulo de page_view, exibindo notícias, caminhos acessíveis, rotas de ônibus, etc.*
  - ***components:*** componentes visuais da tela de *page_view*.
  - ***busline_view.dart:*** tela de rotas de ônibus.
  - ***news_view.dart:*** tela de notícias.
  - ***path_view.dart:*** tela de caminhos acessíveis.
  - ***user_view.dart:*** tela de usuários cadastrados.
  - ***interpreter_view.dart:*** tela de solicitações de intérprete de Libras.
  - ***page_view.dart:*** lógica da tela de *page_view*, exibindo notícias, caminhos acessíveis, rotas de ônibus, etc.
  - ***firebase_functions:*** lógica de conexão com o Firebase.
    - ✓ ***firebase_functions.dart:*** lógica de conexão com o Firebase, leitura e escrita de dados utilizando o *repository*.
  - ***page_view_controller.dart:*** lógica da tela de *page_view*, exibindo notícias, caminhos acessíveis, rotas de ônibus, utilizando o arquivo *firebase_functions.dart* para leitura e escrita de dados.
- ***cadastrar:*** *pasta com arquivos do módulo de cadastrar, fazendo o cadastro de notícias, caminhos acessíveis, rotas de ônibus, etc.*
  - ***components:*** componentes visuais da tela de cadastrar.
  - ***busline_form.dart:*** formulário de cadastro de rotas de ônibus.
  - ***news_form.dart:*** formulário de cadastro de notícias.
  - ***path_form.dart:*** formulário de cadastro de caminhos acessíveis.
  - ***user_form.dart:*** formulário de cadastro de usuários.
  - ***perimeter_form.dart:*** formulário de cadastro do raio de alcance do dispositivo.
  - ***register_controller:*** lógica de cadastro.
    - ✓ ***firebase_functions.dart:*** lógica de conexão com o Firebase, leitura e escrita de dados utilizando o *repository*.
  - ***cadastrar_controller.dart:*** lógica da tela de cadastrar, exibindo notícias, caminhos acessíveis, rotas de ônibus, utilizando o arquivo *firebase_functions.dart* para leitura e escrita de dados.

- ***cadastrar_page.dart:*** tela de cadastro, exibindo notícias, caminhos acessíveis, rotas de ônibus, etc.

5.7 Visão de Implementação e cenários de aplicação

O aplicativo AppNAU é destinado ao suporte para PcDs em suas atividades diárias dentro do campus da cidade universitária da UEMA em São Luís e o sistema web *WSPcD* tem por objetivo suportar em tempo real os usuários do aplicativo. A seguir são descritas as telas do aplicativo, código de programação introdutória de implementação e os cenários ilustrativos demonstrando funcionamento da solução.

O primeiro cenário é da tela de boas-vindas do AppNAU, onde na figura 14 apresenta a solução em funcionamento e a introdução do seu código de implementação.

Figura 14 - Tela de Boas-Vindas

Fonte: Elaborado pelo Autor

A tela de boas-vindas utiliza-se dos pacotes de *pages* com funções como *caroussel*, *home* e *libras_webviewer*. Para isso recursos disponibilizados no diretório *common, componentes, constants, routes, utils* e *splash* são fundamentais para o funcionamento da tela inicial a partir deste momento recursos como geolocalização, e acessibilidade como leitura da tela e libras já estão em funcionamento.

Na figura 15 é exibido a tela de login do aplicativo em funcionamento e a introdução do seu código de implementação.

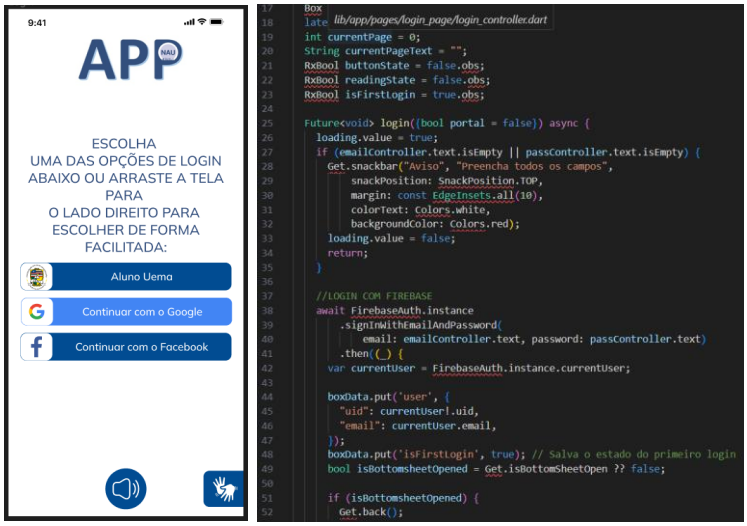


Figura 15 - Tela de Login

Fonte: Elaborado pelo Autor

Na tela de login utiliza-se dos pacotes de *nivel_1* dentro de *pages* com funções como *componentes*, *caroussel*, *login*, *libras_webviewer e home*. Para isso recursos disponibilizados no diretório *common, constants, routes, utils* e *splash* são fundamentais para o funcionamento da tela de login. Recursos de autenticação vinculados ao Firebase, Google e Facebook são ofertados aos usuários, feito a definição de login, são armazenadas as informações no banco de dados, para que nos logins seguintes não necessite de autenticação em uma segunda oportunidade.

Na figura 16 é exibido a de definição do tipo de deficiência do usuário do aplicativo em funcionamento e a introdução do seu código de implementação.

Figura 16 - Tela de definição de Tipo de Deficiência

Fonte: Elaborado pelo Autor

A tela de definição do tipo de deficiência que neste protótipo atende os deficientes visuais, auditivos e físicos utiliza-se dos pacotes de *nivel_2* dentro de *pages* com funções como *componentes*, *caroussel*, *perfil* e *libras_webviewer*. Para isso recursos disponibilizados no diretório *common, constants, routes, utils* e *splash* são fundamentais para o funcionamento das telas. Feito a definição do tipo de deficiência, o aplicativo se adapta a deficiência do usuário acionando recursos audiovisuais exclusivos para melhoria de acessibilidade e vincula ao perfil do usuário, sendo as informações são armazenadas no banco de dados, para que nos logins seguintes não necessite da definição do tipo de deficiente que está utilizando logado em determinado perfil, permitindo inclusive que o ambiente web *WSPcD* tenha esta informação em tempo real para facilitar a gestão da rotina administrativa do Núcleo de Acessibilidade da UEMA (NAU).

Na figura 17 é exibido uma das telas de serviços disponíveis no aplicativo e em funcionamento e a introdução do seu código de implementação.

Figura 17 - Telas de Serviços

Fonte: Elaborado pelo Autor

O conjunto de 5 telas de serviços do aplicativo ofertam os serviços de painel de comunicação NAU, caminhos acessíveis, ônibus acessível, serviços NAU e o Botão do pânico que utiliza-se dos pacotes de *nivel_3* dentro de *pages* com funções como *componentes*, *caroussel*, *servicos* e *libras_webviewer*. Para isso recursos disponibilizados no diretório *common, constants, routes, utils* e *splash* são fundamentais para o funcionamento da serviços.

Na figura 18 é exibido uma das telas de sub-serviços disponíveis no aplicativo e em funcionamento e a introdução do seu código de implementação.

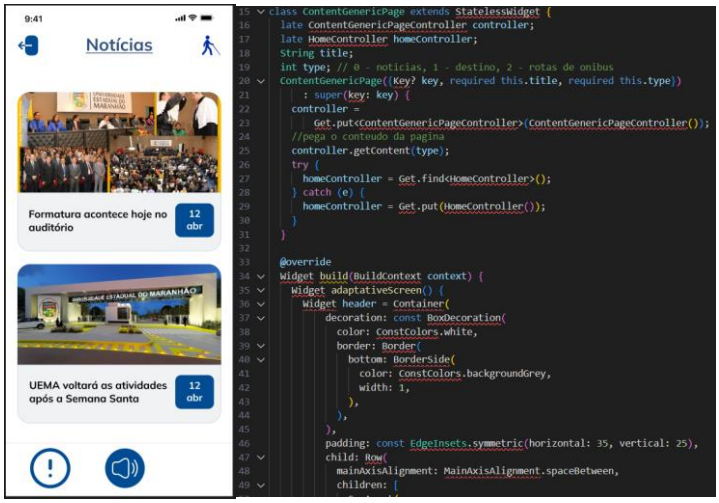
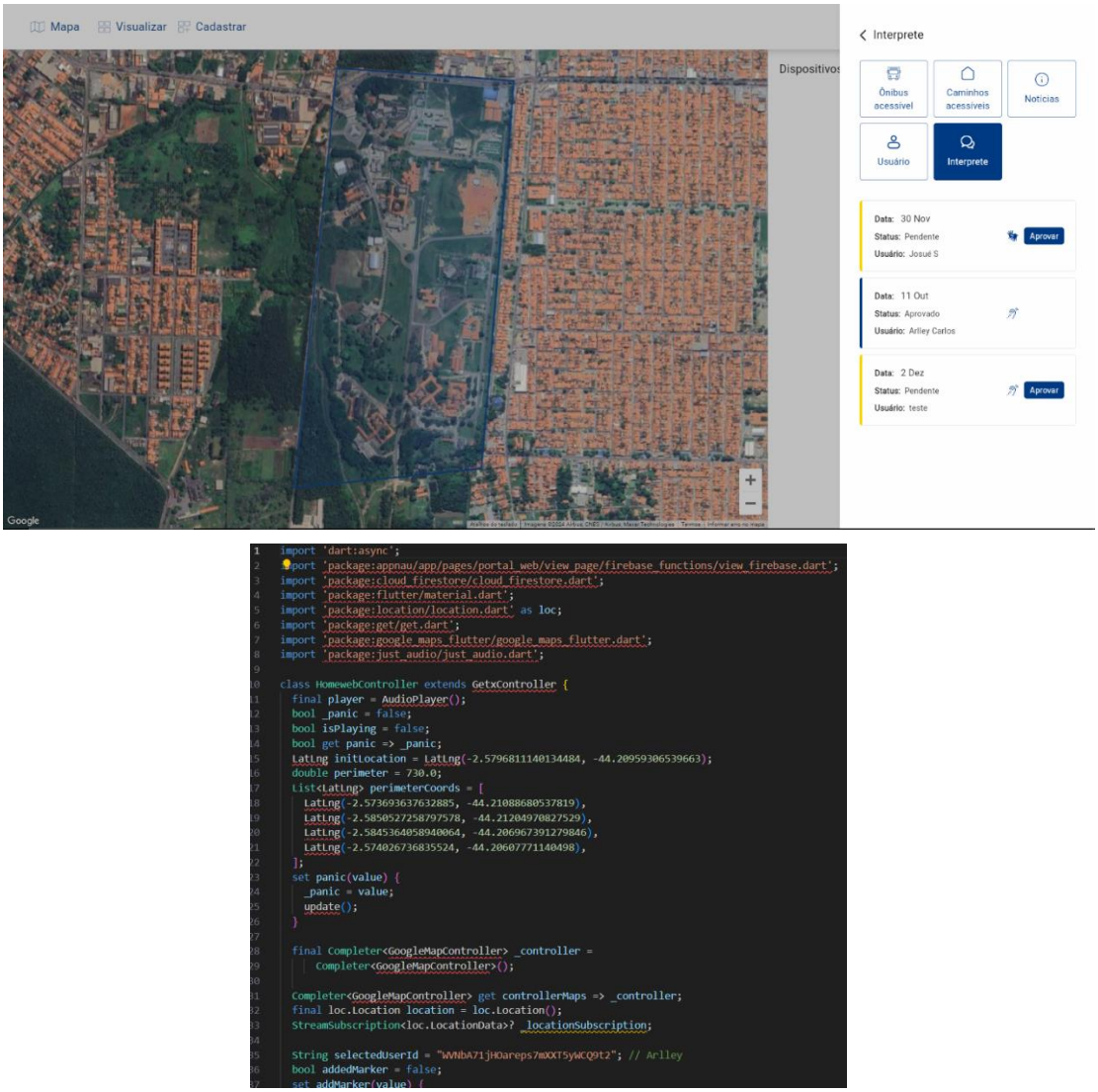


Figura 18 - Telas de Sub-serviços

Fonte: Elaborado pelo Autor

O conjunto de 5 (cinco) telas de sub-serviços do aplicativo ofertam os serviços de comunicações dentro do ambiente do painel de comunicação NAU, de geolocalização dos prédios cadastrados por meio do serviço de caminhos acessíveis, do rotograma cadastro por meio do serviço de ônibus acessível, e dos sub-serviços dentro do ambiente de serviços NAU que se utilizam dos pacotes de *nivel_4* dentro de *pages* com funções como *componentes*, *caroussel*, *news, path, pathbus, services* e *libras_webviewer*. Para isso recursos disponibilizados no diretório *common, constants, routes, utils* e *splash* são fundamentais para o funcionamento da serviços. Importante ressaltar que neste nível o recurso de *libras_webviewer* faz a chamada do API da solução Rybená, substituindo a gravação do intérprete do NAU por uma solução do robô tradutor de libras.

Na figura 19 é exibido a tela do ambiente *WSPcD* que pode ser acessado através de qualquer navegador web, bem como o seu funcionamento e a introdução do seu código de implementação.




```dart
import 'dart:async';
import 'package:appnau/app/pages/portal_web/view_page/firebase_functions/view_firebase.dart';
import 'package:cloud_firestore/cloud_firestore.dart';
import 'package:flutter/material.dart';
import 'package:location/location.dart' as loc;
import 'package:get/get.dart';
import 'package:google_maps_flutter/google_maps_flutter.dart';
import 'package:just_audio/just_audio.dart';

class HomewebController extends GetxController {
  final player = AudioPlayer();
  bool _panic = false;
  bool isPlaying = false;
  bool get panic => _panic;
  LatLng initLocation = LatLng(-2.5796811140134484, -44.2095930659663);
  double perimeter = 730.0;
  List<LatLng> perimeterCoords = [
    LatLng(-2.5736936376328885, -44.21088680537819),
    LatLng(-2.5850527258797578, -44.21204970827529),
    LatLng(-2.5845364058940064, -44.206967391279846),
    LatLng(-2.5740267368355524, -44.20607771140498),
  ];
  set panic(value) {
    _panic = value;
    update();
  }

  final Completer<GoogleMapController> _controller =
      Completer<GoogleMapController>();

  Completer<GoogleMapController> get controllerMaps => _controller;
  final loc.Location location = loc.Location();
  StreamSubscription<loc.LocationData>? _locationSubscription;

  String selectedUserId = "WVNbA71jHOareps7mXXT5yWCQ9t2"; // Arlley
  bool addedMarker = false;
  set addMarker(value) {
```

Figura 19 - Tela do ambiente *Web Service PcD (WSPcD)*

Fonte: Elaborado pelo Autor

O ambiente web *WSPcD* funciona como um ambiente de monitoramento em tempo real dos usuários logados e em circulação dentro do perímetro dentro das dependências da cidade universitária da UEMA em São Luís e com serviços de gestão de usuários, cadastro de caminhos acessíveis, cadastro de rotas de ônibus, recebimento de solicitações serviços NAU (ex: intérprete de libras) e de acionamento advindos do botão do pânico, tudo isso vinculado ao aplicativo AppNAU.

Para isso utilizam-se dos pacotes do *portal_web* e de *home* com funções como *componentes*, *login, home, page_view* e *cadastrar*. Para isso recursos disponibilizados no diretório *common, constants, routes, utils* e *splash* são fundamentais para o funcionamento da serviços. Importante ressaltar que esta ambiente tem forte integração com os ambientes do Firebase e do Google Maps.

6. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Este capítulo apresenta a análise dos resultados obtidos nos experimentos realizados do protótipo em conjunto com as partes interessadas do NAU, além disso um questionário acadêmico foi aplicado para usuários PcDs internos e externos a universidade visando amplificar o conhecimento com relação a importância das tecnologias assistivas.

Este trabalho apresentou um modelo com foco na acessibilidade ubíqua, onde a arquitetura proposta oferece suporte monitorando ambientes, recursos, usuários, integrando-os e oferecendo informações de serviços. Utiliza-se ainda, informações advindas do *feedback* das próprias pessoas com deficiências, agregando informações detalhadas neste trabalho que possibilita posterior evolução da solução.

Entende-se que o protótipo utiliza perfis de usuários, monitora e gerencia trilhas de entidades, disponibilizando informações por meio de serviços web, computação em nuvem e IoT. A computação ubíqua é o ponto de partida para o protótipo proposto, integrando outras tecnologias, inclusive possibilitando a adição de outros dispositivos, como computação vestível ou outros sensores utilizados para ambientes inteligentes.

Para fins de avaliação do impacto social junto aos usuários, submetemos o protótipo para testes de campo, recebendo o feedback de acordo a cada serviço ofertado no aplicativo. Para o serviço do painel de comunicação, observou-se significativa facilidade para navegação e acionamento dos recursos de acessibilidade, como recomendação de melhoria futura sugeriu-se pelos usuários a adição completa da notícia no aplicativo e não a vinculação a link externo para que desta forma seja garantido o uso dos recursos de acessibilidade. Para o serviço de caminhos acessíveis, observou-se significativa facilidade para navegação, bem como do acionamento dos recursos de acessibilidade e da abertura do google *maps* nos aparelhos dos usuários, como recomendação de melhoria futura solicitou-se que sejam criados caminhos personalizados dentro do ambiente do google *maps* pelo time NAU para que seja dado a garantia de navegação segura sem riscos de acidentes com a utilização da navegação padrão do sistema de geolocalização do Google. Para o serviço de ônibus acessível, observou-se significativa facilidade para navegação e acionamento dos recursos de acessibilidade, como recomendação de melhoria futura solicitou-se que seja avaliado a possibilidade de integração do sistema com recursos IoT (ex: chips de dados) para captar a localização em tempo real dos ônibus ou integrar o sistema as soluções existentes em

mercado. Para a tela de serviços NAU, observou-se significativa facilidade para navegação e acionamento dos recursos de acessibilidade, não houve maiores considerações para melhorias futuras. Para o serviço do botão do pânico, observou-se significativa facilidade para navegação e acionamento, como sugestão de melhoria futura foi solicitado a adição de recursos para chamadas (ligações) diretas a central de monitoramento do NAU (*WS*PcD).

De forma geral, compreende que o protótipo contribui para a acessibilidade em cidades inteligentes. Após testes funcionais com interessados, o modelo atende critérios para aplicações massivas, gerencia usuários, adota perfis, trilhas e contextos. Os componentes AppNAU gerenciam recursos estáticos e dinâmicos, utilizando computação ubíqua, computação em nuvem, IoT, dados abertos e redes de sensores. Por ser genérico, o modelo pode atender distintos tipos de PcD, tais como: deficientes visuais, auditivos, deficientes físicos, etc...

Em seguida, adotamos uma pesquisa acadêmica com um questionário de 14 perguntas para destacar a importância das tecnologias assistivas e confirmar que esta pesquisa contribui para a inclusão social. Aplicamos a pesquisa a 2 (dois) grupos-alvo; o grupo 1 são usuários (PCDs e funcionários do núcleo de acessibilidade) internos à universidade que testaram o aplicativo e o grupo 2 são colaboradores externos do PCD que não testaram a solução, mas que podem contribuir com uma visão ampliada das tecnologias assistivas e sua importância para a inclusão social.

No que tange a aplicação da pesquisa, tivemos o total de 109 respostas, onde a primeira pergunta inserção do nome do participante. A segunda pergunta, conforme gráfico 1 abaixo, busca entender a qual grupo as partes interessadas estão inseridas, onde 16 respondentes pertencem ao grupo 1, número que representa 16% de adesão em relação ao universo total de respondentes possíveis (103) existentes na sede da universidade e os outros 93 respondentes pertencem ao grupo 2, que são PcD externos a universidade.

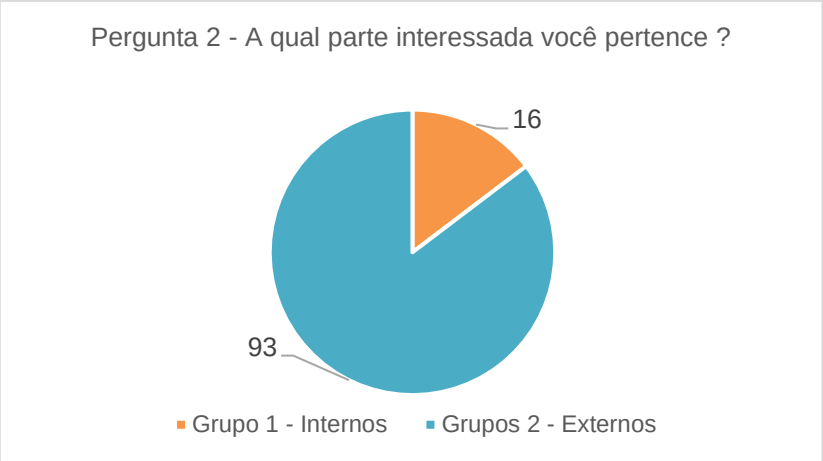


Gráfico 1 - Questionário – Pergunta 2

Fonte: Elaborado pelo Autor

No gráfico 2, são apresentados a volumetria dos participantes por tipo de deficiência ou não.

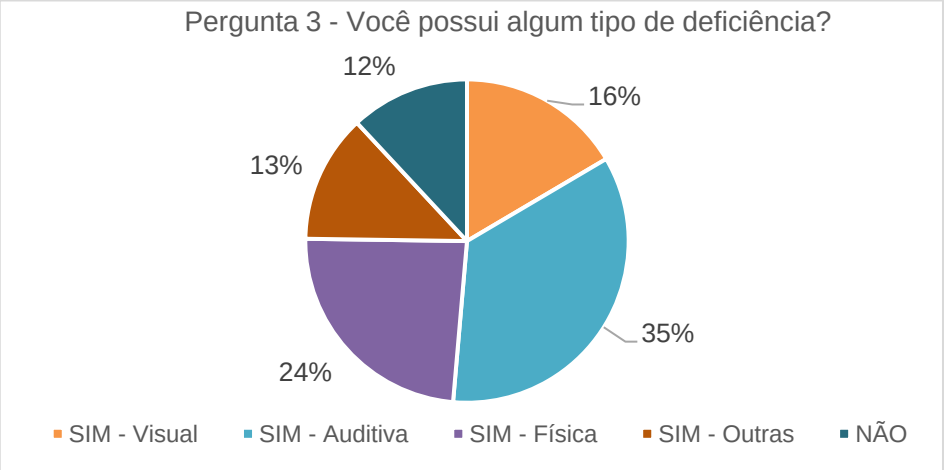


Gráfico 2 - Questionário – Pergunta 3

Fonte: Elaborado pelo Autor

Dos 109 participantes, 35% são pessoas com deficiência auditiva, 24% com deficiência física e 16% com deficiência visual, estes 3 principais grupos são os contemplados nesta pesquisa e que corroboram com a pesquisa mundial da ONU que define estes 3 tipos de deficiências como as principais entre a população PcD. Observa-se que 13% são pessoas que possuem outros tipos de deficiências como por exemplo, deficiência intelectual, sensorial, dentro outras e que não são as de maior quantitativo na sociedade e 12% não possuem qualquer tipo de deficiência, isto acontece pois são funcionários do NAU e que tem papel fundamental no desenvolvimento deste trabalho.

No gráfico 3, são apresentados a volumetria dos participantes por nível de escolaridade.

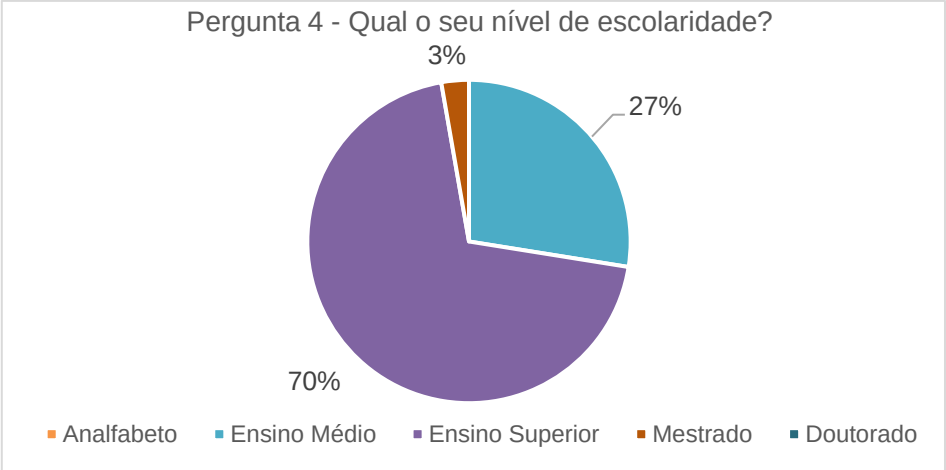


Gráfico 3 - Questionário – Pergunta 4

Fonte: Elaborado pelo Autor

Dos 109 participantes, 70% possuem nível superior (graduação), 27% possuem nível médio e 3% possuem mestrado. Observa-se um elevado número de participantes que estão inseridos no mercado de trabalho e que possuem apenas ensino médio.

No gráfico 4, apresenta-se os resultados da pergunta 5, onde foi utilizado a metodologia NPS para avaliar o quanto o entrevistado acredita ser importante o uso de Tecnologias Assistivas (TAs) para inclusão social das pessoas com deficiências (PcD).

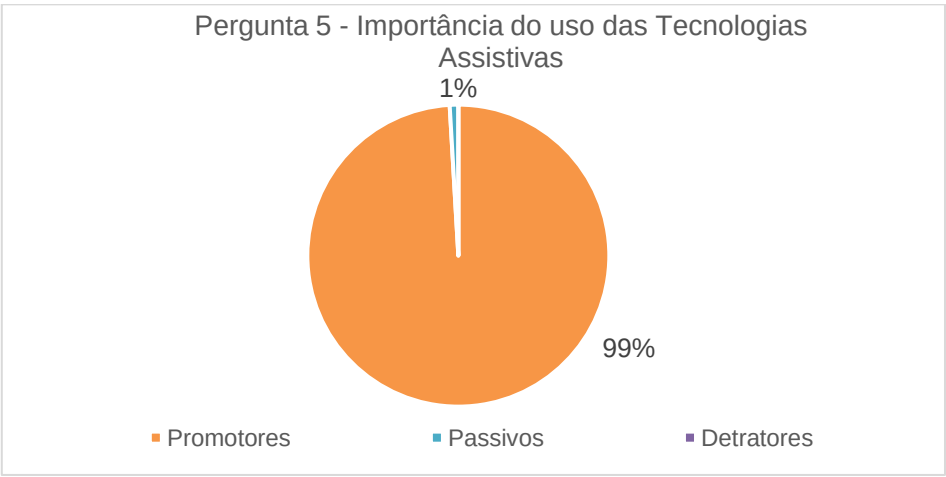


Gráfico 4 - Questionário – Pergunta 5

Fonte: Elaborado pelo Autor

Destaca que através da metodologia NPS, 99% dos respondentes deste grupo são promotores e afirmam que as tecnologias assistivas são importantes para a inclusão social das pessoas com deficiência.

No gráfico 5, apresenta-se os resultados da pergunta 6 onde questiona-se, se o entrevistado conhece, fez ou faz uso de Tecnologias Assistidas (TA) no seu ambiente de estudos?

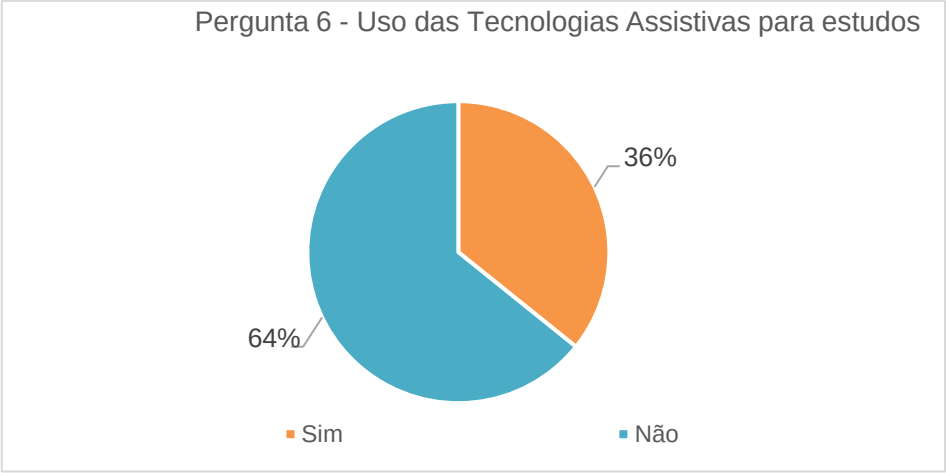


Gráfico 5 - Questionário – Pergunta 6

Fonte: Elaborado pelo Autor

Onde, 64% nunca teve interface com uma TA no seu ambiente de estudo e 36% disseram que sim. Observa-se desta forma o baixo incentivo aos estudos por meio das tecnologias assistivas.

No gráfico 6, apresenta-se os resultados da pergunta 7, onde questiona-se se o entrevistado conhece, fez ou faz uso de Tecnologias Assistidas (TA) no seu ambiente de trabalho?

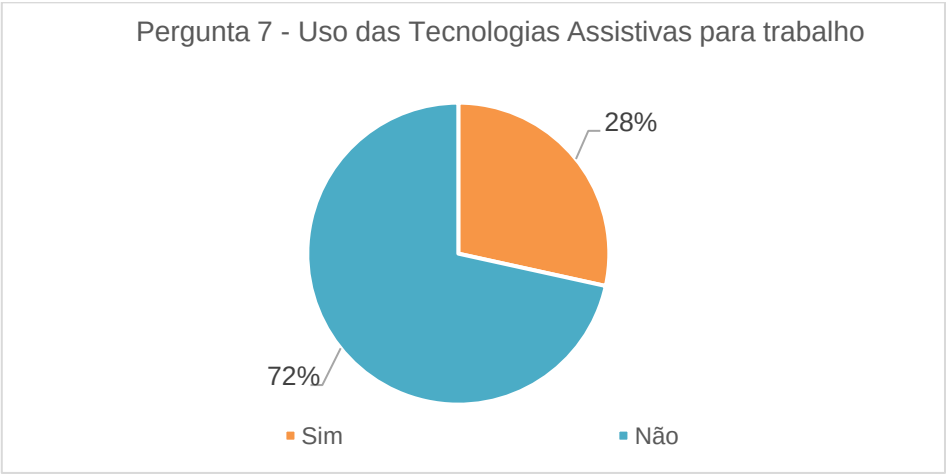


Gráfico 6 - Questionário – Pergunta 7

Fonte: Elaborado pelo Autor

Onde, 72% nunca teve interface com uma TA no seu ambiente de trabalho e 28% disseram que sim. Observa-se desta forma o baixo uso das tecnologias assistivas no ambiente de trabalho, isto pode potencializar a exclusão social.

No gráfico 7, apresenta-se os resultados para a pergunta 8, onde questiona-se se o entrevistado faz ou fez uso de Tecnologias Assistidas (TA) na sua residência?

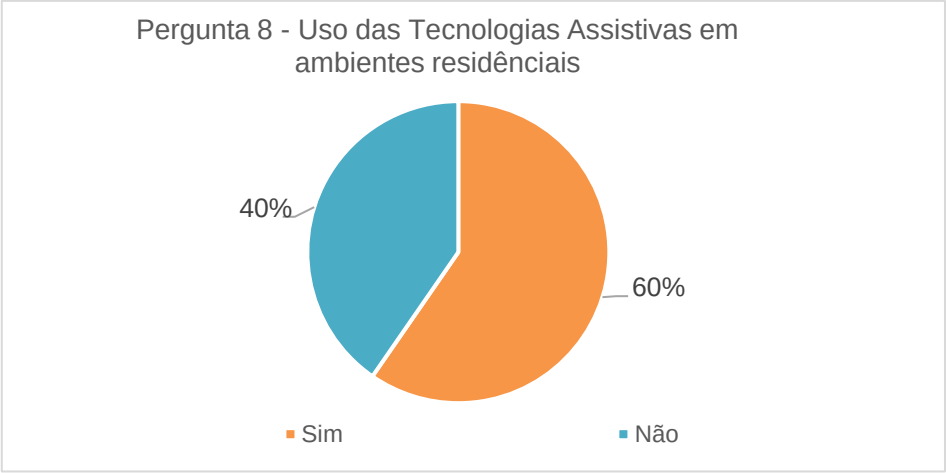


Gráfico 7 - Questionário – Pergunta 8

Fonte: Elaborado pelo Autor

Onde, 60% não faz uso de uma TA na sua residência e 40% disseram que sim. Observa-se desta forma o baixo uso das tecnologias assistivas no ambiente residencial pode afetar na qualidade de vida da pessoa com deficiência e acesso a informações.

No gráfico 8, apresenta os resultados da pergunta 9, onde questiona-se se o entrevistado conhece alguma Tecnologia Assistiva que seja amplamente ofertada, que atenda a todos tipos de PcDs sem distinção, a exemplo do protótipo criado neste trabalho.

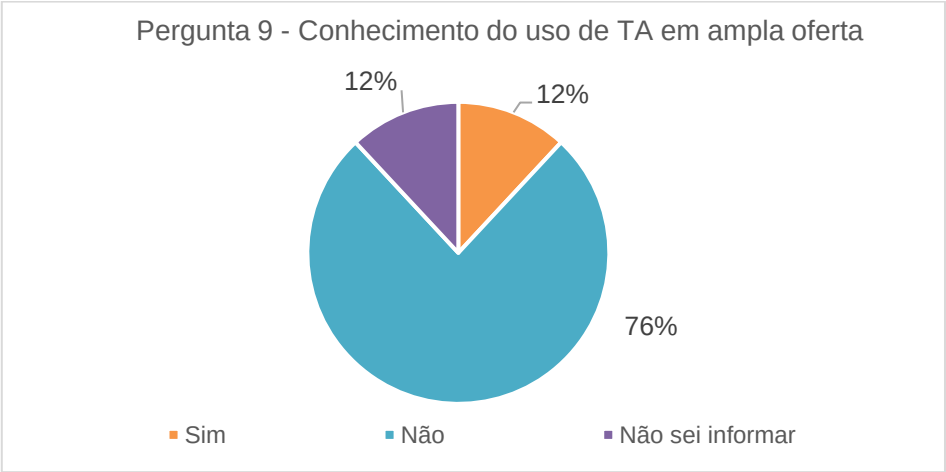


Gráfico 8 - Questionário – Pergunta 9

Fonte: Elaborado pelo Autor

Onde, 76% desconhecem o fato de existir alguma TA que seja amplamente ofertada, que atenda a todos tipos de PcDs sem distinção, e igualmente 12% disse que conhece e outros que não sabem informar. Esta pergunta reforça a importância para o desenvolvimento deste trabalho, onde propõem por meio do protótipo a criação de uma solução que seja adaptável aos diferentes tipos de pessoas com deficiência.

Para a pergunta 10, questiona-se o entrevistado faz ou fez uso de TA para acessibilidade urbana, onde 100% dos respondentes informam que “não”. Este número demonstra uma assustadora falta de adesão a recursos digitais para locomoção no perímetro urbano, talvez seja por falta de adaptabilidade dos recursos para a realidade do PcD ou por falta de suporte por parte do fornecedor da solução.

Para a pergunta 11, chama a atenção o fato de que 100% do total de participantes desta pesquisa desconhece sobre a Carta Brasileira de Cidades Inteligentes e seus indicadores estratégicos, que foi criada pelo Governo Federal em cumprimento ao acordo firmado com o ONU para construir cidades mais tecnológicas e inclusivas. Onde envolve-se a Agenda 2030 que foi aprovada em 2015 pela Assembleia Geral das Nações Unidas (ONU), da qual o Brasil é membro. Esta agenda está estruturada em torno de 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), entre eles está o Objetivo 11 – “Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis”. Os países que assinam acordos comprometem-se a implementar as decisões, respeitando as realidades nacionais. Quando o Brasil assinou, prometeu que adotaria uma abordagem de cidade inteligente. Esta Carta é uma ação concreta neste sentido.

Das perguntas 12 a 14 são destinadas ao grupo 1 que fez uso do aplicativo AppNAU ou do ambiente de monitoramento WSPcD durante o período de testes de campo. Onde a 12ª pergunta, questiona-se os entrevistados se eles acreditam que o protótipo (MVP) da solução proposta contribui para a inclusão social das PcD. Onde 100% responderam que “sim”, confiam plenamente que este trabalho vai contribuir para a inclusão desta minoria.

O gráfico 9 apresenta os resultados da pergunta 13, que questiona a facilidade para uso do aplicativo AppNAU ou sistema WSPcD.

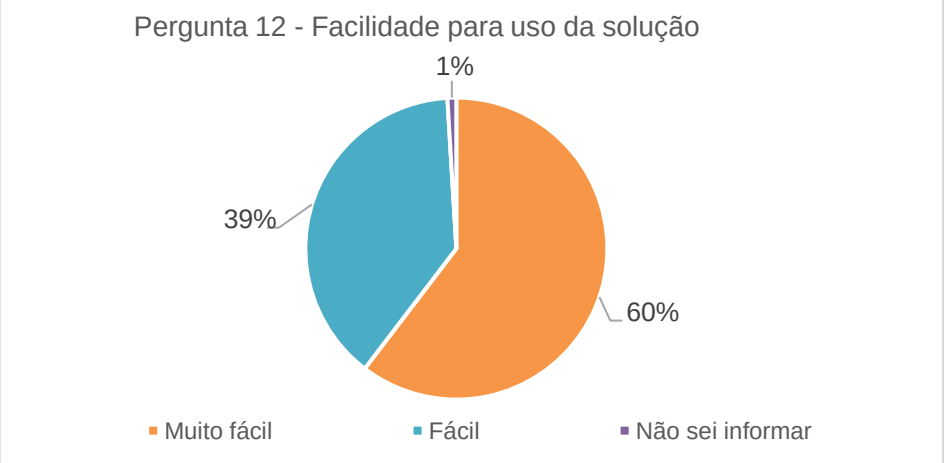


Gráfico 9 - Questionário – Pergunta 13

Fonte: Elaborado pelo Autor

Onde, 60% informam que o sistema (AppNAU e WSPcD) é “Muito fácil” para uso, 39% dizem que é “Fácil” e 1% que “não sabe informar”. Esta pergunta também endossa a importância para o desenvolvimento deste trabalho.

O gráfico 10 apresenta os resultados da pergunta 14, para o questionamento se os serviços ofertados dentro do aplicativo AppNAU são interessantes para facilitar a acessibilidade urbana e/digital.

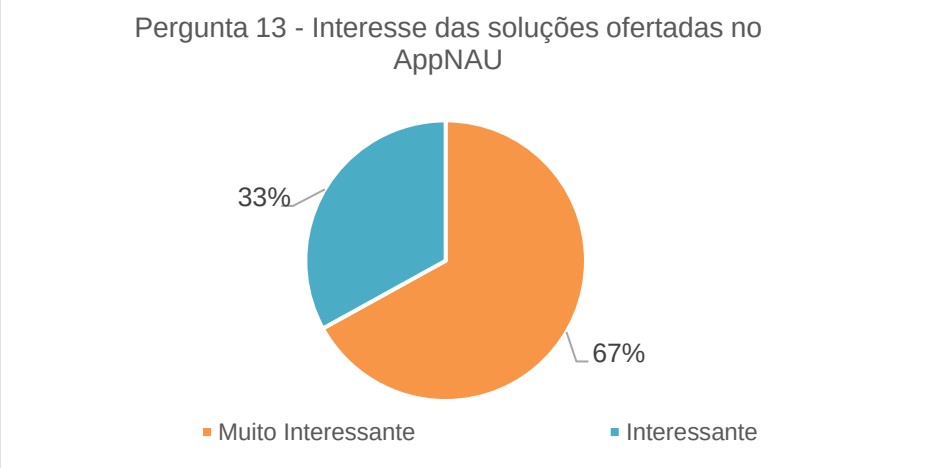


Gráfico 10 - Questionário – Pergunta 14

Fonte: Elaborado pelo Autor

Onde, 67% informam que as soluções ofertadas dentro do AppNAU são ‘Muito interessantes” e 33% dizem que são “Interessante”.

7. CONTRIBUIÇÕES CIÊNTIFICA E SOCIAL

Em primeiro lugar, o impacto social e científico trazido por este estudo é enorme porque contribui para desenvolver ainda mais tecnologias inclusivas que melhoram as oportunidades para Pessoas com Deficiência (PcD) em aglomerados urbanos. O protótipo proposto neste estudo constitui um marco essencial para mitigar as lacunas existentes de investigação e inovação em acessibilidade urbana para PcD. A implementação deste trabalho tem implicações que vão além do contexto imediato do acesso urbano, o fato de as características e a adaptabilidade serem evidentes num sistema protótipo pode informar como é feito o planeamento de cidades inteligentes, bem como informar os princípios nos quais o desenho urbano deve basear-se. Além disso, esta pesquisa afirma o fato de haver investigação limitada sobre o tema em questão e especialmente quando se trata de soluções abrangentes e adaptáveis de acordo com as

necessidades únicas das PcD que vivem em ambientes urbanos. Ao preencher esta lacuna, este trabalho ajuda a construir uma sociedade inclusiva e equitativa, onde as necessidades de cada indivíduo são consideradas e satisfeitas.

Um aplicativo dedicado à acessibilidade de deficientes não apenas desempenha um papel transformador no âmbito social, mas também contribui significativamente para avanços científicos. Socialmente, ao proporcionar acesso igualitário a informações, serviços e interações digitais, o aplicativo promove a inclusão e fortalece os laços comunitários. Essa ferramenta não apenas amplifica a participação ativa de pessoas com deficiência na sociedade, mas também sensibiliza a população em geral para as necessidades e desafios enfrentados por esse grupo. Do ponto de vista científico, o desenvolvimento contínuo desses aplicativos impulsiona a inovação em tecnologias assistivas, estimulando pesquisas e avanços na interface homem-máquina. Ao abraçar a diversidade funcional, esses aplicativos desencadeiam uma abordagem mais inclusiva na pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias, abrindo portas para soluções mais acessíveis e adaptáveis a uma variedade de necessidades individuais. Em última análise, esses aplicativos não apenas enriquecem a vida dos usuários, mas também contribuem para um progresso social e científico mais amplo e equitativo.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na Universidade Estadual do Maranhão o número de discentes com deficiência tem aumentado consideravelmente após a Lei de reservas de vagas. Como a acessibilidade no ensino superior vai muito além da construção de rampas, este trabalho do programa de pós-graduação em engenharia da computação e sistemas buscou abranger toda a complexidade dos oitos eixos mapeados para alcançar as metas e ações de acessibilidade da UEMA.

A partir das experiências, das ações, dos direitos e necessidades das pessoas com deficiência e de como vamos melhorar a acessibilidade na instituição por meio da tecnologia assistiva, e partindo dos discursões, determinações do corpo do NAU e da experiência no ambiente de testes com discentes PcDs, conseguiu-se chegar ao protótipo inicial desta solução que agrega as partes interessadas da UEMA. Desta forma, espera-se a aderência a este trabalho e que por meio das ações futuras espera-se a efetivação da inclusão tecnológica e urbana, bem como a permanência e aprendizagem do discente com deficiência.

A sociedade em si ganha com tal tecnologia, a aderência a designações para alcança-se uma cidade inteligente são parcialmente atendidas por meio deste trabalho de inclusão por meio da tecnologia. Desta forma, professores, engenheiros, administradores, entre outros profissionais com deficiência serão inclusão em uma sociedade mais igualitária, inclusiva e sensível as diferenças.

Assim, este autor acredita que uma universidade mais acessível e inclusiva pode meio da tecnologia pode colaborar para uma sociedade onde exista menos discriminação, com a igualdade de oportunidades, exercício dos direitos, proporcionando inclusão social e exercício da cidadania.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA PRADO, A. R. de; LOPES, M. E.; ORNSTEIN, S. W. (orgs.) **Desenho Universal: Caminhos da Acessibilidade no Brasil**. São Paulo: Annablume, 2010. 306p.

Assistivas, Tecnologias: Ferramentas para a inclusão. Disponível em: <https://maisautonomia.com.br/2020/01/29/tecnologias-assistivas/>. Acesso em: 26 mar. 2022.

BARBOSA, A. S. **Mobilidade urbana para pessoas com deficiência no Brasil: um estudo em blogs 2016**. Disponivel em: < http://www.scielo.br/pdf/urbe/v8n1/2175-3369-urbe-21753369008001AO03.pdf > Acesso em: 24 jan. 2022.

BRASIL, CNN: **Brasil tem mais de 17 milhões de pessoas com deficiência**, segundo IBGE. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/noticias/brasil-tem-mais-de-17-milhoes-de-pessoas-com-deficiencia-segundo-ibge/>> Acesso em: 06 jan. 2024.

BRASIL, Agência. IBGE: **6,2% da população têm algum tipo de deficiência**. Disponível em: <http://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2015-08/ibge62-da-populacao-tem-algum-tipo-de-deficiencia>. Acesso em: 05 fev. 2022.

BRASIL. **Decreto n. 3.298, de 20 de dezembro de 1999** (1999). Regulamenta a Lei n. 7.853, de 24 de outubro de 1989, dispõe sobre a Política Nacional para Integração da Pessoa Portadora de Deficiência, consolida as normas de proteção e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 20 dez. 1999. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d3298.htm>. Acesso em: 06 de jan de 2024.

BRASIL. Lei n. 13.146, de 06 de julho de 2015. **Institui a Lei Brasileira de Inclusão da pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência)**. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 06 DE JUL. 2015. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13146.htm>. Acesso em: 06 de jan de 2024.

BAKICI, T., ALMIRALL, E., WAREHAM, J.: ***A Smart City Initiative: The Case of Barcelona***. Journal of Knowledge Economy, DOI: 10.1007/s13132-012-0084-9 (2012)

CARVALHO L.P., FREIRE A.P..***Native or Web-Hybrid Apps?: An Analysis of the Adequacy for Accessibility of Android Interface Components Used with Screen Readers*** [internet]. Association for Computing Machinery New York NY United States; 2017. Disponível em: https://dl.acm.org/doi/10.1145/3160504.3160511. Acesso em: 23 jan. 2022.

CORREIA, Secundino. IN: GOMES, Marcio. **Construindo as Trilhas para a Inclusão**. Petrópolis, Vozes, 2009.

COSTA, A. C. C. dos S. .; FONSECA, L. C. C. .; ROSA, M. de F. L. . ***Urban accessibility facilitated by apps for PwDs: a systematic literature review. Research, Society and Development***, [S. l.], v. 11, n. 11, p. e08111133296, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i11.33296. Disponível em: https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/33296. Acesso em: 10 feb. 2024.

DAVID G., e MARY, S.. ***An Introduction to Software Architecture***. SEI Relatório Técnico CMU/SEI-94-TR-21.

Diretrizes de Acessibilidade para Conteúdo Web (WCAG) 2.1. Disponível em: https://dl.acm.org/doi/10.1145/3274192.3274224. Acesso em: 23 jan. 2022. Acesso em: 07 mai. 2022.

EDUCAÇÃO, Planta. **Acervo: As Novas Tecnologias e as Tecnologias Assistivas**. Disponível em: <https://acervo.plannetaeducacao.com.br/portal/artigo.asp?artigo=622#:~:text=Por%20exemplo%2C%20adapta%C3%A7%C3%B5es%20de%20teclado,autonomia%20%C3%A0%20pessoa%20com%20defici%C3%AAncia> Acesso em: 06 abr. 2022.

G. KBAR, S. ALY, I. ELSHARAWY, A. BHATIA, N. ALHASAN, and R. ENRIQUEZ. ***Smart Help at the Workplace for Persons with Disabilities*** (SHW-PWD). International Journal of Computer, Control, Quantum and Information Engineering, 9(1):84 – 90, 2015.

GALVÃO FILHO, T. A. A **Tecnologia Assistiva: de que se trata?** In: MACHADO, G. J. C.; SOBRAL, M. N. (Orgs.). Conexões: educação, comunicação, inclusão e interculturalidade. 1 ed. Porto Alegre: Redes Editora, p. 207-235, 2009.

HERSH, M., JOHNSON, K., & BURGSTAHLER, S. (2012). ***Universal Design in Higher Education: Promising Practices. Journal of Postsecondary Education and Disability***, 25(3), 189-202.

KOMNINOS, N; BRATSAS, C.; KARDERI, C.; TSARCHOPOULOS, P. ***Smart city ontologies: improving the effectiveness of smart city applications.*** *Journal of Smart Cities, URENIO Research, Department of Urban and Regional Development and Planning,* Aristotle University of Thessaloniki, 54124, Thessaloniki, Greece; E-mail: komninos@urenio.org, v. 1, Sep 2015.

LEE, R. C.: TEPFENHART, W. M.: ***UML and C++****: a practical guid to object-oriented development*. 2nd. Ed. Upper Saddle River, NF, USA: Prendtice Hall PRT, 2000.

LEI Nº 10.098 – **Canal Urbanismo e Meio Ambiente** – Prefeitura de Fortaleza em: < https://urbanismoemeioambiente.fortaleza.ce.gov.br/images/urbanismo-e-meio-ambiente/infocidade/lei_federal_n%C2%BA_10.098-2000.pdf>> Acesso em: 19 jun. 2022.

NETO, Natanel. MEDEIROS, Francisco. ARAÚJO, Ramon. **Acessibilidade em dispositivos móveis: uma análise sob a perspectiva das pesquisas em interação humano computador no Brasil** (GMAST), 2021 Brazilian Journal of Development. DOI: 10.34117/bjdv7n4-053.2021.

OLIVEIRA A.S. et al. QUIMIVOX MOBILE 2.0: ***Application for Helping Visually Impaired People in Learning Periodic Table and Electron Configurations*** [internet]. Association for Computing Machinery New York NY United States; 2019. Disponível em: https://dl.acm.org/doi/10.1145/3357155.3358436. Acesso em: 23 jan. 2021.

OLIVEIRA G. A. A., Bettio R. W., Freire AP. ***Accessibility of the smart home for users with visual disabilities: an evaluation of open source mobile applications for home automation***. 2016. [internet]. *Association for Computing Machinery New York NY United*

States. Disponível em: https://dl.acm.org/doi/10.1145/3033701.3033730 . Acesso em: 16 mar. 2022.

OLIVER, M. (1990). ***The Politics of Disablement: A Sociological Approach***. St. Martin's Press.

OMPI, Organização Mundial da Propriedade Intelectual. **Estudo sobre Tendências da Tecnologia em 2019 – Sumário executivo**. 2019. Disponível em: < https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/pt/wipo_pub_1055_exec_summary.pdf>. Acesso em: 23 mai. 2022.

PRESSMAN, Roger. S. **Engenharia de software.** 3 ed. São Paulo: Makron *Books*, 2015.

S. MIRRI, C. PRANDI, P. SALOMONI, F. CALLEGATI, and A. CAMPI. ***On combining crowdsourcing, sensing and open data for an accessible smart city.*** In Next Generation Mobile Apps, Services and Technologies (NGMAST), 2014 Eighth International Conference on, pages 294–299, Oxford, Sept 2014. IEEE. DOI: doi:10.1109/NGMAST.2014.59.

SANTOS, Isaias et al. **Possibilidades e limitações da arquitetura *MVC* (*model – vier - controller*) com ferramenta ide (*integrated development environment).*** 2010, 56f.

SASSAKI, Romeu Kazumi, **Inclusão: acessibilidade no lazer, trabalho e educação**. Revista Nacional de Reabilitação (Reação). São Paulo, Ano XII, mar/abr. 2009, p. 10-16.

SAÚDE, Organização Mundial da (Org.). **Relatório mundial sobre a deficiência.** São Paulo: Sedpcd, 2012, 2011. Disponível em: <http://www.pessoacomdeficiencia.sp.gov.br/usr/share/documents/RELATORIO_MUNDIAL_COMPLETO.pdf>. Acesso em: 23 jan. 2022.

SHAKESPEARE, T. (2006). ***Disability Rights and Wrongs***. Routledge.

SILVA, C. F.; FERREIRA, S.B.L.; Sacramento, C. ***Mobile Application Accessibility in the Context of Visually Impaired Users***. *Association for Computing Machinery New York NY United States*; 2018. Disponível em: https://dl.acm.org/doi/10.1145/3274192.3274224. Acesso em: 23 jan. 2022.

MACE, R. L. (1998). ***Universal Design: Barrier-Free Environments for Everyone. Designers West***, 33-40.

MACHADO, J. P. **Dicionário etimológico da língua portuguesa**. Livros Horizonte, 1990.

Núcleo de Acessibilidade da UEMA. **Política de Acessibilidade da Universidade Estadual do Maranhão**. Disponível em: https://drive.google.com/file/d/1Qqw73Zi4hwlhT7_Kj1VF9ROufEHJQIyM/view. Acesso em: 30 dez 2023.

ONU. (1948). **Declaração Universal dos Direitos Humanos**. Disponível em: https://www.un.org/pt/universal-declaration-human-rights/. Acesso em: 30 dez 2023.

ONU. (2006). **Convenção sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência.** Protocolo aprovado juntamente com a Convenção sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência, pela Assembleia Geral das Nações Unidas, no dia 6 de dezembro de 2006, através da resolução A/61/611. Disponível em: <http://www.acessobrasil.org.br/index.php?itemid=900>. Acesso em: 02 jan. 2023.

RAMOS, Ricardo Argenton. **Treinamento Prático em UML.** São Paulo: Digerati, 2016.

W. H. F. Aly. MND WSN ***for helping people with different disabilities***. International Journal of Distributed Sensor Networks, (489289), 2014. doi:10.1155/2014/489289.

WERMULLER, C. M. et al. Revisão Sistemática da Literatura sobre a integração entre o Facebook e o Moodle no suporte ao ensino. 2015. disponível em: http://www.gestaouniversitaria.com.br/system/scientific_articles/files/000/000/098/original/Artigo-revis%C3%A3o_sistem%C3%A1tica.