



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE COMPUTAÇÃO

Proposta de Aplicação Móvel para Autocuidado de Diabéticos com Acuidade Visual Prejudicada

Trabalho de Conclusão de Curso

Jonathan Kelvin de Jesus Santos



São Cristóvão – Sergipe

2021

Lista de abreviaturas e siglas

| | |
|------------|---|
| API | <i>Application Programming Interface</i> |
| DCOMP | Departamento de Computação |
| DM | <i>Diabetes Mellitus</i> |
| <i>Dev</i> | <i>Developer</i> |
| DV | Deficiência Visual |
| DVP | Deficiência Visual Parcial |
| DVT | Deficiência Visual Total |
| e-Mag | Modelo de Acessibilidade em Governo Eletrônico |
| IBGE | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística |
| OMS | Organização Mundial da Saúde |
| PDV | Pessoa(s) com Deficiência Visual |
| TA | Tecnologias Assistivas |
| TTS | <i>Text-to-speech</i> |
| SO | Sistema Operacional |
| UFS | Universidade Federal de Sergipe |
| UX | <i>User Experience</i> |
| WHO | <i>World Health Organization</i> |
| W3C | <i>World Wide Web Consortium</i> |

Sumário

| | | |
|----------|--|----------|
| 1 | Mapeamento Sistemático | 4 |
| 1.1 | Protocolo de Mapeamento Sistemático | 4 |
| 1.1.1 | Bases de Dados | 5 |
| 1.1.2 | <i>String de Busca</i> | 5 |
| 1.1.3 | Critérios de Inclusão e Exclusão | 7 |
| 1.1.4 | Fase de Extração | 11 |
| 1.2 | Resultados Encontrados | 14 |
| 1.2.1 | <i>A Mobile Educational Game Accessible to All, Including Screen Reading Users on a Touch-Screen Device</i> | 14 |
| 1.2.2 | <i>A Model-Driven Approach to Cross-Platform Development of Accessible Business Apps</i> | 15 |
| 1.2.3 | <i>An Accessible Roller Coaster Simulator for Touchscreen Devices: An Educational Game for the Visually Impaired</i> | 16 |
| 1.2.4 | <i>Application for the Configuration and Adaptation of the Android Operating System for the Visually Impaired</i> | 16 |
| 1.2.5 | <i>Blind and visually impaired user interface to solve accessibility problems</i> | 17 |
| 1.2.6 | <i>Design and development of a mobile app of drug information for people with visual impairment</i> | 18 |
| 1.2.7 | <i>Designing multimodal mobile interaction for a text messaging application for visually impaired users</i> | 19 |
| 1.2.8 | <i>Do You like My Outfit? Cromnia, a Mobile Assistant for Blind Users</i> | 20 |
| 1.2.9 | <i>Improved and Accessible E-Book Reader Application for Visually Impaired People</i> | 21 |
| 1.2.10 | <i>MathMelodies 2: A Mobile Assistive Application for People with Visual Impairments Developed with React Native</i> | 22 |
| 1.2.11 | <i>Object Recognition and Hearing Assistive Technology Mobile Application Using Convolutional Neural Network</i> | 23 |
| 1.2.12 | <i>QUIMIVOX MOBILE 2.0: Application for Helping Visually Impaired People in Learning Periodic Table and Electron Configuration</i> | 24 |
| 1.2.13 | <i>“Talkin’ about the weather”: Incorporating TalkBack functionality and sonifications for accessible app design</i> | 25 |
| 1.2.14 | <i>Users’ perception on usability aspects of a braille learning mobile application ‘mBRAILLE’</i> | 26 |
| 1.2.15 | <i>WordMelodies: Supporting Children with Visual Impairment in Learning Literacy</i> | 27 |

| | | |
|-------|---|-----------|
| 1.3 | Estudos Relacionados | 29 |
| 1.3.1 | <i>Accessibility of Mobile Applications: Evaluation by Users with Visual Impairment and by Automated Tools</i> | 29 |
| 1.3.2 | <i>Can Everyone use my app? An Empirical Study on Accessibility in Android Apps</i> | 30 |
| 1.3.3 | <i>Effect of UX Design Guideline on the information accessibility for the visually impaired in the mobile health apps</i> | 31 |
| 1.3.4 | <i>Mobile Device Accessibility for the Visually Impaired: Problems Mapping and Empirical Study of Touch Screen Gestures</i> | 32 |
| 1.3.5 | <i>Observation Based Analysis on the Use of Mobile Applications for Visually Impaired Users</i> | 35 |
| 1.3.6 | <i>Prioritization of mobile accessibility guidelines for visual impaired users</i> | 35 |
| 1.4 | Análise dos Resultados | 38 |
| 1.5 | Respostas das Questões do Protocolo | 40 |
| | Referências | 41 |

1

Mapeamento Sistemático

Este capítulo abordará o processo de Mapeamento Sistemático adotado neste estudo, com o objetivo de levantar métodos, técnicas e padrões utilizados na implementação de acessibilidade em aplicações *mobile*.

1.1 Protocolo de Mapeamento Sistemático

O termo Mapeamento Sistemático da Literatura (MSL) se refere a um estudo secundário que realiza uma revisão ampla de estudos primários existentes em um tema específico e visa identificar as evidências disponíveis nessa área (KITCHENHAM; CHARTERS, 2007). O método de Mapeamento Sistemático adotado foi o de Kitchenham, descrito por Silva (2009). Seguindo o método, foi desenvolvido um protocolo de revisão com intuito de responder as seguintes questões:

1. Quais são as principais soluções de acessibilidade para PDV utilizadas no desenvolvimento de aplicações móveis?
2. Quais foram as principais tecnologias utilizadas no desenvolvimento dessas soluções?
3. Para quais plataformas as soluções foram propostas?
4. Quem são os públicos alvos dessas soluções?

O *Parfisal*¹, ferramenta *online* que auxilia no desenvolvimento de Revisões Sistemáticas da Literatura, foi utilizado neste estudo. Com ele foi possível importar os resultados das buscas nas bases, identificar os artigos duplicados, definir os critérios para inclusão e exclusão, realizar a seleção dos estudos e, por fim, obter os relatórios para construção dos artefatos que apresentam o processo e os resultados desse MSL.

¹ <<https://parsif.al/>>

1.1.1 Bases de Dados

Cinco bases de dados científicos foram escolhidas neste trabalho, a *IEEE Xplore*², onde estão disponíveis conteúdos técnicos e científicos publicados pelo *Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)* e seus parceiros, a *Scopus*³, que é mantida pela *Elsevier* e combina um abrangente banco de dados de resumos e citações de literatura acadêmica em diversas áreas, a *ScienceDirect*⁴, principal plataforma da *Elsevier* de literatura revisada por pares, a *ACM Digital Library*⁵, uma plataforma de pesquisa que conta com textos completos de todas as publicações da *Association for Computing Machinery (ACM)* e de uma curada coleção de publicações de editoras selecionadas e a *PubMed*⁶, plataforma gratuita que conta com uma base de dados com mais de 33 milhões de citações e resumos da literatura biomédica.

1.1.2 String de Busca

Para realização da busca dos artigos, um conjunto de palavras-chave e sinônimos foi definido de acordo com o tema deste trabalho, como é mostrado no [Quadro 1](#).

Quadro 1 – Palavras-chave e Sinônimos.

| Palavra-chave | Sinônimos (Inglês) |
|--------------------|---|
| Acessibilidade | <i>Accessibility</i> |
| Aplicativo | <i>Application, App</i> |
| Deficiência visual | <i>Visual impairment, Visually impaired</i> |
| Móvel | <i>Mobile, Smartphone</i> |

Fonte: Autor

Com o objetivo de manter a consistência da busca nas diferentes bases, foi gerada, a partir das palavras-chave, a *string* de busca genérica indicada no [Quadro 2](#). As palavras-chave que possuem sinônimos aparecem na *string* entre parêntesis com o operador *OR*, visando incluir os resultados que contenham um dos termos, para indicar que esses termos são sinônimos no contexto do tema abordado neste trabalho.

Quadro 2 – String genérica.

| String genérica |
|---|
| <i>accessibility AND (“visual impairment” OR “visually impaired”) AND (mobile OR smartphone) AND (app OR application)</i> |

Fonte: Autor

² <<https://ieeexplore.ieee.org>>

³ <<https://www.scopus.com>>

⁴ <<https://www.sciencedirect.com>>

⁵ <<https://dl.acm.org>>

⁶ <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov>>

A *string* genérica serviu de modelo para criação das *strings* específicas, indicadas no **Quadro 3**, de acordo com as particularidades de cada base de busca. As *strings* específicas buscam pelas palavras-chave nos títulos e resumos dos artigos, afim de encontrar os que focam no tema proposto neste estudo, não considerando os que apenas citam as palavras-chave ao longo do texto.

Quadro 3 – *Strings* específicas para busca em cada base.

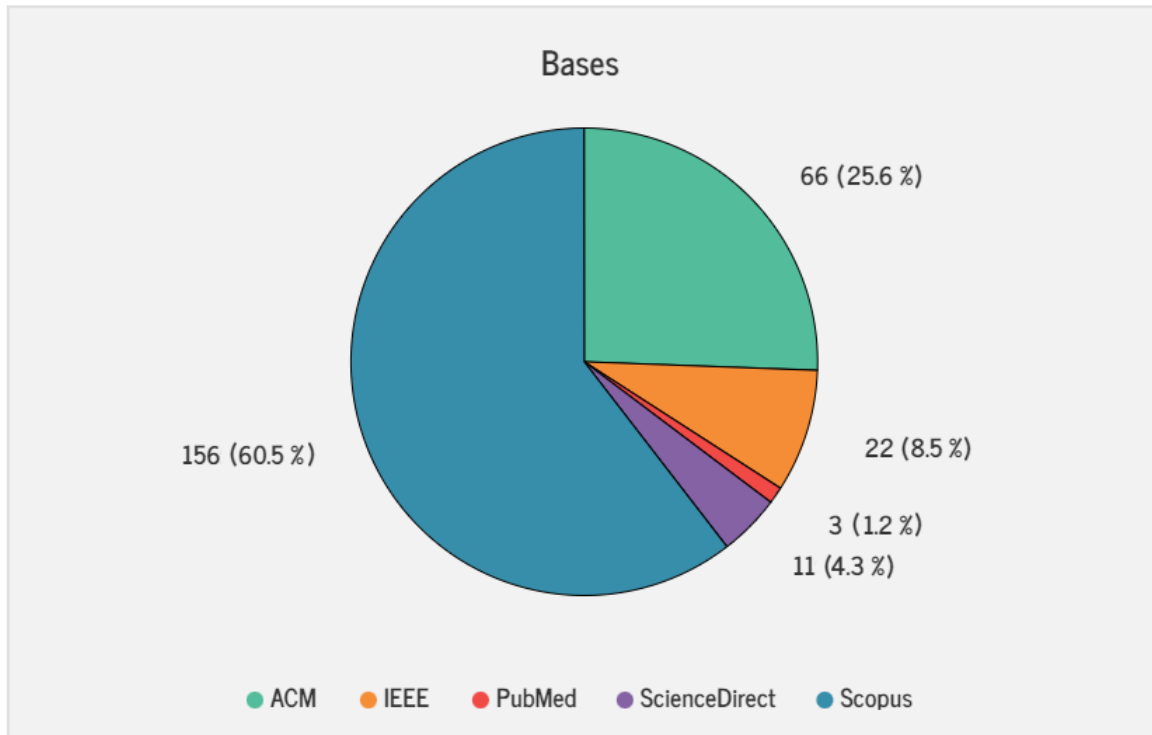
| Base | String de busca |
|---------------------|--|
| ACM Digital Library | (Abstract:(accessibility) OR Title:(accessibility)) AND (Abstract:("visual impairment"OR "visually impaired") OR Title:("visual impairment"OR "visually impaired")) AND (Abstract:(smartphone OR mobile) OR Title:(smartphone OR mobile)) AND (Abstract:(app OR application) OR Title:(app OR application)) |
| IEEE Xplore | ((("Abstract":accessibility OR "Document Title":accessibility) AND ("Document Title":mobile OR "Document Title":smartphone OR "Abstract":mobile OR "Abstract":smartphone) AND ("Document Title":("visual impairment"OR "Abstract":("visual impairment"OR "Document Title":("visually impaired"OR "Abstract":("visually impaired")) AND ("Document Title":app OR "Document Title":application OR "Abstract":app OR "Abstract":application)) |
| PubMed | (accessibility[Abstract] OR accessibility[Title]) AND ("visually impaired"[Abstract] OR "visual impairment"[Abstract] OR "visually impaired"[Title] OR "visual impairment"[Title]) AND (mobile[Abstract] OR smartphone[Abstract] OR mobile[Title] OR smartphone[Title]) AND (app[Title] OR app[Abstract] OR application[Title] OR application[Abstract]) |
| ScienceDirect | Title, abstract, keywords: accessibility AND ("visual impairment"OR "visually impaired") AND (mobile OR smartphone) AND (app OR application) |
| Scopus | TITLE-ABS (accessibility AND ("visual impairment"OR "visually impaired") AND (smartphone OR mobile) AND (app OR application)) |

Fonte: Autor

A busca nas bases de dados selecionadas foi realizada no dia 04 de outubro de 2021 e retornou um total de 258 resultados. Como mostra a **Figura 1**, a maior quantidade de resultados foi encontrada na *Scopus*, isso acontece porque ela possui, de acordo com seu site⁷, o maior banco de dados de resumos e citações da literatura com revisão por pares. Em seguida aparecem a *ACM Digital Library* e a *IEEE Xplore* cujas principais publicações são na área de computação, e elétrica no caso da *IEEE*. Por fim, com as menores quantidades, a *ScienceDirect*, com publicações nas mais diversas áreas da ciência e a *PubMed* com publicações na área biomédica, justificando os menores resultados, visto que a busca foi realizada visando encontrar técnicas, métodos e padrões para o desenvolvimento de aplicações móveis acessíveis.

⁷ <<https://www.elsevier.com/pt-br/solutions/scopus>>

Figura 1 – Quantidade de artigos encontrados por base.



Fonte: Autor

1.1.3 Critérios de Inclusão e Exclusão

Critérios de inclusão e exclusão foram definidos visando a coerência dos artigos selecionados com o tema deste trabalho, bem como a remoção de artigos incompletos ou indisponíveis. Os critérios são:

Critérios de Inclusão

- O artigo deve propor método, técnica ou padrão para o desenvolvimento de aplicações móveis com acessibilidade para deficientes visuais;
- O artigo deve estar disponível na *web*;
- O artigo deve apresentar texto completo em formato eletrônico;
- O artigo deve estar escrito em português ou inglês.

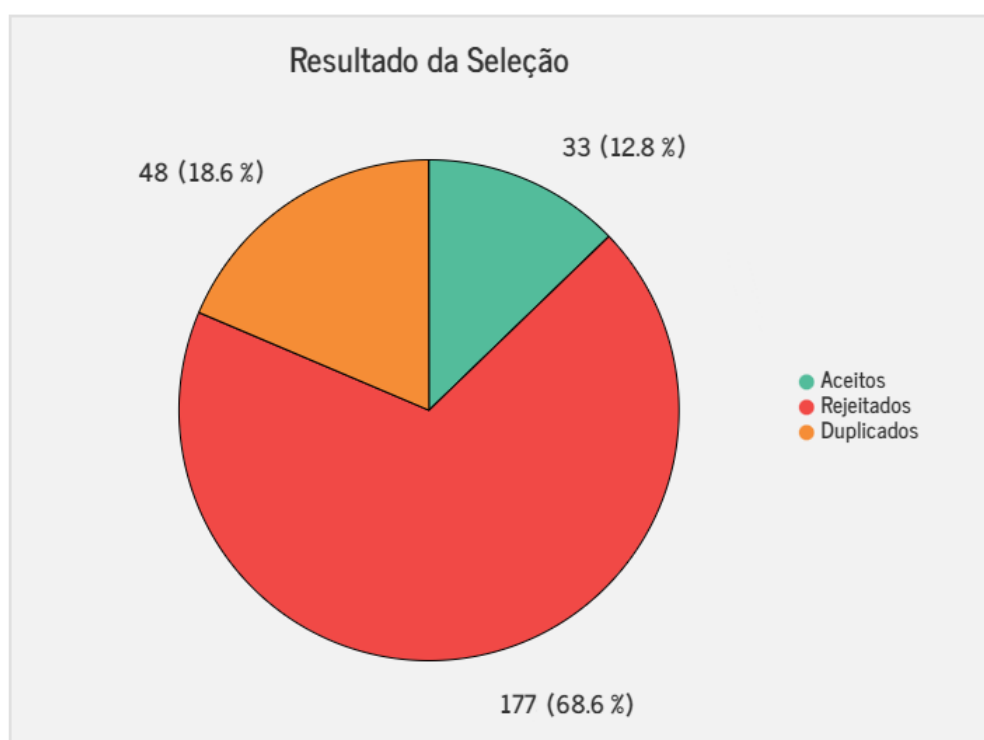
Critérios de Exclusão

- O artigo não apresenta proposta de aplicação móvel como solução;
- O artigo não apresenta aplicativo desenvolvido no contexto do tema deste trabalho;

- O artigo é um livro ou parte de um;
- O artigo foi publicado antes de 2016;
- O artigo está incompleto, indisponível ou duplicado.

No processo de seleção dos estudos, inicialmente, foi aplicado o critério de exclusão de artigos duplicados e, em seguida, o de artigos publicados antes de 2016, rejeitando 48 e 65 artigos, respectivamente. Esses critérios foram priorizados por não haver a necessidade da leitura dos títulos e resumos dos artigos para serem aplicados. Por fim, após a leitura dos títulos e resumos, mais 112 artigos foram rejeitados, totalizando 225 artigos. Assim, sendo aceitos 33 artigos para leitura completa e análise. A [Figura 2](#) apresenta o resultado dessa seleção.

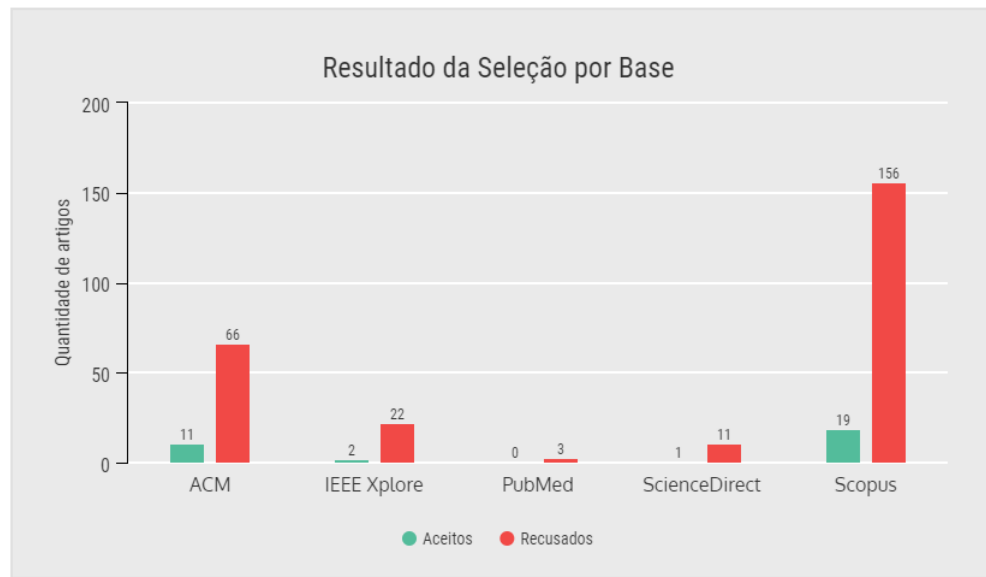
Figura 2 – Quantidade de artigos aceitos, rejeitados e duplicados na seleção.



Fonte: Autor

A [Figura 3](#) mostra o resultado da seleção para cada base de busca. Não houve priorização de bases ao rejeitar artigos duplicados, visto que a ferramenta utilizada possui uma funcionalidade que indica esses artigos, sendo necessário apenas a confirmação. Com isso, algumas bases como a *PubMed*, cujo resultado da busca retornou apenas 3 artigos sendo 1 duplicado, acabou apresentando poucos ou nenhum artigo aceito.

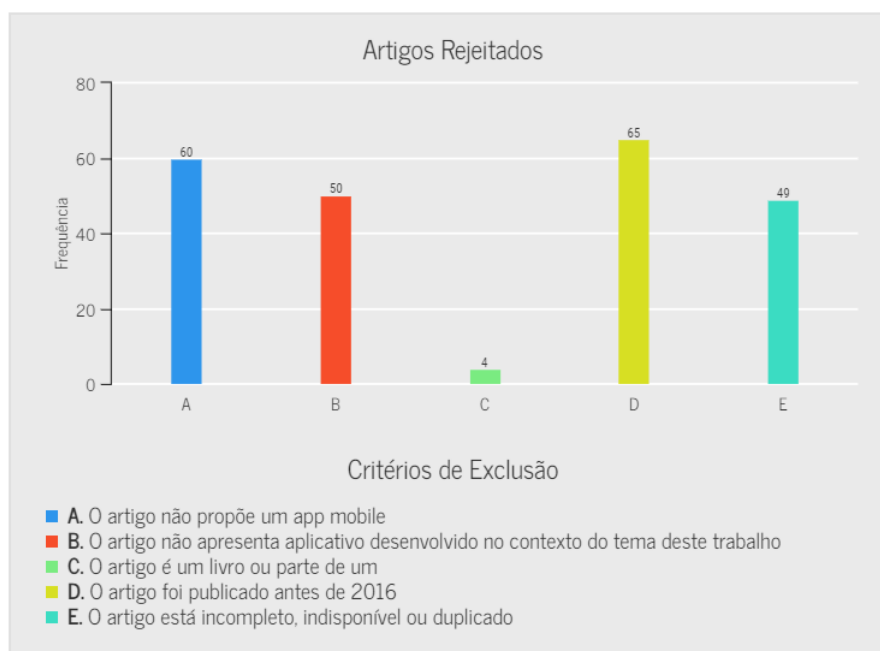
Figura 3 – Quantidade de artigos aceitos e rejeitados por base.



Fonte: Autor

A frequência dos artigos rejeitados, de acordo com os critérios de exclusão, sendo que, para rejeição, o artigo deveria atender a pelo menos um desses critérios, pode ser observada no gráfico da Figura 4, onde é listada para cada critério.

Figura 4 – Quantidade de artigos rejeitados por critério de exclusão.

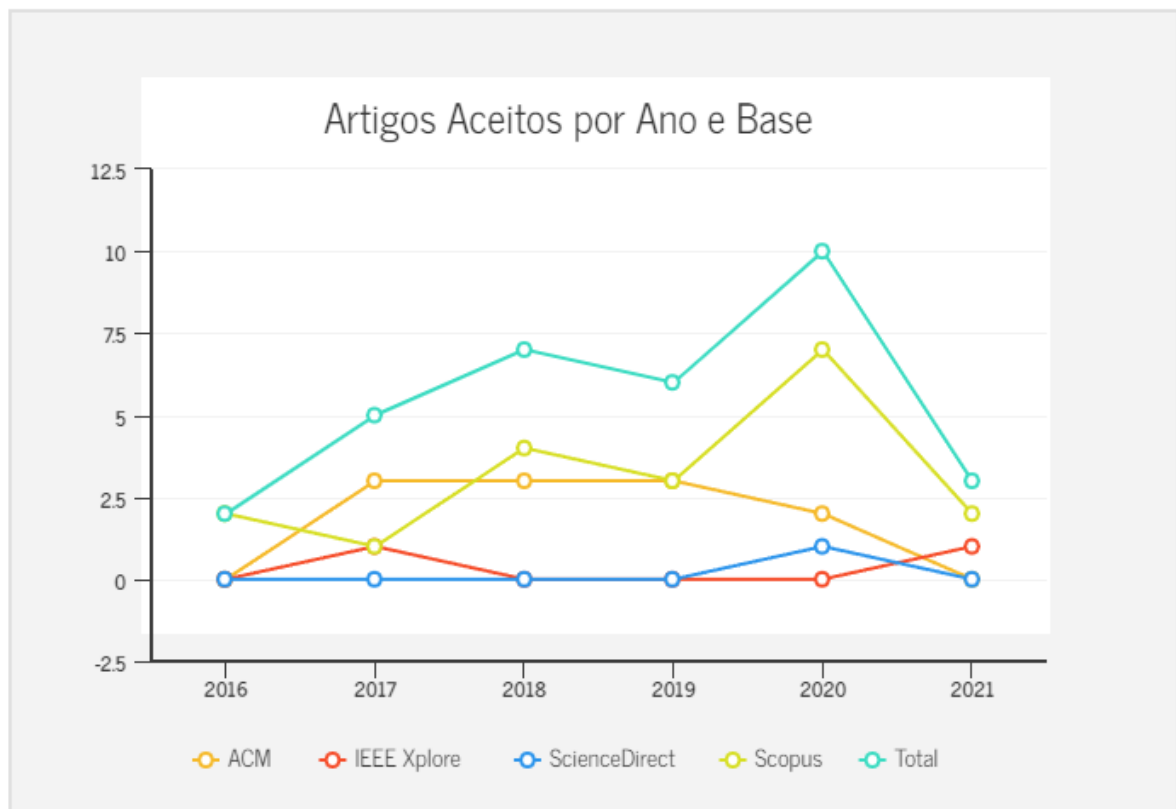


Fonte: Autor

Os critérios de exclusão levaram em consideração, principalmente, aspectos como divergência com o tema deste trabalho e não apresentação de aplicação desenvolvida para dispositivos móveis. Os critérios D e E aparecem com grande frequência na [Figura 4](#), valendo ressaltar a ordem na avaliação dos critérios (E, D, A, B e C), onde os artigos que se enquadraram em um dos critérios foram rejeitados, não sendo considerados para avaliação nos demais. É comum que o critério D seja utilizado no próprio processo de busca dos artigos, filtrando apenas os anos de interesse, porém, como não foi possível adicionar esse filtro às *strings* de busca para todas as bases, foi optado por não utilizá-lo, para manter a consistência nos resultados das buscas.

Após a aplicação dos critérios de exclusão, através da leitura e análise dos títulos e resumos, os artigos restantes, a priori, mostraram se enquadrar em todos os critérios de inclusão. Assim, a [Figura 5](#) exibe a distribuição desses artigos por ano de publicação e base de busca, mostrando uma clara tendência de alta anual, nos últimos 5 anos, na quantidade de artigos que abordam o tema deste trabalho. A base *PubMed* foi desconsiderada nessa figura, visto que nenhum artigo dela foi selecionado como mostrou a [Figura 4](#).

Figura 5 – Quantidade de artigos aceitos por ano e base.

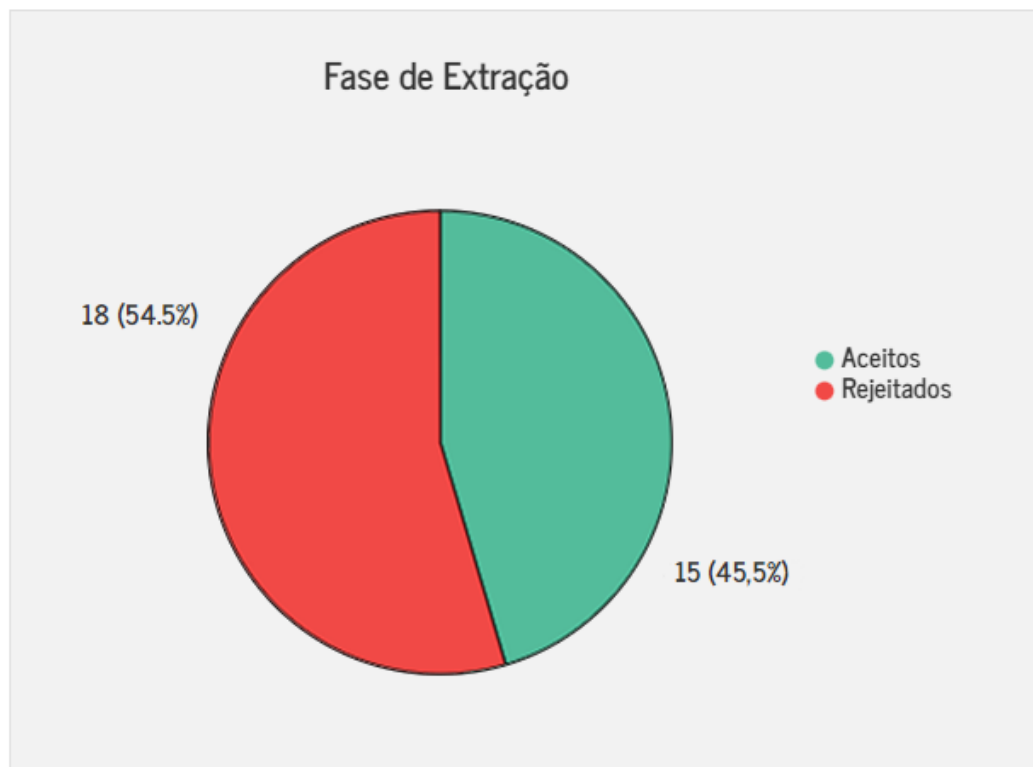


Fonte: Autor

1.1.4 Fase de Extração

Durante a fase de extração, uma análise mais aprofundada dos artigos foi realizada, inicialmente com intuito de reaplicar os critérios já definidos e utilizados na fase anterior. O resultado dessa última filtragem pode ser visto na [Figura 6](#).

Figura 6 – Artigos aceitos e rejeitados na fase de extração.

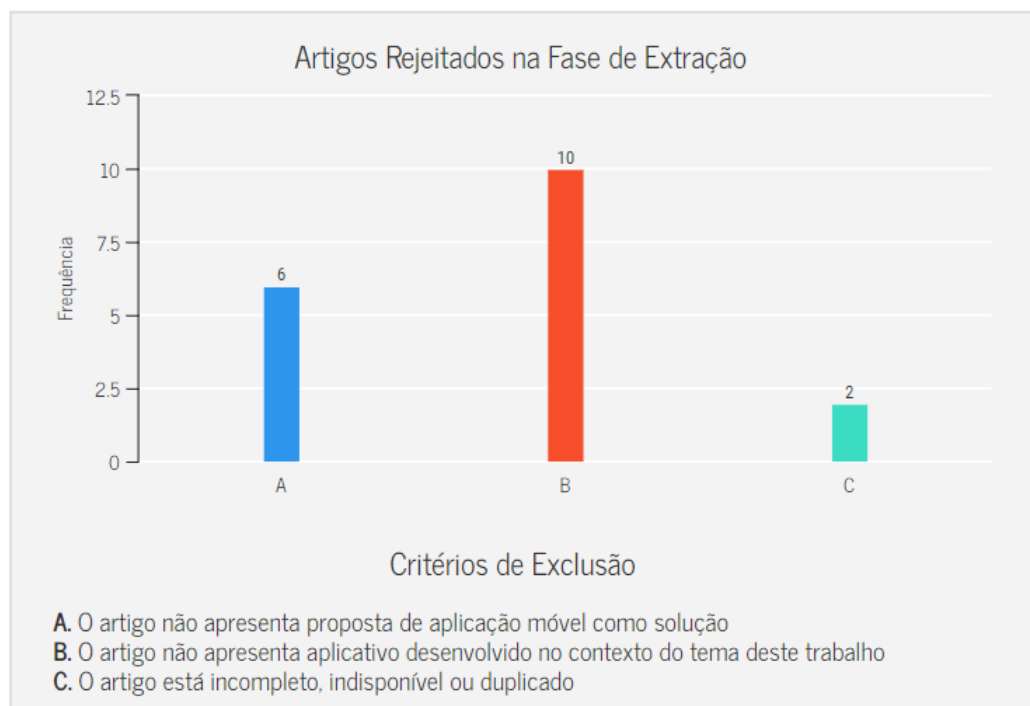


Fonte: Autor

Como a aplicação inicial dos critérios foi realizada com base apenas na leitura dos títulos e resumos dos estudos, não foi possível garantir que os artigos aceitos realmente não se enquadravam nos critérios de exclusão. Assim, com a análise mais aprofundada e leitura completa dos textos, foi possível identificar 18 artigos que se enquadravam em algum desses critérios, como mostrou a [Figura 6](#).

A [Figura 7](#) mostra a frequência de artigos que foram rejeitados por cada critério de exclusão. Apenas os critérios com frequência maior que 0 foram considerados na figura. O principal motivo para rejeição foi o B, onde os trabalhos apresentavam aplicações móveis que não haviam sido desenvolvidas com foco na acessibilidade da aplicação em si. O segundo foi o A, onde os estudos não apresentavam uma aplicação móvel com acessibilidade à PDV como solução.

Figura 7 – Artigos rejeitados na fase de extração por critério exclusão.



Fonte: Autor

Os 15 estudos aceitos na fase de extração foram reunidos no [Quadro 4](#) com a listagem de informações como o título do estudo, referência e o nome da base de dados em que o artigo foi encontrado.

Quadro 4 – Artigos aceitos na fase de extração.

| Sigla | Título | Referência | Base de dados |
|-------|--|-------------------------------------|---------------------|
| AM1 | <i>A Mobile Educational Game Accessible to All, Including Screen Reading Users on a Touch-Screen Device</i> | (LEPORINI; PALMUCCI, 2017) | ACM Digital Library |
| AM2 | <i>A model-driven approach to cross-platform development of accessible business apps</i> | (RIEGER et al., 2020) | ACM Digital Library |
| AM3 | <i>An Accessible Roller Coaster Simulator for Touchscreen Devices: An Educational Game for the Visually Impaired</i> | (BIASE et al., 2018) | IEEE Xplore |
| AM4 | <i>Application for the Configuration and Adaptation of the Android Operating System for the Visually Impaired</i> | (OLIVEIRA; BRAGA; DAMACENO, 2018) | ACM Digital Library |
| AM5 | <i>Blind and visually impaired user interface to solve accessibility problems</i> | (SHERA et al., 2021) | Scopus |
| AM6 | <i>Design and development of a mobile app of drug information for people with visual impairment</i> | (MADRIGAL-CADAVID et al., 2020) | ScienceDirect |
| AM7 | <i>Designing multimodal mobile interaction for a text messaging application for visually impaired users</i> | (DUARTE et al., 2017) | Scopus |
| AM8 | <i>Do You like My Outfit? Cromnia, a Mobile Assistant for Blind Users</i> | (VITIELLO et al., 2018) | ACM Digital Library |
| AM9 | <i>Improved and Accessible E-Book Reader Application for Visually Impaired People</i> | (SHIN et al., 2017) | ACM Digital Library |
| AM10 | <i>MathMelodies 2: A Mobile Assistive Application for People with Visual Impairments Developed with React Native</i> | (CANTù et al., 2018) | ACM Digital Library |
| AM11 | <i>Object Recognition and Hearing Assistive Technology Mobile Application Using Convolutional Neural Network</i> | (CABALLERO; CATLI; BABI-ERRA, 2020) | ACM Digital Library |
| AM12 | <i>QUIMIVOX MOBILE 2.0: Application for Helping Visually Impaired People in Learning Periodic Table and Electron Configuration</i> | (OLIVEIRA et al., 2019) | ACM Digital Library |
| AM13 | <i>“Talkin’ about the weather”: Incorporating Talk-Back functionality and sonifications for accessible app design</i> | (TOMLINSON et al., 2016) | Scopus |
| AM14 | <i>Users’ perception on usability aspects of a braille learning mobile application ‘mBRAILLE’</i> | (NAHAR; SULAIMAN; JAAFAR, 2019) | Scopus |
| AM15 | <i>WordMelodies: Supporting Children with Visual Impairment in Learning Literacy</i> | (MASCETTI et al., 2019) | ACM Digital Library |

Fonte: Autor

1.2 Resultados Encontrados

Nesta seção, são apresentados os resumos com as principais características, relacionadas ao tema deste trabalho, dos artigos selecionados na fase de extração, visando encontrar respostas para as questões levantadas na definição do protocolo de MSL.

1.2.1 *A Mobile Educational Game Accessible to All, Including Screen Reading Users on a Touch-Screen Device*

O estudo realizado por [Leporini e Palmucci \(2017\)](#) teve o objetivo levantar informações e possíveis soluções para as dificuldades levantadas por um grupo composto por 6 pessoas cegas ao responder questões de tarefas interativas. E investigou, através de tarefas interativas como exercícios e questionários, a acessibilidade e usabilidade de gestos e leitores de tela em dispositivos móveis com *touch-screen*.

No artigo é apresentado um *game* que envolveu duas pessoas cegas com experiência na utilização de *smartphones* na fase inicial do planejamento do protótipo. O jogo funciona como se fosse um “sistema solar” com oito planetas, onde cada planeta representa um conjunto de questões e exercícios. O jogador recebe determinada pontuação cada vez que joga de acordo com os acertos e erros. As principais funcionalidades do *app* relativas à acessibilidade identificadas foram:

1. Contraste de cor para garantir diferentes níveis de acessibilidade;
2. Apresentações de conteúdos de forma auditiva e visual;
3. Interação via gestos ou toques;
4. Suporte auditivo com descrições dos elementos.

Através da avaliação desse protótipo, por cegos, o estudo investigou o suporte de acessibilidade *mobile* multiplataforma do conjunto de especificações técnicas, *WAI-Aria*⁸, observando problemas na detecção de elementos, devido às suas posições na tela e conteúdos difíceis de identificar na interação com leitores de tela. Notando também que houve alguma dificuldade por conta de gestos implementados no *app* diferirem dos habituais utilizados pelos usuários no *VoiceOver* do *iOS*.

Apesar dos problemas encontrados, o artigo aponta que o *feedback* foi positivo e os resultados mostraram que os exercícios puderam ser realizados facilmente, por pessoas cegas, através de simples gestos com auxílio dos leitores de tela.

Tecnologia utilizada para desenvolvimento: *Cordova Framework*.

⁸ <<https://www.w3.org/WAI/standards-guidelines/aria/>>

Plataforma alvo do *app* desenvolvido: multiplataforma (*Android* e *iOS*).

Público alvo da aplicação: PDV.

1.2.2 *A Model-Driven Approach to Cross-Platform Development of Accessible Business Apps*

Um procedimento comum no processo de desenvolvimento de *software* é considerar a acessibilidade para PDV apenas na etapa final. Além disso, muitos desenvolvedores não estão cientes de técnicas de software para atender esse grupo, pois o domínio de apps móveis multiplataforma tem recebido uma atenção limitada por pesquisadores. Foi nesse sentido, que o estudo de [Rieger et al. \(2020\)](#) buscou identificar desafios, requisitos e soluções técnicas de acessibilidade, selecionando 28 requisitos a respeito de acessibilidade para aplicações móveis através de uma RSL.

O artigo apresenta uma abordagem orientada a modelos que integra conceitos de acessibilidade no desenvolvimento de aplicações móveis multiplataforma em conjunto com protótipos acessíveis à PDV, construídos com base nessa abordagem. Uma aplicação com foco nos cidadãos que desejam obter informações sobre chuvas fortes e inundações foi desenvolvida, nela os usuários podem ter uma visão de eventos de inundações próximos e compartilhar novos incidentes.

O estudo comparou uma versão da aplicação desenvolvida nativamente que necessitou de 3,400 linhas de código *Java* e 3,200 linhas de código *XML* (gerado de forma semiautomática) com outra versão, com um conjunto similar de funcionalidades. A nova versão do *app* consistiu em 445 linhas de código *MD²*, *framework* baseado na abordagem orientada a modelos para desenvolvimento móvel multiplataforma através da linguagem de alto nível *Xtend*⁹. Principais funcionalidades sobre acessibilidade identificadas:

1. Adaptação da *interface* de acordo com as necessidades do usuário;
2. Integração com os leitores de tela através do fornecimento de descrições em texto para elementos não textuais;
3. Personalização do contorno de foco do *TalkBack*.

Segundo o artigo, o estudo de caso mostrou que *apps* acessíveis podem ser gerados a partir do modelo de alto nível *MD²*, implementando as técnicas de integração adequadas em cada ponto. Embora o autor afirme isso, o estudo também deixa claro que ainda havia uma pendência de validação centrada no usuário, visto que o trabalho não implementou todas as técnicas e a solução proposta não foi testada com PDV.

⁹ <<https://www.eclipse.org/xtend/>>

Tecnologia utilizada para desenvolvimento: *Xtend, Java e Eclipse.*

Plataforma alvo do *app* desenvolvido: multiplataforma (*Android e iOS*).

Público alvo da aplicação: PDV interessadas em saber sobre eventos climáticos locais como chuvas fortes e inundações.

1.2.3 *An Accessible Roller Coaster Simulator for Touchscreen Devices: An Educational Game for the Visually Impaired*

O trabalho de [Biase et al. \(2018\)](#) apresenta um *app* simulador de montanha russa, baseado em simuladores educacionais já existentes e adaptado para *smartphones*, para ser utilizado em disciplinas Educação Física por pessoas com e sem DV. A aplicação foi desenvolvida para auxiliar no estudo de Energia Mecânica e trás as interações por áudio e tátil como alternativas à visual. As principais funcionalidades sobre acessibilidade identificadas no *app* foram:

1. Os elementos visuais possuem descrições textuais para integração com leitores de tela;
2. *Feedback* através de “texto para voz” (TTS, do inglês *text-to-speech*) e vibração ao clicar em determinados elementos na tela, mesmo com o modo de acessibilidade desativado;
3. Efeitos sonoros característicos que ilustram os resultados da simulação ao longo do percurso.

Com taxas de 73% eficácia, 77% de eficiência e 66% satisfação do usuário com relação a aplicação desenvolvida, os testes de usabilidade demonstraram que as estratégias de interação propostas são viáveis, com grande potencial para serem utilizadas em propósitos educacionais.

Alguns problemas de acessibilidade afetaram a taxa de satisfação dos usuários, a mantendo em 66%, tais como dificuldades em seguir a trilha da montanha com apenas um dedo, não ser possível detectar quando o carro está voltando no trilho e falha no comando que altera o foco dos elementos, alterando para o elemento errado.

Tecnologia utilizada para desenvolvimento: *Unity 3D engine.*

Plataforma alvo do *app* desenvolvido: *Android.*

Público alvo da aplicação: Pessoas com e sem DV.

1.2.4 *Application for the Configuration and Adaptation of the Android Operating System for the Visually Impaired*

Apesar das vantagens dos dispositivos móveis, alguns desafios da interação de PDV com os sistemas operacionais (SOs) desses dispositivos precisam ser superados, para que a tecnologia alcance um número significativo nesse grupo. Assim, o estudo de [Oliveira, Braga e Damaceno](#)

(2018) visou planejar e desenvolver uma aplicação que automatize as configurações do SO *Android* de acordo com as preferências de acessibilidade de cada PDV, através de comandos de voz. O artigo apresenta algumas funcionalidades e técnicas relacionadas a acessibilidade que são listadas a seguir:

1. Escala de Usabilidade do Sistema (SUS, do inglês *System Usability Scale*) para avaliação de usabilidade da aplicação;
2. *SpeechRecognizer* do *Android* para reconhecimento de voz;
3. Eurísticas de Usabilidade de Nielsen (do inglês, *Nielsen Usability Heuristics*) para evitar problemas de acessibilidade já mapeados.

Um protótipo foi desenvolvido e mostrou potencial para ser utilizado como ferramenta para PDV, trazendo benefícios com a possibilidade do uso de comando de voz. Os testes foram realizados com seis voluntárias com DV, sendo duas parcial e quatro total. Onde três delas já possuíam experiência com comandos de voz e apenas duas das seis pessoas já haviam realizado a configuração do dispositivo alguma vez.

As voluntárias expressaram avaliações positivas quanto a autonomia, satisfação e usabilidade da aplicação. E o tempo gasto para realizar as configurações de acessibilidade foi mais curto no *app* desenvolvido que na aplicação padrão do *Android*.

Tecnologia utilizada para desenvolvimento: *Android Studio 2.0*.

Plataforma alvo do *app* desenvolvido: *Android*.

Público alvo da aplicação: PDV.

1.2.5 *Blind and visually impaired user interface to solve accessibility problems*

Este estudo realizou uma RSL e testes em várias aplicações móveis para PDV, e dividiu os problemas encontrados em três categorias: organização, apresentação e comportamento (OAC). Uma aplicação móvel, chamada “*Read Master*”, também foi desenvolvida no trabalho de [Shera et al. \(2021\)](#), incorporando soluções para os principais problemas de OAC.

Tabela 1 – Categorias dos problemas identificados.

| Código | Categoria |
|--------|----------------|
| CRR1 | Apresentação |
| CRR2 | Comportamento |
| CRR3 | Organizacional |

Fonte: [Siebra et al. \(2016\)](#)

Na tabela [Tabela 2](#) estão listados os problemas identificados pelo estudo. Os códigos na coluna “Categoria” se referem as categorias da [Tabela 1](#).

Tabela 2 – Problemas de acessibilidade encontrados por categoria.

| Código | Problema | Categoria |
|--------|---|-----------|
| AM11 | Falta de consistência no <i>layout</i> e terminologias | CRR1 |
| AM12 | Leitor de tela fornecendo <i>feedbacks</i> confusos | CRR1 |
| AM13 | Leitor de tela quebrando | CRR2 |
| AM14 | Ouvir cabeçalhos e títulos das páginas de forma redundante antes de detectar o conteúdo das telas | CRR2 |
| AM15 | Conteúdos na tela da aplicação móvel | CRR3 |
| AM16 | Fluxo de tarefas | CRR3 |
| AM17 | Não entendimento da sequência natural de leitura | CRR3 |
| AM18 | Não entendimento do fluxo natural de tarefas | CRR3 |
| AM19 | Problemas de navegação | CRR3 |
| AM110 | Sobrecarga de informações | CRR3 |

Fonte: [Shera et al. \(2021\)](#)

O *app* desenvolvido consistiu em duas funcionalidades principais: fornecer informações científicas e *quizzes* de múltipla escolha. As principais técnicas e funcionalidades identificadas no estudo para o suporte de acessibilidade foram:

1. *SUS* para avaliação de usabilidade da aplicação;
2. Leitor de tela embutido através de TTS.
3. Levantamento e categorização dos principais problemas de acessibilidade em *apps* móveis.

Uma avaliação de usabilidade do *app*, com 56 PDV, foi conduzida e validada com foco na experiência de usuários com DV. Os resultados mostraram que a organização da aplicação estava 100% efetiva tanto para usuários os cegos quanto para os com DV parcial. Já quanto a eficiência, a dos usuários com DV parcial se mostrou maior que a dos cegos. O nível mais alto de satisfação, quanto as 3 categorias de problemas avaliados, para usuários com DV total, estava na apresentação com 87,62%, enquanto para os com visão parcial estava tanto na organização quanto na apresentação com 89,21%. No geral, o estudo indica que a aplicação reduziu a gravidade dos problemas de OPB, oferecendo alta usabilidade.

Tecnologia utilizada para desenvolvimento: Não informado.

Plataforma alvo do *app* desenvolvido: *Android*.

Público alvo da aplicação: PDV.

1.2.6 *Design and development of a mobile app of drug information for people with visual impairment*

Esse trabalho foi desenvolvido na Colômbia, onde a falta de acesso à informações acessíveis de rótulos de medicamentos como contraindicações, armazenamento, data de validade

e dosagem foi identificada como uma das principais barreiras no uso de medicamentos por PDV (MADRIGAL-CADAVID et al., 2020).

Nesse contexto, uma aplicação *mobile*, chamada *FarmaceuticApp*, foi desenvolvida no estudo. A principal funcionalidade do *app* é a de buscar por informações de medicamentos, onde essas informações são apresentadas ao usuário de forma acessível e a busca pode ser realizada por vários meios, esses que serão listados adiante.

As principais técnicas e funcionalidades identificadas, relacionadas à acessibilidade e utilizadas no desenvolvimento dessa solução, foram:

1. Tamanho da fonte das letras personalizável;
2. Vibração e sons para alertar o usuário do resultado da busca;
3. *Tutorial* com possibilidade de ser visto novamente;
4. Possibilidade de busca por *barcode* e *qrcode*, foto, comando de voz e texto;
5. Possibilidade de ativar e desativar o assistente de voz do *app*.

Tecnologia utilizada no desenvolvimento: *Java, Android Studio, Accessibility Scanner App*, e o *Test Lab* do *Firebase*.

Plataforma alvo do *app* desenvolvido: *Android*.

Público alvo da aplicação: PDV que buscam obter informações de rótulos de medicamentos.

O estudo envolveu 48 PDV, das quais 69% necessitavam de assistência para o uso de medicamentos e 90% possuíam celulares, sendo 93% deles com o SO *Android*. Na avaliação final, 100% dos usuários disseram utilizariam o *app* e o avaliaram entre 4 e 5 estrelas (bom e muito bom).

1.2.7 *Designing multimodal mobile interaction for a text messaging application for visually impaired users*

Apesar da inclusão de opções de acessibilidade, os SOs móveis ainda enfrentam uma falta de suporte adequado para alguns tipos de atividades e contextos, como é o exemplo da escrita de textos para PDV, uma tarefa que acaba consumindo muito tempo. Além disso, os usuários geralmente necessitam utilizar as duas mãos para escrever mensagens, o que mostra ser um problema para cegos que necessitam carregar bengala ou possuem cão guia, assim restando apenas uma mão livre.

Nesse contexto, a abordagem proposta no estudo de Duarte et al. (2017), através do protótipo de um *app* para envio de mensagens, visou uma interação com o *smartphone* com as

mãos livres, através de técnicas multimodais, especialmente o uso de gestos em combinação com comandos de voz.

Os gestos são utilizados como gatilhos para ações. Assim, quando um gesto é reconhecido, ele ativa alguma função, que geralmente ativa o “reconhecedor de fala” ou o TTS. Por exemplo, existe um gesto para a ação de adicionar uma nova mensagem, ao reconhece-lo, o *app* ativa o reconhecedor de fala para que o usuário dite o que deve ser escrito na mensagem. Um outro gesto ativa a função para revisão da mensagem escrita, ao ser reconhecido, o TTS é ativado e a mensagem é lida palavra a palavra. As principais características relacionadas à acessibilidade identificadas nessa solução foram:

1. Reconhecimento de voz;
2. Reconhecimento de gestos;
3. Síntese de fala.
4. Possibilidade de revisar as mensagens escritas de maneira acessível;
5. Possibilidade de parar a narração durante a revisão da mensagem e editar palavras específicas;
6. Aplicação de questionário da Escala de Usabilidade do Sistema, SUS.

Tecnologia utilizada no desenvolvimento: *Java, Android Studio, Accessibility Scanner App, e o Test Lab do Firebase.*

Plataforma alvo do *app* desenvolvido: *Android.*

Público alvo da aplicação: PDV.

Uma pesquisa foi realizada com 9 usuários com DV e resultou em *feedbacks* positivos, principalmente a respeito da interação por gestos. Na avaliação da usabilidade das aplicações, através da escala SUS, ambas atingiram 74 pontos, considerada uma alta pontuação.

O estudo também trouxe comparativo de performance dos usuários na realização de tarefas no *app* de envio de mensagem padrão com o *app* desenvolvido. Os resultados mostraram que na realização de tarefas fáceis, a performance do *app* era pouco superior a alternativa padrão do sistema. Porém, passa-se a notar grandes diferenças a favor do *app* desenvolvido em tarefas consideradas normais e difíceis, com cerca de 30% e 50% mais performance, respectivamente, para a solução desenvolvida em relação ao *app* padrão.

1.2.8 *Do You like My Outfit? Cromnia, a Mobile Assistant for Blind Users*

O objetivo do estudo de [Vitiello et al. \(2018\)](#) foi projetar uma solução assistiva que pudesse prover autonomia à pessoas cegas em suas atividades diárias. Especialistas na área de

deficiência visual, de clínicos à profissionais de reabilitação vocacional e operadores do campo de cuidados sociais, participaram do estudo.

O processo de análise e projeto envolveu, desde o início, a participação de 4 pessoas cegas da *Italian Blind Union*, que se voluntariaram para colaborar com a equipe de *design* de usabilidade. Entre as tarefas diárias que mais se esperava autonomia a de se vestir com uma combinação de cores e roupas adequadas se mostrou ser o maior interesse para as PDV, essas que geralmente dependem de ajudantes para isso. Assim, uma aplicação *mobile* foi projetada, visando a autonomia de PDV, total ou parcial, nesse ato cotidiano de se vestir.

1. Integração com leitores de tela;
2. Tamanho de fontes e *labels* adaptáveis de acordo com o tipo de deficiência;
3. Sistema de notificações simples e imediato;
4. Resposta em tempo real.

Tecnologia utilizada no desenvolvimento: Não informado.

Plataforma alvo do *app* desenvolvido: *iOS*.

Público alvo da aplicação: PDV.

Como resultado do estudo uma aplicação chamada de *Cromnia*, que possibilita que os usuários reconheçam cores, padrões e combinações de cores, considerando a iluminação do ambiente foi desenvolvida. O *app* é bem simples e consiste em uma única *interface*, parecida com a padrão da câmera do sistema *iOS*. O estudo levantou que já existiam soluções no mercado para esse problema, porém a ideia de uma ferramenta paga não foi bem aceita pelos entrevistados, que observaram que muitos nem poderiam pagar.

Os testes envolveram 6 PDV com parcial e 6 com DV total. Os participantes gostaram dos benefícios do *app* e se mostraram ansiosos para experimentar novas versões, pensando em quando poderão utilizar o aplicativo de fato no dia-a-dia. O *app* está disponível na *AppStore* e conta com alto número de *downloads*.

1.2.9 *Improved and Accessible E-Book Reader Application for Visually Impaired People*

Embora livros digitais já estejam estabelecidos internacionalmente, não são satisfatórios em termos de acessibilidade e *interface*. Por conta disso, o estudo de [Shin et al. \(2017\)](#) apresenta um aplicativo leitor de *e-book* acessível à PDV, que tem o objetivo de suprimir limitações como falta de novos livros, ausência de textos alternativos e navegação desconfortável dos atuais formatos acessíveis, em áudio e *Braille*.

Um levantamento de requisitos de usuário foi realizado através de questionário e cerca 70% dos requisitos foram implementados. O *app* possibilita a realização de busca, *download* e leitura de conteúdos no formato *EPUB3* e possui controles para iniciar, parar, avançar e retroceder a leitura. Quanto à acessibilidade, foram identificadas as seguintes soluções:

1. Suporte para comandos de voz;
2. Configurações de alto contraste;
3. Síntese de voz para leitura dos *e-books*;
4. Tamanho dos botões e espaçamentos adequados à PDV.

Tecnologia utilizada no desenvolvimento: Não informado.

Plataforma alvo do *app* desenvolvido: *iOS*.

Público alvo da aplicação: PDV que gostam de livros.

Nos resultados dos testes, realizados com 12 PDV (7 experientes e 5 sem experiência), o estudo mostrou que a média de satisfação dos usuários foi de aproximadamente 75% nos testes de usabilidade, realizados em 3 fases, com usuários com e sem experiência. Onde tempo médio de execução das tarefas foi de 92 segundos para usuários não experientes e 82 segundos para experientes. Usuários experientes enfrentaram erros relacionados a *login*, configuração e busca por tentarem utilizar suas próprias abordagens baseadas em outras aplicações.

1.2.10 *MathMelodies 2: A Mobile Assistive Application for People with Visual Impairments Developed with React Native*

Esse artigo apresenta a experiência do desenvolvimento do *MathMelodies 2*, uma aplicação para ajudar crianças de 1 a 5 anos com DV no estudo de matemática. A aplicação apresenta 13 tipos de exercícios e diferentes níveis de dificuldade. Esses exercícios se passam dentro de contos de fantasia, onde a criança tem que resolvê-los para avançar na história.

A primeira versão foi desenvolvida em 2013 através de uma campanha de *crowdfunding* e lançada para *iPad* de forma gratuita. O *design* do novo *app* seguiu princípios que derivados da experiência e do *feedback* dos usuários da versão anterior. Uma das demandas mais comuns foi a de disponibilização do *app* para outras plataformas, *Android* e *iOS*. Assim, nesse trabalho, [Cantù et al. \(2018\)](#), desenvolve essa nova versão como um protótipo, utilizando *React Native* para reduzir o esforço de desenvolvimento. As principais técnicas e funcionalidades para acessibilidade, utilizadas nesse estudo, são listadas a seguir:

1. Implementação nativa para *iOS* e *Android* de componentes não acessíveis no *React Native*;

2. Elementos chave de interação sempre posicionados na mesma parte da tela, em locais de fácil acesso;
3. Tamanho dos ícones e componentes adaptáveis de acordo com tamanho da tela;
4. Todos os elementos visíveis na tela sem necessidade de rolagem;
5. Cores de fundo uniformes e neutras;
6. Interações por gestos simples.

Tecnologia utilizada para desenvolvimento: *React Native*.

Plataforma alvo do *app* desenvolvido: multiplataforma (*Android* e *iOS*).

Público alvo da aplicação: Crianças com DV.

Embora as funcionalidades básicas tenham sido contempladas pelo *framework* utilizado, uma funcionalidade avançada que foi requerida não era suportada. Por conta disso, foi necessário desenvolver componentes adicionais nativamente, isto é, utilizando as tecnologias específicas para cada plataforma.

Testes preliminares, realizados com duas pessoas (uma com DV parcial e outra total), sugeriram que a aplicação estava totalmente acessível. Assim, o estudo conclui que *React Native* é uma escolha válida para o desenvolvimento de aplicações acessíveis.

1.2.11 *Object Recognition and Hearing Assistive Technology Mobile Application Using Convolutional Neural Network*

A falta de aplicações móveis que atendam pelo menos as necessidades mais comuns de PDV motivou a realização do trabalho de [Caballero, Catli e Babierra \(2020\)](#), que desenvolveu uma aplicação com objetivo de atender as necessidades desse grupo através de tecnologias de Reconhecimento de Objetos (RO) e TTS.

O *app* utiliza algoritmos de *Convolutional Neural Network* (CNN), solução de aprendizado de máquina reconhecida como um poderoso método para reconhecimento de imagens, para identificar detalhes em imagens e narra-los para o usuário através do TTS. O artigo se concentra mais na apresentação da API utilizada para o RO, mostrando pouco sobre a aplicação *mobile*, ainda assim, foram identificadas as seguintes características de acessibilidade no *app*:

1. Reconhecimento de detalhes de imagens;
2. Síntese dos resultados do RO por voz.

Tecnologia utilizada para desenvolvimento: Não informado.

Plataforma alvo do *app* desenvolvido: *Android*.

Público alvo da aplicação: PDV.

O estudo realizou a revisão de diferentes estudos e tecnologias que utilizam CNN, um dos principais estudos citados foi publicado em 2015 na Conferência Brasileira de Sistemas Inteligentes (BRACIS), este que utiliza RO para um sistema de navegação inteligente que possibilita que robôs interajam e determinem o comportamento de objetos. Através dos trabalhos relacionados citados, o artigo apresenta o RO sendo utilizado para inclusão social de PDV.

Os resultados mostraram que CNN tem potencial para classificar coisas vivas e objetos em ambientes interiores e exteriores com alta precisão, através de imagens públicas que serviram como base para treinamento. Assim, possibilitando um desempenho funcional e confiável do sistema em benefício das PDV através do *app* desenvolvido.

1.2.12 *QUIMIVOX MOBILE 2.0: Application for Helping Visually Impaired People in Learning Periodic Table and Electron Configuration*

Muito ainda precisa ser feito quanto a inclusão de PDV no processo de ensino e aprendizagem de química, por requerer de muitos recursos visuais. E, embora exista uma quantidade significativa de *apps* que auxiliam no ensino de química, os mesmos não são acessíveis aos DV, mesmo com o uso de leitores de tela.

É nesse sentido que o estudo de [Oliveira et al. \(2019\)](#) introduziu uma nova versão do “*Quimivox Mobile 2.0*”, aplicativo que apresenta informações acessíveis à DV sobre a tabela periódica e, na nova versão, a configuração eletrônica dos elementos químicos. A interação do *app* é baseada em gestos e comandos de voz, com as informações sendo apresentadas graficamente e por síntese de voz, através do *TalkBack*.

A aplicação utiliza de técnicas de gestos já utilizadas em outras ferramentas que consistem em deslizar com os dedos em quatro direções. Esses gestos foram complementados com outros específicos para a realização de ações na aplicação, tais como a ativação do reconhecimento de voz e uma opção para retornar a tela anterior. Segue abaixo as principais técnicas e funcionalidades para acessibilidade identificadas no estudo:

1. Interação por reconhecimento de voz e gestos;
2. Tamanhos de fontes de letras ampliados;
3. Alto contraste (fundos pretos e textos brancos);
4. Possibilidade de escolha de cores do *app* para melhorar a legibilidade para pessoas daltônicas;
5. *Feedback* sonoro mesmo com *Talkback* desativado.

Tecnologia utilizada para desenvolvimento: *Java, Android Studio e API Airy.*

Plataforma alvo do *app* desenvolvido: *Android 4.0 ou superior.*

Público alvo da aplicação: PDV interessadas no aprendizado de Química.

Os usuários apontaram o comando de voz como a funcionalidade que mais facilitou na utilização da *app*. Na avaliação de uma das PDV, participante dos testes, o desenvolvimento de manual poderia contribuir com melhor entendimento do funcionamento do aplicativo. Outras sugestões foram a ampliação dos tipos de toques na tela e o aumento na velocidade da voz sintetizada.

O artigo conclui que os participantes aprovaram a nova versão, avaliando positivamente o *app*, indicando que a maior dificuldade estava na pouca prática no uso de dispositivos móveis por parte de alguns DV. E relata que essa dificuldade estava relacionada aos gestos, onde a maioria fez algum comentário negativo, citando 5 desses participantes.

Porém, o autor supõe que, com a prática no uso dos gestos, essa dificuldade poderia ser diminuída significativamente, citando o reconhecimento da falta de experiência na utilização de dispositivos móveis por 4 participantes como justificativa, sendo que apenas um deles, chamado P10, fazia parte dos 5 participantes citados pelos comentários negativos.

1.2.13 “*Talkin’ about the weather*”: *Incorporating TalkBack functionality and sonifications for accessible app design*

Informações a respeito do clima atual e previsões são especialmente importantes para PDV, visto que podem afetar suas as decisões do cotidiano, como escolhas de rotas, roupas e tecnologias assistivas que impactam significativamente seu trajeto. Porém, essas pessoas enfrentam péssimas experiências tentando buscar informações sobre o clima nos dispositivos móveis, geralmente por conta dos erros entre as informações na tela e a ordem em que os leitores de tela as apresentam, além dos apps serem cheios de imagens e ícones que costumam não apresentar descrição para o usuário a menos que possa enxergá-las.

Assim, Tomlinson et al. (2016), nesse estudo, projetou um *app* de clima que visa ser acessível à usuários que dependem de leitores de tela. O estudo realizou uma análise das necessidades dos usuários com DV, levantando quais eram as informações importantes e em qual ordem eles gostariam de consumi-las. As principais soluções quanto à acessibilidade identificadas foram:

1. Alternativa aos ícones padrões utilizados para indicação através dos chamados “Ícones auditivos”;
2. Utilização constante do *TalkBack* durante o processo de desenvolvimento;

3. Interface com alto contraste (textos brancos em fundo preto), visando a experiência de usuário (UX) de PDV;
4. Integração com *Talkback* seguindo as Diretrizes de Acessibilidade do *Google*.

“Ícones auditivos” emitem sons breves, baseados nos sons reais do cotidiano, e servem alternativa para representação dos ícones visuais de clima, como o ícone de chuva, representado por sons que remetem ao evento.

Tecnologia utilizada para desenvolvimento: Não informado.

Plataforma alvo do *app* desenvolvido: *Android*.

Público alvo da aplicação: PDV que necessitam saber sobre o clima.

Nos testes de usabilidade, 7 participantes responderam que utilizaram o *app* por pelo menos seis dias durante a semana e, no geral, reportaram terem obtido experiência tão boa ou melhor que nos *apps* de clima que já utilizaram anteriormente.

1.2.14 *Users’ perception on usability aspects of a braille learning mobile application ‘mBRAILLE’*

Estudantes com DV enfrentam dificuldades ou incapacidade, a depender do nível de DV, para obter informações visuais, o que torna o processo de aprendizagem deles mais difícil que o dos outros. Nesse artigo, [Nahar, Sulaiman e Jaafar \(2019\)](#), apresenta o *mBRAILLE*, *app* que foi desenvolvido em *Bangladesh* para auxiliar PDV no processo de autoaprendizagem de *Braille*, sem ou com dependência mínima de outras pessoas. Embora a publicação não apresente muitos detalhes do processo de desenvolvimento, sequer mencionam leitores de tela, algumas características relacionadas à acessibilidade utilizadas na solução foram identificadas, seguem:

1. *Tutorial* para auxiliar o usuário na utilização do *app*;
2. *Feedback* por vibração e áudio;

Tecnologia utilizada para desenvolvimento: Não informado.

Plataforma alvo do *app* desenvolvido: *Android*.

Público alvo da aplicação: Estudantes de *Bangladesh* com DV.

O estudo avaliou 4 aspectos de usabilidade (aprendizagem, interface e funcionalidades, acessibilidade e auto descritividade) do *app* através de testes com 5 usuários com DV, que realizaram a avaliação após utilizarem a aplicação por 2 semanas, mostrando resultados de avaliação média satisfatórios, de 6 ou acima, numa escala de 0 a 7.

O estudo teve a uma limitação de apenas 5 participantes, sendo todos experientes em *Braille*. Assim, o artigo menciona que trabalhos futuros concentrar-se-ão em avaliar e testar a efetividade do aprendizado de *Braille* através do *app*, com um grande número de participantes de diferentes escolas.

1.2.15 *WordMelodies: Supporting Children with Visual Impairment in Learning Literacy*

As ferramentas educacionais de escolas primarias frequentemente não são acessíveis para crianças com DV. Além disso, os livros costumam ser ricos em conteúdos gráficos com o intuito de engajar os alunos, impactando na acessibilidade mesmo quando estão disponíveis no formato digital. Da mesma forma, *apps* educacionais frequentemente possuem conteúdos gráficos interativos de maneira inacessível à PDV.

Visando amenizar esses problemas, o artigo de [Mascetti et al. \(2019\)](#) apresenta o *WordMelodies*, uma aplicação *mobile* inclusiva e multiplataforma que tem como objetivo ajudar crianças com DV na aquisição de habilidades básicas de literatura com 8 tipos de exercícios. A aplicação foi projetada e avaliada por 3 especialistas no domínio de tecnologias assistivas e educação para crianças com DV. As principais características relativas à acessibilidade encontradas no artigo foram:

1. Elementos chave de interação sempre posicionados na mesma parte da tela, priorizando os cantos da tela;
2. Interações por gestos como “arrastar e soltar” com descrição auditiva;
3. Descrição alternativa em texto dos elementos de tela para integração com leitores de tela.

Tecnologia utilizada para desenvolvimento: *React Native*.

Plataforma alvo do *app* desenvolvido: multiplataforma (*Android* e *iOS*).

Público alvo da aplicação: Crianças com DV.

Na avaliação dos especialistas, o *app* se mostrou totalmente acessível, exceto por um problema que afetou a utilização do usuário ao navegar entre os elementos utilizando leitores de tela. Nessa navegação, a ordem dos elementos não corresponde com a ordem lógica apresentada na tela, problema que ocorreu por uma limitação do *kit* de ferramentas da plataforma de desenvolvimento utilizada, o *React Native*.

Um dos principais desafios no desenvolvimento foi alcançar uma funcionalidade de “arrastar e soltar” acessível e fácil de utilizar. Pois, no *React Native* esse componente não fornece suporte à acessibilidade, sendo necessário o desenvolvimento de um componente nativo tanto

no *iOS* como no *Android*, para prover informações auditivas ao usuário enquanto ele utiliza o componente.

1.3 Estudos Relacionados

Durante o processo de seleção de artigos do MSL, foram encontrados alguns estudos secundários, estudo que realiza uma revisão de estudos primários relacionados a um tema específico (KITCHENHAM; CHARTERS, 2007). Embora tenham sido rejeitados no MSL, por se enquadrarem em algum dos critérios definidos na seção anterior, os estudos que realizaram revisões dentro do tema estudado neste trabalho foram considerados como estudos relacionados.

Assim, esta seção apresenta os principais problemas e propostas de soluções relacionados à acessibilidade de aplicações para dispositivos móveis identificados por esses estudos. No [Quadro 5](#) estão listadas as informações de cada um desses estudos secundários.

Quadro 5 – Estudos relacionados identificados no processo de MSL.

| Sigla | Título | Referência | Base de dados |
|-------|---|---------------------------------|---------------------|
| AR1 | <i>Accessibility of Mobile Applications: Evaluation by Users with Visual Impairment and by Automated Tools</i> | (MATEUS et al., 2020) | ACM Digital Library |
| AR2 | <i>Can Everyone use my app? An Empirical Study on Accessibility in Android Apps</i> | (VENDOME et al., 2019) | Scopus |
| AR3 | <i>Effect of UX Design Guideline on the information accessibility for the visually impaired in the mobile health apps</i> | (KIM et al., 2019) | Scopus |
| AR4 | <i>Mobile Device Accessibility for the Visually Impaired: Problems Mapping and Empirical Study of Touch Screen Gestures</i> | (DAMACENO; BRAGA; CHALCO, 2016) | ACM Digital Library |
| AR5 | <i>Observation Based Analysis on the Use of Mobile Applications for Visually Impaired Users</i> | (SIEBRA et al., 2016) | ACM Digital Library |
| AR6 | <i>Prioritization of mobile accessibility guidelines for visual impaired users</i> | (QUISPE; SCATOLON; ELER, 2020) | Scopus |

Fonte: Autor

1.3.1 *Accessibility of Mobile Applications: Evaluation by Users with Visual Impairment and by Automated Tools*

O artigo apresenta um estudo comparativo de problemas de acessibilidade encontrados pelas ferramentas automatizadas MATE (*Mobile Accessibility Testing*) e *Accessibility Scanner*, com os problemas encontrados em um estudo anterior envolvendo 11 usuários com DV. Além disso, o trabalho sumarizou e categorizou os problemas mais encontrados pelos usuários. As principais categorias são listadas na [Tabela 3](#).

Na [Tabela 4](#) são listados os principais tipos de problemas, que apresentaram um total de pelo menos 10 observações. As categorias, de acordo com a [Tabela 3](#), e os número total de

Tabela 3 – Categorias dos tipos de problemas mais identificados.

| Código | Categoria |
|--------|--|
| CPF1 | Botões |
| CPF2 | Características do Sistema |
| CPF3 | Conteúdo e Significado |
| CPF4 | Controles, formulários e funcionalidades |
| CPF5 | Imagem |

Fonte: [Rieger et al. \(2020\)](#)

observações para cada tipo de DV (total ou parcial) também são relacionados à cada tipo de problema. Como o artigo só menciona os tipos problemas encontrados com maior frequência por cada tipo de usuário, o número de observações de alguns não estão presentes na [Tabela 4](#).

Tabela 4 – Problemas mais frequentes encontrados pelos usuários por tipo de DV.

| Código | Problema | Categoria | DVT | DVP | Total |
|--------|---|-----------|-----|-----|-------|
| AR1P1 | <i>Feedback</i> inapropriado | CPF4 | 34 | 15 | 49 |
| AR1P2 | Falta de informações | CPF1 | 22 | 8 | 30 |
| AR1P3 | Usuários presumiram que era uma funcionalidade | CPF4 | 18 | 9 | 27 |
| AR1P4 | Funcionalidades confusas ou não claras | CPF4 | 25 | - | 25 |
| AR1P5 | Apresentação padrão de elementos de controle ou formulário não adequada | CPF4 | 11 | 12 | 23 |
| AR1P6 | Sequências de interação confusas ou não claras | CPF4 | 15 | 6 | 21 |
| AR1P7 | Usuários não entenderam sentido do conteúdo | CPF3 | 15 | 5 | 20 |
| AR1P8 | Organização do conteúdo inconsistente | CPF3 | 12 | 6 | 18 |
| AR1P9 | Funcionalidade não funciona como esperado | CPF4 | 6 | 10 | 16 |
| AR1P10 | Funcionalidades dos botões confusas ou não claras | CPF1 | 15 | - | 15 |
| AR1P11 | Expectativa de funcionalidade que não existe | CPF4 | 10 | 5 | 15 |
| AR1P12 | Sem alternativa textual | CPF5 | 14 | - | 14 |
| AR1P13 | Sistema muito lento | CPF2 | - | 11 | 11 |
| AR1P14 | Significado no conteúdo está perdido | CPF3 | 6 | 4 | 10 |

Fonte: [Rieger et al. \(2020\)](#)

Os resultados do estudo mostraram que 36 tipos de problemas foram encontrados somente pelos usuários, 11 somente pelas ferramentas e 3 por ambos os métodos. Evidenciando assim a necessidade de utilização de mais de um método para identificação dos problemas de acessibilidade. Além disso, o estudo mostrou a importância da utilização dessas ferramentas automatizadas, visto que parte significativa dos problemas podem ser identificados ainda no processo de desenvolvimento, reduzindo o esforço e, consequentemente, o custo para solucioná-los.

1.3.2 *Can Everyone use my app? An Empirical Study on Accessibility in Android Apps*

Esse trabalho realizou um estudo piloto onde foi observado que desenvolvedores de aplicativos móveis raramente utilizam as APIs de Acessibilidade e que o uso de descrições

alternativas para elementos de *interface* também é limitado. Assim, visando entender a perspectiva desses desenvolvedores, o estudo também realizou uma investigação de postagens no *Stack Overflow*, identificando os aspectos de acessibilidade que os desenvolvedores implementavam e os que experienciavam dificuldades.

O estudo investigou aspectos de acessibilidade no geral, baseado em 336 discussões de desenvolvedores *Android* no *Stack Overflow*, sendo 159 dessas sobre acessibilidade à DV. Dessas 159 discussões, os principais aspectos discutidos foram sobre *feedbacks* sonoros e legibilidade (114 e 24 postagens, respectivamente) como mostra a [Tabela 5](#).

Tabela 5 – Aspectos de acessibilidade à DV discutidos por *devs Android* no *Stack Overflow*.

| Código | Aspecto | Categoria |
|--------|--|--------------------------|
| AR2P1 | Alertas de acessibilidade | <i>Feedbacks</i> sonoros |
| AR2P2 | Ampliação da tela | Legibilidade |
| AR2P3 | Aspectos não funcionais | <i>Feedbacks</i> sonoros |
| AR2P4 | Consciência de contexto | <i>Feedbacks</i> sonoros |
| AR2P5 | Conteúdos, ações e gestos customizados | <i>Feedbacks</i> sonoros |
| AR2P6 | <i>Frameworks</i> de terceiros | <i>Feedbacks</i> sonoros |
| AR2P7 | <i>Mobile web apps</i> | <i>Feedbacks</i> sonoros |
| AR2P8 | Problemas com serviços | <i>Feedbacks</i> sonoros |
| AR2P9 | Sons e vibrações | <i>Feedbacks</i> sonoros |
| AR2P10 | Suporte à <i>Braille</i> | Teclados alternativos |
| AR2P11 | Tamanho de fonte | Legibilidade |
| AR2P12 | Teclado customizado | Teclados alternativos |
| AR2P13 | Transformações de cores | Transformações de cores |

Fonte: [Vendome et al. \(2019\)](#)

No estudo piloto, o trabalho de [Vendome et al. \(2019\)](#) analisou 13.817 *apps Android* de código aberto, descobrindo que cerca de 50% deles tinham descrições alternativas para todos os elementos, enquanto cerca de 37% não tinha nenhuma. Além disso, o artigo apontou que apenas cerca de 2% desses *apps* utilizavam alguma API de acessibilidade no projeto.

1.3.3 *Effect of UX Design Guideline on the information accessibility for the visually impaired in the mobile health apps*

Acessibilidade de informações visuais para DV raramente é considerada ao projetar aplicações móveis para saúde ([KIM et al., 2019](#)). O artigo propõe um guia de diretrizes de acessibilidade à DV, chamado UXDG (*UX Design Guideline*), para resolver esse problema. 120 *apps* na área de saúde foram analisados quanto à taxa de conformidade com o guia.

A [Tabela 6](#) lista as diretrizes do UXDG de acordo com as categorias. Na análise dos 120 *apps*, a média da taxa de conformidade com o guia foi de 39,24%, com a diretriz AR3D7 apresentando a maior taxa, com 71,67%, enquanto a AR3D9 apresentou a menor, com 5%.

O estudo realizou testes, conduzidos com 23 PDV e 23 sem DV, comparando *apps* selecionados da área da saúde antes e depois da aplicação do UXDG. Os resultados apontam

Tabela 6 – Diretrizes do UXDG por categoria.

| Código | Diretriz | Categoria |
|--------|---|--------------------------------|
| AR3D1 | Destacar as mídias que disparam ação | Aquisição de informação |
| AR3D2 | Destacar as principais imagens que o usuário pode acessar | Aquisição de informação |
| AR3D3 | Navegação intuitiva | Acessibilidade dos dados |
| AR3D4 | Posicionar a caixa de pesquisa sempre no local | Busca de dados |
| AR3D5 | Posicionar resultados de buscas logo após a caixa de texto | Busca de dados |
| AR3D6 | Reconhecimento de voz para entrada de texto | Busca de dados |
| AR3D7 | Resposta intuitiva do <i>menu</i> de acordo com intenção do usuário | Acessibilidade dos dados |
| AR3D8 | Suporte à esquemas de cores alternativos | Melhora na exposição dos dados |
| AR3D9 | Suporte de <i>zoom in/out</i> para os principais conteúdos | Melhora na exposição dos dados |
| AR3D10 | Suporte para outros métodos entrada além do toque | Acessibilidade dos dados |
| AR3D11 | Uso de fontes com alta legibilidade | Aquisição de informação |

Fonte: Kim et al. (2019)

que houve um aumento na velocidade de reconhecimento das informações depois de aplicar as diretrizes. De acordo com o experimento, esse aumento aconteceu tanto para usuários com DV, aumento de 13,68%, quanto para os sem, de 32,41%.

1.3.4 *Mobile Device Accessibility for the Visually Impaired: Problems Mapping and Empirical Study of Touch Screen Gestures*

Esse artigo, através de um MSL, apresenta os problemas de acessibilidade enfrentados na utilização de dispositivos móveis por PDV encontrados na literatura. A Tabela 7 mostra, como categorias, 6 dos 7 grupos de problemas identificados no estudo, desconsiderando o de “borda não sensível ao toque”, visto que é um problema relativo aos dispositivos físicos.

Tabela 7 – Categorias dos problemas mapeados na literatura.

| Código | Categoria |
|--------|----------------------|
| CPM1 | Botões |
| CPM2 | Comandos de voz |
| CPM3 | Entrada de dados |
| CPM4 | Interação por gestos |
| CPM5 | Leitor de tela |
| CPM6 | Retorno ao usuário |

Fonte: Damaceno, Braga e Chalco (2016)

Na Tabela 8 são listados os problemas relacionados à botões (CPM1), comandos de voz (CPM2) e retorno do usuário (CPM6), e o número de citações, que corresponde ao número de estudos onde o problema foi identificado. Sendo que os problemas relacionados aos botões físicos dos dispositivos foram desconsiderados, por estarem fora do controle da aplicação.

Tabela 8 – Problemas relacionados às categorias CPM1, CPM2 e CPM6.

| Código | Problema | Categoria | Citações |
|--------|---|-----------|----------|
| AR4P1 | A grande proximidade entre os botões virtuais dificulta a interação | CPM1 | 1 |
| AR4P2 | Os botões virtuais acarretam menor sensibilidade tátil | CPM1 | 1 |
| AR4P3 | Apenas um comando de voz é reconhecido por vez | CPM2 | 2 |
| AR4P4 | Há baixa privacidade ao emitir comandos de voz | CPM2 | 1 |
| AR4P5 | Há diminuição do desempenho do reconhecimento em condições de ruído | CPM2 | 1 |
| AR4P6 | Há diminuição do desempenho do reconhecimento devido à entonação e à acentuação | CPM2 | 1 |
| AR4P7 | Há dificuldade para ativar comando de voz | CPM2 | 1 |
| AR4P8 | Há necessidade de mentalizar instrução por voz, aumentando carga de memória do indivíduo | CPM2 | 1 |
| AR4P9 | O reconhecimento de voz funciona apenas em alguns aplicativos | CPM2 | 1 |
| AR4P10 | O uso de comandos de voz é computacionalmente custoso | CPM2 | 1 |
| AR4P11 | Há ausência de retorno ao usuário, ao interagir com alguns elementos de interface | CPM6 | 1 |
| AR4P12 | Há dificuldade para compreender diferentes padrões vibratórios | CPM6 | 1 |
| AR4P13 | Há dificuldade para compreender a orientação da interface, utilizando apenas o retorno auditivo | CPM6 | 1 |
| AR4P14 | Retorno auditivo é prejudicado em ambientes ruidosos | CPM6 | 2 |
| AR4P15 | Usar apenas o retorno auditivo não é o suficiente para a interação | CPM6 | 1 |

Fonte: Damaceno, Braga e Chalco (2016)

A Tabela 9 mostra os problemas relacionados à entrada de dados (CM3) com o número de citações para cada problema. Os problemas que mencionavam teclado físico de dispositivos móveis foram desconsiderados, pois a aplicação a ser desenvolvida suporta apenas *smartphones*.

Tabela 9 – Problemas relacionados à entrada de dados (CM3).

| Código | Problema | Citações |
|--------|--|----------|
| AR4P16 | A digitação de textos é lenta em teclados QWERTY virtuais | 2 |
| AR4P17 | As teclas mais distantes das bordas são mais difíceis de encontrar do que as mais próximas das bordas, em teclados virtuais QWERTY | 1 |
| AR4P18 | É preciso conhecer previamente Braille para ter bom desempenho de digitação utilizando esta modalidade | 2 |
| AR4P19 | É preciso trocar o modo do teclado virtual, para acessar determinados caracteres | 1 |
| AR4P20 | Há ausência de marca tátil para o número 5, no teclado numérico virtual, e para as letras “F” e “J” no teclado QWERTY virtual | 2 |
| AR4P21 | Há erros ao corrigir caracteres digitados equivocadamente, substituindo por fonemas semelhantes, em teclados virtuais | 1 |
| AR4P22 | Há erros de omissão de caracteres, faltando um ou mais ao digitar palavras em teclados virtuais | 1 |
| AR4P23 | Há necessidade de confirmação de cada caractere digitado em teclados virtuais | 1 |
| AR4P24 | Há necessidade de navegar pelo teclado virtual para localizar os caracteres desejados | 1 |
| AR4P25 | Há um segundo de espera para entrar com cada tecla em teclados virtuais | 1 |
| AR4P26 | O teclado numérico virtual é denso dificultando, a interação | 1 |

Fonte: Damaceno, Braga e Chalco (2016)

A Tabela 10 lista os problemas relacionados à interação por gestos (CM4) com o número de citações para cada problema encontrado.

Tabela 10 – Problemas relacionados à interação por gestos (CM4).

| Código | Problema | Citações |
|---------------|--|-----------------|
| AR4P26 | Baixa flexibilidade de ângulo e velocidade dos gestos dificultam o reconhecimento | 1 |
| AR4P27 | Gestos com forma da letra “L” são difíceis de fazer | 2 |
| AR4P28 | Gestos com formas geométricas fechadas (círculo e triângulo) são difíceis de fazer | 1 |
| AR4P29 | Gestos com formas geométricas são lentos de se fazer | 1 |
| AR4P30 | Conflito na desambiguação entre dois toques com um dedo e três toques com um dedo | 1 |
| AR4P31 | Dificuldade para fazer gestos estando em movimento | 1 |
| AR4P32 | Dificuldade para fazer gestos próximos à barra superior de sistemas | 1 |
| AR4P33 | Dificuldade para fazer gestos representados por símbolos | 2 |
| AR4P34 | Dificuldade para fazer o gesto de dois toques com um dedo | 1 |
| AR4P35 | Dificuldade para se localizar na tela para realizar gestos | 1 |
| AR4P36 | Erros na detecção de gestos multitoque | 1 |
| AR4P37 | Falha de interpretação de gestos em geral, pelo sistema | 4 |
| AR4P38 | Mudança indevida de foco ao tentar fazer o gesto dois toques com um dedo | 1 |
| AR4P39 | Não é possível alterar mapeamento dos gestos às funções do sistema | 1 |
| AR4P40 | Não há consistência de gestos entre diferentes sistemas | 1 |
| AR4P41 | Não há gestos que acionam as principais funções do sistema | 1 |
| AR4P42 | O toque acidental na tela, com outro dedo, prejudica o reconhecimento de gestos | 1 |
| AR4P43 | Os manuais de explicação de como fazer gestos de toque não são eficientes | 3 |
| AR4P44 | Conflito entre do aplicativo gestos e os do leitor de tela do sistema | 1 |

Fonte: [Damaceno, Braga e Chalco \(2016\)](#)

Por fim, são listados, na [Tabela 11](#), os problemas relacionados a leitores de tela (CM5) com o número de citações.

Tabela 11 – Problemas relacionados a leitores de tela (CM5).

| Código | Problema | Citações |
|---------------|--|-----------------|
| AR4P45 | A leitura é linear, demorando para se ter noção global da interface | 2 |
| AR4P46 | A pronúncia de algumas palavras é problemática | 1 |
| AR4P47 | A voz do leitor de tela é artificial | 1 |
| AR4P48 | Alguns elementos de interface não são lidos | 3 |
| AR4P49 | Há baixa familiaridade com o leitor de tela de dispositivos móveis | 1 |
| AR4P51 | Há conflito ao usar o leitor de tela do sistema em conjunto com o leitor embutido em aplicativos | 2 |
| AR4P52 | Há desconforto ao ouvir o leitor de tela em ambientes ruidosos | 2 |
| AR4P53 | Há leitura de apenas o que está em foco | 1 |
| AR4P54 | Não há controle de velocidade de leitura | 2 |
| AR4P55 | Não há um botão para interromper a leitura imediatamente | 1 |
| AR4P56 | O foco do leitor de tela muda indevidamente | 2 |
| AR4P57 | O foco do leitor de tela não possui uma ordem de navegação lógica | 2 |
| AR4P58 | O leitor de tela é lento | 1 |
| AR4P59 | O texto lido é, por vezes, inadequado | 1 |

Fonte: [Damaceno, Braga e Chalco \(2016\)](#)

1.3.5 Observation Based Analysis on the Use of Mobile Applications for Visually Impaired Users

O estudo realizou uma análise, envolvendo 5 PDV, com o objetivo de validar se a falta dos requisitos de acessibilidade levantados em um trabalho anterior realmente impactavam na utilização de *apps* móveis por PDV.

Tabela 12 – Categorias dos requisitos encontrados.

| Código | Categoria |
|--------|-----------------------------------|
| CRED1 | <i>Feedbacks</i> audíveis |
| CRED2 | Adaptação das informações visuais |
| CRED3 | Navegação |

Fonte: Siebra et al. (2016)

Os requisitos foram divididos em 3 categorias, como mostra a Tabela 12. Baseados na análise dos resultados, o estudo qualificou os requisitos em 3 níveis (Essencial, Desejável e Não observado). Como os requisitos “não observados”, de acordo com o artigo, não foram mencionados pelos participantes dos testes, apenas os requisitos essenciais e desejáveis são listados na Tabela 13. Somente um requisito foi classificado como desejável pelo estudo, o AR5R7, o restante foi classificado como essencial.

Tabela 13 – Requisitos essenciais e desejáveis focados em DV.

| Código | Problema | Categoria |
|--------|--|-----------|
| AR5R1 | O nome do caractere que está sendo digitado deve ser ouvido | CRED1 |
| AR5R2 | Nomes de elementos e imagens na tela devem ser ouvidos ao serem tocados ou selecionados | CRED1 |
| AR5R3 | <i>Feedback</i> de ações/interações devem ser claros e fornecidos de forma tátil, voz ou eventos sonoros | CRED1 |
| AR5R4 | Estratégias para o uso de leitores de tela (ex.: atalhos para navegar na tela de forma mais eficiente) | CRED1 |
| AR5R5 | Prover uma chave “home” tátil de acesso fácil e rápido para que um usuário possa retornar a um lugar conhecido | CRED2 |
| AR5R6 | Prover documentação em formatos alternativos, utilizando fontes grandes | CRED3 |
| AR5R7 | Permitir customizações pelo usuário e evitar que essas preferências sejam perdidas | CRED3 |
| AR5R8 | Apresentar amplificador com <i>zoom</i> ajustável | CRED3 |
| AR5R9 | Prover equivalências textuais claras para evitar erros quando os textos são lidos na tela | CRED3 |
| AR5R10 | Brilho, contraste e cores ajustáveis | CRED3 |
| AR5R11 | Prover alertas informativos por outros canais além do visual (ex.: voz) | CRED3 |

Fonte: Siebra et al. (2016)

1.3.6 Prioritization of mobile accessibility guidelines for visual impaired users

O artigo apresenta uma proposta de priorização de diretrizes de acessibilidade que resultaram de estudos anteriores. Essas diretrizes foram baseadas no eMAG, porém diretrizes

como as da BCC (*BBC Mobile Accessibility Guidelines*) e recomendações da plataforma *Android* também foram consideradas. Para criação do *ranking*, o estudo utilizou um questionário que foi respondido 103 vezes, sendo 66 dessas respostas de PDV, onde a análise se concentrou.

O estudo dividiu as diretrizes em 6 categorias que podem ser visualizadas na [Tabela 14](#).

Tabela 14 – Categorias das diretrizes de acessibilidade *mobile* baseadas no eMAG.

| Código | Categoria |
|--------|-----------------------------|
| EGE | Estrutura |
| EGC | Comportamento |
| EGCI | Conteúdo/Informação |
| EGAD | Apresentação/ <i>Design</i> |
| EGM | Multimídia |
| EGF | Formulários |

Fonte: [Quispe, Scatalon e Eler \(2020\)](#)

O estudo considerou a priorização para 4 grupos diferentes, baseados no tipo de DV (baixa visão, visão parcial e os 2 tipos de cegueira: legal e total). E os resultados mostraram que existiam diferenças notáveis na percepção das diretrizes entre os grupos.

Quadro 6 – Priorização de diretrizes de acessibilidade para usuários com DV.

| Id | Visão parcial | Baixa visão | Cegueira legal | Cegueira total | Todas as DV |
|----|----------------|----------------------|-------------------------------|--------------------------------------|----------------------|
| 1 | AR6D7, AR6D28 | AR6D9 | AR6D24, AR6D28 | AR6D8, AR6D22, AR6D23 | AR6D8 |
| 2 | AR6D25 | AR6D11, AR6D28 | AR6D7, AR6D11, AR6D22, AR6D25 | AR6D1, AR6D6, AR6D25, AR6D28 | AR6D25 |
| 3 | AR6D24 | AR6D25 | AR6D1, AR6D27 | AR6D7, AR6D9, AR6D15, AR6D24, AR6D27 | AR6D7, AR6D9, AR6D22 |
| 4 | AR6D9, AR6D22 | AR6D7, AR6D22 | AR6D9 | AR6D11 | AR6D11, AR6D24 |
| 5 | AR6D11 | AR6D10 | AR6D10 | AR6D10 | AR6D27 |
| 6 | AR6D10, AR6D27 | AR6D15 | AR6D8, AR6D23 | | AR6D1 |
| 7 | AR6D8, AR6D15 | AR6D1, AR6D6, AR6D27 | AR6D6 | | AR6D8 |
| 8 | AR6D6 | AR6D8 | AR6D15 | | AR6D6, AR6D23 |
| 9 | AR6D1 | AR6D23, AR6D24 | | | AR6D10, AR6D15 |
| 10 | AR6D23 | | | | |

Fonte: [Quispe, Scatalon e Eler \(2020\)](#)

Assim, a partir desses resultados, o trabalho relacionou as diretrizes com as percepções de cada grupo e criou a lista de priorização que pode ser vista no [Quadro 6](#). Onde a coluna “Id” informa a ordem de priorização e os códigos que estão nas demais são listados na [Tabela 15](#) junto com as diretrizes.

Tabela 15 – Diretrizes de acessibilidade *mobile* baseadas no eMAG.

| Código | Diretriz |
|--------|--|
| AR6D1 | Elementos de tela devem ser organização de maneira lógica e semântica. |
| AR6D2 | As telas devem apresentar sequência lógica de leitura para navegação entre <i>links</i> , controles de formulário e outros elementos. |
| AR6D3 | <i>Links</i> na tela devem ser organizados para evitar confusão. |
| AR6D4 | Informações devem ser divididas em grupos específicos para facilitar a procura e leitura dos conteúdos. |
| AR6D5 | Usuários devem ser informados se <i>links</i> abrem novas telas para poderem decidir se querem ou não sair da tela atual. |
| AR6D6 | Todas as funcionalidades na tela devem estar disponíveis a partir do teclado. |
| AR6D7 | Todos os elementos de <i>interface</i> na tela devem ser acessíveis. |
| AR6D8 | Redirecionamento automático de telas não deve acontecer. |
| AR6D9 | Em telas com limite de tempo, deve haver opções para desligar ou ajustar o tempo. |
| AR6D10 | Não deve haver efeitos visuais piscantes, intermitentes ou cintilantes na tela. |
| AR6D11 | Conteúdos animados não devem iniciar automaticamente. |
| AR6D12 | A linguagem utilizada na tela deve ser especificada. |
| AR6D13 | Mudanças na linguagem dos conteúdos sempre devem ser especificadas. |
| AR6D14 | Títulos de telas devem ser descritivos, informativos e representativos com relação ao conteúdo principal. |
| AR6D15 | Deve haver algum mecanismo para indicar ao usuário onde ele está no momento, no conjunto de telas. |
| AR6D16 | Alvos de <i>links</i> devem ser identificados claramente, incluindo informações sobre se estão funcionando ou se direcionam para outra tela. |
| AR6D17 | Todas as imagens devem possuir descrição textual. |
| AR6D18 | Documentos em formatos acessíveis devem estar disponíveis. |
| AR6D19 | Quando uma tabela é utilizada na tela, título e sumário apropriados devem ser fornecidos. |
| AR6D20 | Os textos nas telas devem ser fáceis de ler e entender. |
| AR6D21 | Todos as siglas, abreviações e palavras incomuns na tela devem possuir explicação. |
| AR6D22 | Deve haver uma taxa mínima de contraste entre as cores de fundo e as de frente. |
| AR6D23 | Características sensoriais (ex. cores, formas e sons) não podem ser o único significado para distinguir elementos de tela. |
| AR6D24 | O elemento ou área em foco deve ser evidente visualmente. |
| AR6D25 | Vídeos que não incluem áudio devem fornecer alternativas como legendas. |
| AR6D26 | Deve haver alternativas a conteúdo de áudio (ex. transcrição ou linguagem de sinais). |
| AR6D27 | Conteúdos visuais que não estão disponíveis como áudio devem ser descritos. |
| AR6D28 | Devem haver mecanismos para controlar áudios da aplicação. |
| AR6D29 | Devem haver mecanismos para controlar animações que iniciam automaticamente. |
| AR6D30 | Botões de imagem ou conteúdos de áudio em formulários devem possuir alternativas textuais. |
| AR6D31 | Todos os campos do formulário devem ser identificados. |
| AR6D32 | Uma ordem lógica na navegação pelo formulário deve ser garantida. |
| AR6D33 | Não devem haver mudanças automáticas quando um elemento do formulário é focado, para não confundir ou desorientar o usuário. |
| AR6D34 | Formulários devem possuir instruções de preenchimento. |
| AR6D35 | Erros de entrada devem sempre ser descritos e as submissões de dados confirmadas. |

Fonte: [Quispe, Scatalon e Eler \(2020\)](#)

1.4 Análise dos Resultados

Os resultados do MSL mostram que o *Android* foi a principal plataforma dos *apps* desenvolvidos pelos estudos. Sendo 9 aplicativos desenvolvidos somente para *Android*, 4 multiplataforma (*Android* e *iOS*) e 2 apenas para *iOS*, como mostra a [Tabela 16](#).

Tabela 16 – Tecnologias utilizadas no desenvolvimento e plataforma alvo das aplicações.

| Artigo | Tecnologias | Plataforma |
|--------|--|----------------------|
| AM1 | <i>Cordova Framework</i> | <i>Android e iOS</i> |
| AM2 | <i>MD², Xtend, Java, Eclipse</i> | <i>Android e iOS</i> |
| AM3 | <i>Unity 3D engine, Java</i> | <i>Android</i> |
| AM4 | <i>Android Studio 2.0</i> | <i>Android</i> |
| AM5 | Não informado | <i>Android</i> |
| AM6 | <i>Java, Android Studio, Accessibility Scanner App, Test Lab</i> | <i>Android</i> |
| AM7 | Não informado | <i>Android</i> |
| AM8 | Não informado | <i>iOS</i> |
| AM9 | Não informado | <i>iOS</i> |
| AM10 | <i>React Native</i> | <i>Android e iOS</i> |
| AM11 | Não informado | <i>Android</i> |
| AM12 | <i>Java, Android Studio, API Airy</i> | <i>Android</i> |
| AM13 | Não informado | <i>Android</i> |
| AM14 | Não informado | <i>Android</i> |
| AM15 | <i>React Native</i> | <i>Android e iOS</i> |

Fonte: Autor

Embora todos os estudos tenham mencionado a plataforma para qual o *app* foi desenvolvido, como pode ser observado na [Tabela 16](#), boa parte deles, 7 no total, não mencionam as tecnologias utilizadas. Com isso, *Java* se destacou como a principal linguagem, utilizada em pelo menos 4 estudos, para o desenvolvimento das soluções. Enquanto o *React Native* apareceu como principal o *framework* para desenvolvimento multiplataforma, com duas aplicações.

Quanto às técnicas relacionadas à acessibilidade utilizadas no desenvolvimento das soluções apresentadas nos artigos, são listadas na [Tabela 17](#) as principais identificadas no MSL. Nessa tabela foi atribuído um código de referência para cada técnica listada.

Tabela 17 – Técnicas utilizadas no desenvolvimento das soluções de acessibilidade do MSL.

| Código | Técnicas | Artigos |
|---------------|--|--|
| TAM1 | Contraste de cor para garantir diferentes níveis de acessibilidade | AM1, AM9, AM10, AM12, AM13 |
| TAM2 | Descrição textual dos elementos visuais | AM1, AM2, AM3, AM5, AM6, AM7, AM8, AM9, AM10, AM11, AM12, AM13, AM15 |
| TAM3 | Escala SUS para avaliação da usabilidade da aplicação | AM4, AM5, AM7 |
| TAM4 | Elementos chave de interação sempre posicionados na mesma parte da tela, em locais de fácil acesso | AM10, AM15 |
| TAM5 | <i>Feedback</i> por vibração | AM3, AM14 |
| TAM6 | <i>Feedback</i> por voz através de TTS | AM3, AM5, AM6, AM7, AM9, AM11, AM12, AM13, AM14 |
| TAM7 | Interação alternativa através de gestos | AM1, AM7, AM10, AM12, AM15 |
| TAM8 | Personalização de pontos da <i>interface</i> que afetam a acessibilidade | AM2, AM6, AM8, AM9, AM12 |
| TAM9 | Possibilidade de revisar as mensagens escritas através do TTS | AM7 |
| TAM10 | Reconhecimento de voz | AM4, AM6, AM7, AM9, AM12 |
| TAM11 | Tamanho da fonte das letras ampliado ou personalizável | AM6, AM8, A12 |
| TAM12 | Tamanho dos botões e espaçamentos adequados à PDV | AM9 |
| TAM13 | Tamanho dos ícones e componentes adaptáveis de acordo com tamanho da tela | AM10 |
| TAM14 | Todos os elementos visíveis na tela sem necessidade de rolagem | AM10 |
| TAM15 | Utilização de efeitos sonoros para contextualizar o usuário | AM3, AM6, AM13 |

Fonte: Autor

A coluna “Artigos” na [Tabela 17](#) indica em quais artigos (representados por código) cada técnica foi identificada. Como as descrições das técnicas identificadas variaram de acordo com os artigos, elas foram representadas nessa tabela com uma descrição genérica, possibilitando a identificação dos artigos que utilizaram as mesmas técnicas.

1.5 Respostas das Questões do Protocolo

Nesta seção são respondidas as questões definidas no Protocolo de MSL, apresentado no início deste capítulo, levando em consideração a análise dos resultados da seção anterior. Assim, seguem:

1. Quais são as principais soluções de acessibilidade para PDV utilizadas no desenvolvimento de aplicações móveis?
 - a) Cumprimento de diretrizes de acessibilidade para aplicações móveis propostas por entidades como *Google*¹⁰, *SIDI*¹¹ e *BBC*¹² durante o processo de desenvolvimento;
 - b) Realização de estudos visando identificar problemas enfrentados por usuários com DV no uso de aplicativos móveis e definir diretrizes para solucionar cada problema;
 - c) Utilização de diretrizes de acessibilidade da *W3C*¹³ adaptadas da *web* para o contexto de aplicações móveis;
 - d) Utilização de ferramentas para realização de testes de acessibilidade automatizados.
2. Quais são as tecnologias utilizadas no desenvolvimento dessas soluções?
 - a) A linguagem *Java* no desenvolvimento de aplicações *Android*;
 - b) Os *frameworks React Native*, *Cordova* e *MD²* no desenvolvimento multiplataforma;
 - c) As IDEs *Android Studio* e *Eclipse*;
 - d) *Unity 3D* no desenvolvimento de jogos para *Android*;
 - e) As ferramentas *Accessibility Scanner App*, *MATE* e *Test Lab* para realização de testes de acessibilidade automatizados.
3. Para quais plataformas as soluções foram propostas?
 - a) 9 apenas para *Android*;
 - b) 2 apenas para *iOS*;
 - c) 4 multiplataforma, para *Android* e *iOS*.

4. Quem são os públicos alvos dessas soluções?

As soluções visaram atender diversas necessidades de PDV. Assim, foram criadas aplicações para diferentes públicos com DV, como crianças e estudantes, e com diversos tópicos específicos, como livros, medicamentos e clima.

¹⁰ <<https://developer.android.com/guide/topics/ui/accessibility/apps>>

¹¹ <<https://www.sidi.org.br/guiadeacessibilidade>>

¹² <<https://www.bbc.co.uk/accessibility/forproducts/guides/mobile>>

¹³ <<https://www.w3.org/TR/mobile-bp/summary>>

Referências

BIASE, L. C. D. et al. An accessible roller coaster simulator for touchscreen devices: An educational game for the visually impaired. In: *2018 IEEE Games, Entertainment, Media Conference (GEM)*. [s.n.], 2018. p. 101–105. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8516457>. Citado 2 vezes nas páginas 13 e 16.

CABALLERO, A. R.; CATLI, K. E. I.; BABIERRA, A. G. F. Object recognition and hearing assistive technology mobile application using convolutional neural network. In: *Proceedings of the International Conference on Wireless Communication and Sensor Networks*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2020. (icWCSN 2020), p. 41–48. ISBN 9781450377638. Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3411201.3411208>. Citado 2 vezes nas páginas 13 e 23.

CANTù, N. et al. Mathmelodies 2: A mobile assistive application for people with visual impairments developed with react native. In: *Proceedings of the 20th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2018. (ASSETS '18), p. 453–455. ISBN 9781450356503. Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3234695.3241006>. Citado 2 vezes nas páginas 13 e 22.

DAMACENO, R. J. P.; BRAGA, J. C.; CHALCO, J. P. M. Mobile device accessibility for the visually impaired: Problems mapping and empirical study of touch screen gestures. In: *Proceedings of the 15th Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2016. (IHC '16). ISBN 9781450352352. Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3033701.3033703>. Citado 4 vezes nas páginas 29, 32, 33 e 34.

DUARTE, C. et al. Designing multimodal mobile interaction for a text messaging application for visually impaired users. *Frontiers in ICT*, Frontiers Media S.A., v. 4, n. DEC, 2017. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85061981298&doi=10.3389%2fict.2017.00026&partnerID=40&md5=c6d6a2fcab00d15edc7f162bf576c772>. Citado 2 vezes nas páginas 13 e 19.

KIM, W. et al. Effect of ux design guideline on the information accessibility for the visually impaired in the mobile health apps. In: . Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2019. p. 1103–1106. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85062552457&doi=10.1109%2fbibm.2018.8621471&partnerID=40&md5=b0ac4a92a73fedbd9803f08ab427814e>. Citado 3 vezes nas páginas 29, 31 e 32.

KITCHENHAM, B.; CHARTERS, S. *Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering*. 2007. Citado 2 vezes nas páginas 4 e 29.

LEPORINI, B.; PALMUCCI, E. A mobile educational game accessible to all, including screen reading users on a touch-screen device. In: *Proceedings of the 16th World Conference on Mobile and Contextual Learning*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2017. (mLearn 2017). ISBN 9781450352550. Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3136907.3136941>. Citado 2 vezes nas páginas 13 e 14.

MADRIGAL-CADAVID, J. et al. Design and development of a mobile app of drug information for people with visual impairment. *Research in Social and Administrative Pharmacy*, v. 16, n. 1, p. 62–67, 2020. ISSN 1551-7411. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1551741119301317>>. Citado 2 vezes nas páginas 13 e 19.

MASCETTI, S. et al. Wordmelodies: Supporting children with visual impairment in learning literacy. In: *The 21st International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2019. (ASSETS '19), p. 642–644. ISBN 9781450366762. Disponível em: <<https://dl.acm.org/doi/10.1145/3308561.3354587>>. Citado 2 vezes nas páginas 13 e 27.

MATEUS, D. A. et al. Accessibility of mobile applications: Evaluation by users with visual impairment and by automated tools. In: *Proceedings of the 19th Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2020. (IHC '20). ISBN 9781450381727. Disponível em: <<https://dl.acm.org/doi/10.1145/3424953.3426633>>. Citado na página 29.

NAHAR, L.; SULAIMAN, R.; JAAFAR, A. Users' perception on usability aspects of a braille learning mobile application 'mbraille'. *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, Springer, v. 11870 LNCS, p. 100–109, 2019. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85077844210&doi=10.1007%2f978-3-030-34032-2_10&partnerID=40&md5=01d0716dda193cd19f0d3b46dc897e13>. Citado 2 vezes nas páginas 13 e 26.

OLIVEIRA, A. S. de et al. Quimivox mobile 2.0: Application for helping visually impaired people in learning periodic table and electron configuration. In: *Proceedings of the 18th Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2019. (IHC '19). ISBN 9781450369718. Disponível em: <<https://dl.acm.org/doi/10.1145/3357155.3358436>>. Citado 2 vezes nas páginas 13 e 24.

OLIVEIRA, B. de; BRAGA, J. C.; DAMACENO, R. J. P. Application for the configuration and adaptation of the android operating system for the visually impaired. In: *Proceedings of the 15th International Web for All Conference*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2018. (W4A '18). ISBN 9781450356510. Disponível em: <<https://dl.acm.org/doi/10.1145/3192714.3192838>>. Citado 2 vezes nas páginas 13 e 17.

QUISPE, F.; SCATALON, L.; ELER, M. Prioritization of mobile accessibility guidelines for visual impaired users. In: . SciTePress, 2020. v. 2, p. 563–570. Cited By 0. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85091396826&partnerID=40&md5=f30643b9bc6f6f843d4c94328b592afc>>. Citado 3 vezes nas páginas 29, 36 e 37.

RIEGER, C. et al. A model-driven approach to cross-platform development of accessible business apps. In: . New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2020. (SAC '20), p. 984–993. ISBN 9781450368667. Disponível em: <<https://dl.acm.org/doi/10.1145/3341105.3375765>>. Citado 3 vezes nas páginas 13, 15 e 30.

SHERA, A. et al. Blind and visually impaired user interface to solve accessibility problems. *Intelligent Automation and Soft Computing*, Tech Science Press, v. 30, n. 1, p. 285–301, 2021. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85111705547&doi=10.>

32604%2fiasc.2021.018009&partnerID=40&md5=506f2304e2021f8d02726bdb342599fd>. Citado 3 vezes nas páginas 13, 17 e 18.

SHIN, H. et al. Improved and accessible e-book reader application for visually impaired people. In: *SIGGRAPH Asia 2017 Posters*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2017. (SA '17). ISBN 9781450354059. Disponível em: <<https://dl.acm.org/doi/10.1145/3145690.3145748>>. Citado 2 vezes nas páginas 13 e 21.

SIEBRA, C. et al. Observation based analysis on the use of mobile applications for visually impaired users. In: *Proceedings of the 18th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services Adjunct*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2016. (MobileHCI '16), p. 807–814. ISBN 9781450344135. Disponível em: <<https://dl.acm.org/doi/10.1145/2957265.2961848>>. Citado 3 vezes nas páginas 17, 29 e 35.

SILVA, E. R. P. da. *Métodos para Revisão e Mapeamento Sistemático da Literatura (Methods for Systematic Literature Reviews and Systematic Mapping Studies)*. Tese (Doutorado) — Federal University of Rio de Janeiro, 03 2009. Citado na página 4.

TOMLINSON, B. et al. "talkin' about the weather": Incorporating talkback functionality and sonifications for accessible app design. In: . Association for Computing Machinery, Inc, 2016. p. 377–386. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84991387146&doi=10.1145%2f2935334.2935390&partnerID=40&md5=773b9f0cb6471ee5944fbe8c0a03cdc4>>. Citado 2 vezes nas páginas 13 e 25.

VENDOME, C. et al. Can everyone use my app? an empirical study on accessibility in android apps. In: . Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2019. p. 41–52. Cited By 13. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85077219554&doi=10.1109%2fICSME.2019.00014&partnerID=40&md5=aea0355325a633ad2b12030536471926>>. Citado 2 vezes nas páginas 29 e 31.

VITIELLO, G. et al. Do you like my outfit? cromnia, a mobile assistant for blind users. In: *Proceedings of the 4th EAI International Conference on Smart Objects and Technologies for Social Good*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2018. (Goodtechs '18), p. 249–254. ISBN 9781450365819. Disponível em: <<https://dl.acm.org/doi/10.1145/3284869.3284908>>. Citado 2 vezes nas páginas 13 e 20.