



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

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

Jonathan Kelvin de Jesus Santos

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

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Departamento de Computação da Universidade Federal de Sergipe como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Sistemas de Informação.

Orientador(a): Profa. Dra. Adicinéia Aparecida de Oliveira

São Cristóvão – Sergipe

2021

Lista de ilustrações

Figura 1 – Quantidade de artigos encontrados por base.	21
Figura 2 – Quantidade de artigos aceitos, rejeitados e duplicados na seleção.	22
Figura 3 – Quantidade de artigos aceitos e rejeitados por base.	23
Figura 4 – Quantidade de artigos rejeitados por critério de exclusão.	23
Figura 5 – Quantidade de artigos aceitos por ano e base.	24
Figura 6 – Artigos aceitos e rejeitados na fase de extração.	25
Figura 7 – Artigos rejeitados na fase de extração por critério exclusão.	26

Lista de quadros

Quadro 1 – Palavras-chave e Sinônimos.	19
Quadro 2 – <i>String</i> genérica.	19
Quadro 3 – <i>Strings</i> específicas para busca em cada base.	20
Quadro 4 – Artigos aceitos na fase de extração.	27
Quadro 5 – Estudos relacionados identificados no processo de MSL.	43
Quadro 6 – Priorização de diretrizes de acessibilidade para usuários com DV.	50

Lista de tabelas

Tabela 1 – Categorias dos problemas identificados.	31
Tabela 2 – Problemas de acessibilidade encontrados por categoria.	32
Tabela 3 – Categorias dos tipos de problemas mais identificados.	44
Tabela 4 – Problemas mais frequentes encontrados pelos usuários por tipo de DV. . . .	44
Tabela 5 – Aspectos de acessibilidade à DV discutidos por <i>devs Android</i> no <i>Stack Overflow</i> . .	45
Tabela 6 – Diretrizes do UXDG por categoria.	46
Tabela 7 – Categorias dos problemas mapeados na literatura.	46
Tabela 8 – Problemas relacionados às categorias CPM1, CPM2 e CPM6.	47
Tabela 9 – Problemas relacionados à entrada de dados (CPM3).	47
Tabela 10 – Problemas relacionados à interação por gestos (CPM4).	48
Tabela 11 – Problemas relacionados a leitores de tela (CPM5).	48
Tabela 12 – Categorias dos requisitos encontrados.	49
Tabela 13 – Requisitos essenciais e desejáveis focados em DV.	49
Tabela 14 – Categorias das diretrizes de acessibilidade <i>mobile</i> baseadas no eMAG. . . .	50
Tabela 15 – Diretrizes de acessibilidade <i>mobile</i> baseadas no eMAG.	51
Tabela 16 – Tecnologias utilizadas no desenvolvimento e plataforma alvo das aplicações. .	52
Tabela 17 – Técnicas utilizadas no desenvolvimento das soluções de acessibilidade do MSL. .	53
Tabela 18 – Principais problemas identificados pelos estudos relacionados.	54
Tabela 19 – Diretrizes e técnicas relacionadas à cada tipo de problema.	55

Lista de abreviaturas e siglas

API	<i>Application Programming Interface</i>
ADA	<i>American Diabetes Association</i>
DCOMP	Departamento de Computação
DM	<i>Diabetes Mellitus</i>
Dev	<i>Developer</i>
DV	Deficiência Visual
DVP	Deficiência Visual Parcial
DVT	Deficiência Visual Total
eMag	Modelo de Acessibilidade em Governo Eletrônico
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICF	<i>International Classification of Functioning, Disability and Health</i>
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	Fundamentação Teórica	8
1.1	Diabetes Mellitus	8
1.2	Deficiência Visual	9
1.3	Acessibilidade e Tecnologia Assistiva	10
1.4	Diretrizes de Acessibilidade	11
1.5	Ferramentas Relacionadas à Acessibilidade	12
1.5.1	Leitores de tela	12
1.5.2	Testes Automatizados	13
1.6	Desenvolvimento de aplicações móveis multiplataforma	14
1.6.1	<i>Flutter</i>	15
2	Mapeamento Sistemático	18
2.1	Protocolo de Mapeamento Sistemático	18
2.1.1	Bases de Dados	19
2.1.2	<i>String</i> de Busca	19
2.1.3	CrITÉrios de Inclusão e Exclusão	21
2.1.4	Fase de Extração	25
2.2	Resultados Encontrados	28
2.2.1	<i>A Mobile Educational Game Accessible to All, Including Screen Reading Users on a Touch-Screen Device</i>	28
2.2.2	<i>A Model-Driven Approach to Cross-Platform Development of Accessible Business Apps</i>	29
2.2.3	<i>An Accessible Roller Coaster Simulator for Touchscreen Devices: An Educational Game for the Visually Impaired</i>	30
2.2.4	<i>Application for the Configuration and Adaptation of the Android Operating System for the Visually Impaired</i>	30
2.2.5	<i>Blind and visually impaired user interface to solve accessibility problems</i>	31
2.2.6	<i>Design and development of a mobile app of drug information for people with visual impairment</i>	32
2.2.7	<i>Designing multimodal mobile interaction for a text messaging application for visually impaired users</i>	33
2.2.8	<i>Do You like My Outfit? Cromnia, a Mobile Assistant for Blind Users</i>	34
2.2.9	<i>Improved and Accessible E-Book Reader Application for Visually Impaired People</i>	35

2.2.10	<i>MathMelodies 2: A Mobile Assistive Application for People with Visual Impairments Developed with React Native</i>	36
2.2.11	<i>Object Recognition and Hearing Assistive Technology Mobile Application Using Convolutional Neural Network</i>	37
2.2.12	<i>QUIMIVOX MOBILE 2.0: Application for Helping Visually Impaired People in Learning Periodic Table and Electron Configuration</i>	38
2.2.13	<i>“Talkin’ about the weather”: Incorporating TalkBack functionality and sonifications for accessible app design</i>	39
2.2.14	<i>Users’ perception on usability aspects of a braille learning mobile application ‘mBRAILLE’</i>	40
2.2.15	<i>WordMelodies: Supporting Children with Visual Impairment in Learning Literacy</i>	41
2.3	Estudos Relacionados	43
2.3.1	<i>Accessibility of Mobile Applications: Evaluation by Users with Visual Impairment and by Automated Tools</i>	43
2.3.2	<i>Can Everyone use my app? An Empirical Study on Accessibility in Android Apps</i>	44
2.3.3	<i>Effect of UX Design Guideline on the information accessibility for the visually impaired in the mobile health apps</i>	45
2.3.4	<i>Mobile Device Accessibility for the Visually Impaired: Problems Mapping and Empirical Study of Touch Screen Gestures</i>	46
2.3.5	<i>Observation Based Analysis on the Use of Mobile Applications for Visually Impaired Users</i>	49
2.3.6	<i>Prioritization of mobile accessibility guidelines for visual impaired users</i>	49
2.4	Análise dos Resultados	52
2.4.1	CPER1: <i>Feedback</i> auditivo não é suficiente para a interação	55
2.4.2	CPER2: Apresentação dos conteúdos	55
2.4.3	CPER3 e CPER8: Problemas relacionados às descrições dos elementos e leitores de tela	56
2.4.4	CPER4: Dificuldades ao navegar pela aplicação	56
2.4.5	CPER5: Dificuldades com a utilização do teclado virtual padrão	57
2.4.6	CPER6: Dificuldades relacionadas a botões virtuais	57
2.4.7	CPER7: Dificuldades na utilização de gestos	57
2.4.8	CPER9: Funcionalidades confusas ou não claras	57
2.4.9	CPER10: Obstáculos relacionados ao reconhecimento de voz	58
2.5	Respostas das Questões do Protocolo	59

1

Fundamentação Teórica

Este capítulo apresenta os conceitos básicos relevantes para compreensão deste trabalho, com o objetivo de contextualizar e situar o leitor no tema abordado. As seções seguintes trazem elucidações sobre o Diabetes Mellitus (DM) e a relação com deficiências visuais (DV), acessibilidade, diretrizes e ferramentas relacionadas, e, por fim, sobre o desenvolvimento de aplicativos móveis multiplataforma.

1.1 Diabetes Mellitus

De acordo com a Associação Americana de Diabetes (ADA), o DM é um grupo de doenças endocrinológicas crônicas caracterizado pela elevação da glicose no sangue, devido à deficiência de ação do hormônio insulina, que requer cuidados médicos contínuos para redução de risco e controle glicêmico (ADA, 2019).

O DM possui dois tipos, onde o tipo 1 afeta a produção de insulina devido à uma reação autoimune às proteínas das células das ilhotas do pâncreas e o tipo 2 afeta o processamento do açúcar no sangue e é causado por fatores genéticos relacionados à secreção prejudicada de insulina, resistência à insulina e fatores ambientais, como obesidade, alimentação excessiva, falta de exercício, estresse e o envelhecimento (OZUGWU, 2013).

O diabetes vem se tornando um desafio global de saúde pública cada vez maior por conta do rápido aumento no número de casos nos últimos 20 anos (ADA, 2019). Estimativas da Federação Internacional de Diabetes (IDF), através do Atlas da Diabetes¹ de 2019, apontaram que 463 milhões de pessoas no mundo viviam com DM, o que representa cerca de 9,3% da população global adulta, e é esperado um aumento para 10,2% (578 milhões) em 2030 e 10,9% (700 milhões) em 2045 (SAEEDI et al., 2019).

¹ <<https://diabetesatlas.org/>>

O Brasil é o 5º país com mais diabéticos no mundo com 16,8 milhões em 2019, na faixa etária de 20 à 79 anos, e estimativas de 21,5 e 26 milhões de casos para 2030 e 2045, respectivamente (SAEEDI et al., 2019). Os custos totais de hipertensão, diabetes e obesidade no Sistema Único de Saúde (SUS) alcançaram 3,45 bilhões de reais em 2018, sendo 30% desse custo relacionado ao DM (NILSON et al., 2020).

Já a retinopatia diabética é uma complicação vascular do diabetes, cuja prevalência está diretamente relacionada à duração do diabetes e ao controle do nível de glicemia (SOLOMON et al., 2017). Essa complicação é a maior causa de novos casos de cegueira em adultos, na faixa etária de 20 à 74 anos, em países desenvolvidos (ADA, 2019). Além disso, outros distúrbios oculares como o glaucoma e a catarata ocorrem mais cedo e com maior frequência em diabéticos (ADA, 2019).

Serviços de educação e apoio para o autogerenciamento do diabetes (DSMES, do inglês *diabetes self-management education and support*) facilitam na aquisição de conhecimento e habilidades necessárias para o autocuidado, incorporando as necessidades, objetivos e experiências de diabéticos (ADA, 2019). Assim, DSMES visam auxiliar o empoderamento dos pacientes com diabetes na tomada de decisões informadas de autogerenciamento (MARRERO et al., 2013).

De acordo com a ADA (2019), estudos mostraram que DSMES estão associados a aumento no conhecimento e comportamentos de autocuidado sobre o diabetes, auto-relatos de redução de peso, melhoria de qualidade de vida, redução de risco de mortalidade em todas as causas e redução nos custos de cuidados com a saúde.

Resultados mais recentes, de uma metanálise realizada no estudo de Aminuddin et al. (2021), também apontaram que as intervenções de autogerenciamento baseadas em *smartphones* teriam efeitos benéficos sobre atividades de autocuidado, principalmente para pacientes com DM tipo 2.

1.2 Deficiência Visual

De acordo com a Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde (ICF), a incapacidade enfrentada por pessoas com deficiência visual (PDV) não é determinada apenas pela condição ocular, mas também pelo ambiente físico e social em que a pessoa vive, bem como as dificuldades que pode enfrentar para realização de atividades como autocuidado, os problemas que sofrem cotidianamente, como em ir para o trabalho ou escola, e o acesso a cuidados, produtos e serviços oftalmológicos (WHO, 2019b).

Assim, atualmente o mundo enfrenta um sério problema com relação a saúde da visão. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), pelo menos 2,2 bilhões de pessoas no mundo vivem com deficiência visual (DV) em algum grau, com isso, a necessidade de cuidados com os olhos tende a crescer drasticamente nas próximas décadas (WHO, 2019b).

Segundo a [WHO \(2019b\)](#), mais de 1 bilhão dos casos de pessoas com DV poderiam ser prevenidos ou tratados. Ainda de acordo essa publicação, os principais motivos para esses casos são:

- O tempo despendido em ambientes fechados e aumento das atividades "*near work*" (ler, escrever, assistir TV, jogar videogames, etc);
- O aumento no número de pessoas vivendo com diabetes, principalmente o tipo 2;
- Muitas pessoas não terem acesso a serviços oftalmológicos e verificações de retina.

No Brasil, de acordo com o último censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), realizado em 2010, cerca de 18,6% da população era afetada por algum tipo de DV, sendo 3,46% por DV severa ([IBGE, 2012](#)). Embora o próximo censo esteja previsto para 2022², outra pesquisa foi realizada pelo Ministério da Saúde em 2019, a Pesquisa Nacional de Saúde (PNS), e apontou que 3,4% da população brasileira, com 2 ou mais anos de idade, possui muita dificuldade ou não enxerga ([STOPA et al., 2020](#)).

1.3 Acessibilidade e Tecnologia Assistiva

Segundo o Art. 3º da Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência³, acessibilidade se refere à:

possibilidade e condição de alcance para utilização, com segurança e autonomia, de espaços, mobiliários, equipamentos urbanos, edificações, transportes, informação e comunicação, **inclusive seus sistemas e tecnologias**, bem como de outros serviços e instalações abertos ao público, de uso público ou privados de uso coletivo, tanto na zona urbana como na rural, por pessoa com deficiência ou com mobilidade reduzida ([BRASIL, 2015](#)).

Assim, visando essa inclusão, tecnologias conhecidas como Tecnologias Assistivas (TA) se tornam cada vez mais presentes. [Cook e Polgar \(2014\)](#) adotam uma definição de TA mundialmente utilizada em seu livro, esta que foi definida por uma *Public Law* dos Estados Unidos da América (EUA). Os autores justificam a utilização dessa definição por a mesma contemplar os pontos mais importantes a respeito de TA, como diz a seguir:

Qualquer item, parte de equipamento ou **sistema** adquirido comercialmente, modificado ou customizado que é utilizado para aumentar, manter ou melhorar as capacidades funcionais de pessoas com deficiência ([COOK; POLGAR, 2014](#)).

² <<https://censo2022.ibge.gov.br/>>

³ <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13146.htm>

De acordo com a OMS, o acesso às TAs adequadas e de qualidade por um preço acessível melhora no desenvolvimento das funções e na independência de indivíduos com deficiências, ao mesmo tempo que facilita a participação e integração dos mesmos na sociedade (WHO, 2019a).

1.4 Diretrizes de Acessibilidade

Para que as TAs funcionassem adequadamente na *Web*, a *World Wide Web Consortium* (W3C) definiu, através da *Web Accessibility Initiative* (WAI), um conjunto de diretrizes e recomendações de acessibilidade, chamado *Web Content Accessibility Guidelines* (WCAG) que deveriam ser seguidas no desenvolvimento de aplicações *Web* (W3C, 2019). Com o advento da navegação na *Web* em dispositivos móveis, a W3C lançou, em novembro de 2006, o Guia de Melhores Práticas *Mobile Web* (MWBP)⁴, com o objetivo de melhorar a experiência do usuário ao acessar à *Web* nesses dispositivos.

Além da W3C, órgãos de governos também desenvolveram diretrizes e recomendações de acessibilidade, baseados no WCAG e em suas próprias legislações, como foi o caso dos EUA com a Seção 508⁵ da Lei de Reabilitação de 1973, que exige acessibilidade de todas as agências federais quando desenvolvem, adquirem, mantêm ou usam tecnologia eletrônica e de informação (JAEGGER, 2006). Contudo, estudos apontam que diversos sites governamentais não estão em total conformidade com a Seção 508 (KING; YOUNGBLOOD, 2016; YI, 2015).

No Brasil não foi diferente, o Decreto 5.296/04⁶ estabeleceu o cumprimento dos requisitos de acessibilidade pelos órgãos da administração pública direta, indireta e fundacional, pelas empresas prestadoras de serviços públicos e instituições financeiras, resultando na criação do Modelo de Acessibilidade em Governo eletrônico (eMAG) (EMAG, 2014).

Lançado em 2005, o eMAG também foi baseado no WCAG 1.0, onde estudos avaliaram as diferenças entre as diretrizes do eMAG (versões 1.0 e 3.0) e as do WCAG (versões 1.0 e 2.0), observando-se que as versões possuíam poucas diferenças nas recomendações, sendo as maiores diferenças estruturais, demonstrando vantagens na adoção do eMAG para o contexto brasileiro (BACH et al., 2009; ROCHA; DUARTE, 2013).

Já para aplicações nativas *mobile*, não existe uma entidade como a W3C para definir essas diretrizes, e embora ela tenha proposto o MWBP, ele se refere à criação de aplicações *web* para o *mobile*, não contemplando todas as necessidades das aplicações nativas (W3C, 2008).

Assim, as próprias empresas responsáveis pelos Sistemas Operacionais (SO) *mobile*, Google (Android)⁷ e Apple (iOS)⁸, criaram suas diretrizes e recomendações para o desenvolvimento de aplicativos acessíveis para suas plataformas. Apesar disso, muitos desenvolvedores não tem

⁴ <<http://www.w3.org/TR/mobile-bp/>>

⁵ <<https://www.section508.gov/>>

⁶ <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2004/Decreto/D5296.htm>

⁷ <<https://developer.android.com/guide/topics/ui/accessibility/apps>>

⁸ <<https://developer.apple.com/design/human-interface-guidelines/accessibility>>

conhecimento sobre essas técnicas e recomendações, ou sobre a necessidade delas para o suporte das aplicações à pessoas com deficiências (QUISPE; SCATALON; ELER, 2020; BI et al., 2021).

Um estudo realizado por Ballantyne et al. (2018), compila um conjunto de diretrizes para acessibilidade *mobile* e realiza testes em 25 dos *apps* mais populares da *Google Play*. Os resultados do estudo revelaram que apenas 8 dos 25 selecionados possuíam taxa de conformidade com as diretrizes acima de 75%. O estudo ainda revela que 63% das violações encontradas estavam relacionadas ao *design* (componentes de tela).

Já Yan e Ramachandran (2019) elaboram um estudo mais abrangente, realizado com 479 *apps* de 23 categorias da *Google Play*. Os autores utilizaram uma ferramenta automatizada, o IBM *Mobile Accessibility Checker* (MAC), para encontrar possíveis problemas com acessibilidade nesses *apps*, categorizando-os em V (Violação), PV (Potencial Violação) e A (Alerta). Os resultados mostraram que 94.8%, 97.5% e 66.4% dos *apps* continham problemas relacionados a V, PV e A, respectivamente (YAN; RAMACHANDRAN, 2019).

Para Quispe, Scatalon e Eler (2020) os principais fatores para a baixa priorização da acessibilidade de aplicações *mobile* são o desconhecimento, a alta demanda e a falta de tempo das equipes de desenvolvimento, fazendo com que se concentrem nos requisitos funcionais em detrimento de requisitos não funcionais de usabilidade como o de acessibilidade.

1.5 Ferramentas Relacionadas à Acessibilidade

Nesta seção são apresentadas ferramentas que podem ser utilizadas durante o desenvolvimento do projeto, com o objetivo de melhorar e validar a usabilidade da aplicação quanto à acessibilidade.

1.5.1 Leitores de tela

Com o objetivo de possibilitar a utilização dos *smartphones* por usuários cegos e auxiliar os com DV parcial, os principais SOs móveis, Android e iOS, fornecem nativamente os leitores de tela chamados TalkBack⁹ e VoiceOver¹⁰, respectivamente.

A descrição do VoiceOver pela Apple:

Com o VoiceOver – um leitor de tela baseado em gestos – você pode usar o iPhone mesmo que você não possa ver a tela. O VoiceOver fornece descrições audíveis do que está na tela — desde o nível da bateria até quem está ligando e em qual app o seu dedo está. Você também pode ajustar a velocidade da fala e o tom de voz conforme as suas necessidades (APPLE, 2021).

Descrição do TalkBack pelo Google:

⁹ <https://support.google.com/accessibility/android/answer/6007100?hl=pt-BR&ref_topic=10601570>

¹⁰ <<https://support.apple.com/pt-br/guide/iphone/iph3e2e415f/ios>>

O TalkBack é o leitor de tela do Google incluído em dispositivos Android. Ele permite que você controle o dispositivo sem usar os olhos (GOOGLE, 2021).

Diferente da Apple onde apenas ela fabrica os *smartphones* que utilizam seu SO, o Google mantém o SO mas, cada fabricante pode escolher se deseja personalizá-lo com as características da marca ou se mantém o sistema fiel as definições padrões. Assim, a documentação ressalta:

A configuração depende do fabricante do dispositivo, da versão do Android e da versão do TalkBack. Estas páginas de ajuda se aplicam à maioria dos dispositivos, mas pode haver algumas diferenças (GOOGLE, 2021).

Esses leitores de tela utilizam uma técnica conhecida como *text-to-speech* (“texto para discurso” em tradução livre) para narrar as descrições para os usuários. Assim, tanto o Android quanto o iOS disponibilizam Interfaces de Programação de Aplicações (APIs, do inglês “*Application Programming Interface*”) para que os desenvolvedores possam integrar essa tecnologia diretamente aos próprios *apps*, não sendo necessário habilitar os leitores nos dispositivos para funcionar nessas aplicações específicas (SHIN et al., 2017; BIASE et al., 2018; OLIVEIRA et al., 2019; CABALLERO; CATLI; BABIERRA, 2020).

Para que esses leitores de tela funcionem de maneira adequada em aplicações desenvolvidas, é necessário que haja um tratamento com relação aos componentes de *interface*, fornecendo descrições desses componentes para que possam ser narrados pelos leitores. Assim, problemas relacionados à falta de descrições desses componentes costumam ser os mais frequentes enfrentados pelos usuários com DV (VENDOME et al., 2019; RIEGER et al., 2020; SHERA et al., 2021).

Uma boa prática para mitigação desses problemas pode ser a utilização constante dos leitores de tela para validação do fluxo das aplicações durante o processo de desenvolvimento, visando diminuir a quantidade, visto que podem ser identificados e corrigidos mais cedo (TOMLINSON et al., 2016).

1.5.2 Testes Automatizados

A utilização de ferramentas automatizadas para realização de testes de usabilidade e acessibilidade pode reduzir o esforço e o retrabalho, pois identifica diversos problemas de acessibilidade ainda em tempo de desenvolvimento, diminuindo os esforços e custos para realização das correções (RIEGER et al., 2020).

Uma dessas ferramentas é a *Mobile Accessibility Testing* (MATE), desenvolvida por brasileiros, que automaticamente explora os *apps* aplicando diferentes tipos de checagem por problemas de acessibilidade relacionadas à DV, gerando um relatório detalhado como resultado, auxiliando os desenvolvedores na resolução desses problemas (ELER et al., 2018).

O Google também possui duas ferramentas que permitem a realização desses testes, o *Accessibility Scanner*, uma aplicação instalável no dispositivo, disponível na Google Play¹¹, que sobrepõe o *app* a ser testado e faz sugestões de melhorias de acessibilidade, e o *Test Lab*, onde é possível realizar o *upload* do *app* para realização dos testes pela ferramenta, disponível no Firebase¹².

A ferramenta *Mobile Accessibility Checker* da IBM¹³ possibilita a realização de testes automatizados em aplicações móveis nativas e em conteúdos *web mobile*, gerando alertas sobre problemas de acessibilidade com recomendações de correções baseadas em diretrizes padrões da indústria e regulamentações governamentais (PATIL; Bhole; SHETE, 2016; YAN; RAMACHANDRAN, 2019).

1.6 Desenvolvimento de aplicações móveis multiplataforma

Segundo estimativas de 2019, mais de 5 bilhões de pessoas no mundo possuem dispositivos móveis, sendo mais da metade destes, *smartphones* (TAYLOR; SILVER, 2019). Embora, segundo Morris, Sweatman e Jones (2017), cerca de 84% da população estadunidense com DV possua ou utilize telefone celular, a taxa média de indivíduos que possuem nos países menos desenvolvidos é de apenas 61% (ITU, 2021).

No Brasil, a taxa de adultos que relataram possuir dispositivos móveis foi de 83% no total e 60% para *smartphones*, sendo que, na faixa etária entre 18 e 34 anos, houve um aumento no número de proprietários de *smartphones* de 61% em 2015 para 85% em 2018 (TAYLOR; SILVER, 2019).

De acordo com o Cetic.br (2021), pesquisa realizada pelo Centro de Estudos sobre as Tecnologias da Informação e da Comunicação (CETIC), 98% dos usuários de *internet* brasileiros, com 16 anos ou mais, utilizavam telefone celular para acessar a *internet* em 2020, essa taxa foi de 97% em 2018 e 99% em 2019. A pesquisa ainda mostrou que 40% desses usuários buscaram por informações ou realizaram serviços públicos *online* relacionados a direitos do trabalhador ou previdência social em 2019, e esse número aumentou para 72% em 2020, durante a pandemia de COVID-19¹⁴ (CETIC.BR, 2021).

Quanto a realização de atividades remotas, 87% dos usuários que declararam frequentar escola ou universidade, no momento da coleta dos dados dessa pesquisa, afirmaram que a instituição em que estudaram ofereceu atividades educacionais remotas, onde o telefone celular foi o dispositivo mais utilizado para o acompanhamento dessas atividades pelas classes D e E (CETIC.BR, 2021). Os resultado dessa pesquisa ainda mostraram que, para atividades

¹¹ <<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.google.android.apps.accessibility.auditor>>

¹² <<https://firebase.google.com/>>

¹³ <<https://www.ibm.com/>>

¹⁴ <<https://www.paho.org/pt/covid19>>

profissionais, 84% desses usuários, das classes D e E, que realizaram trabalho remoto durante a pandemia, utilizaram principalmente o celular.

Embora aplicativos móveis possam ser desenvolvidas até por desenvolvedores amadores, plataformas móveis são muito complexas, tanto o SO Android quanto iOS, os principais para *smartphones* da atualidade, contém mais de 12 milhões de linhas de código (LOC, do inglês “*lines of code*”) (PRESSMAN; MAXIM, 2014).

O alto número de *apps* disponíveis faz com que o processo de desenvolvimento de *software* para esses dispositivos pareça ter sido bem compreendido, porém ainda existe um grande número de questões que precisam ser resolvidas (PRESSMAN; MAXIM, 2014; WASSERMAN, 2010).

Os requisitos não funcionais de aplicações móveis como a usabilidade, por exemplo, são diferentes de aplicações *web* ou *desktop* (PRESSMAN; MAXIM, 2014). Existe um “ângulo” *mobile* para praticamente todo aspecto de engenharia de *software*, onde as características das aplicações e seus SOs apresentam um novo ou diferente conjunto de questões que precisam ser consideradas (WASSERMAN, 2010).

Como mencionado por Pressman e Maxim (2014), diferentes dispositivos móveis utilizam diferentes SOs e, conseqüentemente, diferentes ambientes e ferramentas de desenvolvimento para cada plataforma, destacando a importância de se considerar portabilidade ao desenvolver para esses dispositivos.

Devido à tais questões, o tempo e esforço necessários no desenvolvimento para oferecer suporte à múltiplas plataformas, acaba sendo significativamente maior, elevando os custos do projeto (HEITKÖTTER; HANSCHKE; MAJCHRZAK, 2013; WASSERMAN, 2010). Foi nesse sentido que diversos kits de ferramentas de desenvolvimento (mais conhecidos pelo termo em inglês: *framework*), foram propostos, visando simplificar esse processo, diminuindo os custos de desenvolvimento e manutenção (MARTINEZ; LECOMTE, 2017; FRANCESE et al., 2015).

1.6.1 Flutter

Com a primeira versão estável sendo lançada em dezembro de 2018, o Flutter¹⁵ é um kit de ferramentas de Interface de Usuário (UI, do inglês *User Interface*) de código aberto criado pelo Google para construção de aplicações compiladas nativamente para múltiplas plataformas, tais como *mobile* (Android e iOS), *web* e *desktop* (Linux, MacOS e Windows) (KUZMIN; IGNATIEV; GRAFOV, 2020).

O *framework* foi construído com base na linguagem de programação Dart, também criado pelo Google e de código aberto. O Dart foi lançada em 2011 com o objetivo inicial de “substituir” o JavaScript no desenvolvimento *web*, com mecanismos de abstrações e semântica mais clara

¹⁵ <<https://flutter.dev/>>

como diferenças, visando a coesão e elegância de código e rodando tanto no lado do cliente (navegadores) quanto no lado servidor¹⁶ (*backend*) (WALRATH; LADD, 2012).

Um dos diferenciais do Flutter com relação a maioria dos *frameworks* para desenvolvimento multiplataforma é que ele renderiza os próprios componentes de *interface*, sem utilizar os componentes nativos de cada plataforma como os demais, ou seja, quando você constrói um botão com Flutter, ele mesmo renderiza, sem a necessidade de uma “ponte” com os SOs para solicitar a renderização do componente nativo (ZAMMETTI, 2019; BOUKHARY; COLMENARES, 2019).

O motor (do inglês, *engine*) do Flutter é baseado, em sua maior parte, em C++, linguagem nativa utilizada pelos SOs (Android, iOS, Windows etc), assim, possibilitando alcançar desempenho próximo ao de aplicações nativas (ZAMMETTI, 2019; KUZMIN; IGNATIEV; GRAFOV, 2020). Já o motor gráfico utilizado por essa base de código é o Skia¹⁷, uma compacta biblioteca gráfica de código aberto que apresenta excelente desempenho em todas as plataformas suportadas (ZAMMETTI, 2019; BOUKHARY; COLMENARES, 2019).

O Flutter também fornece uma *interface* sobre os kits de desenvolvimento de *software* (SDKs, do inglês “*Software Development Kit*”) nativos de ambas as plataformas (Android e iOS), esta que tem como objetivo eliminar as diferenças entre as APIs nativas de cada plataforma (ZAMMETTI, 2019).

Assim, não é necessário que os desenvolvedores se preocupem com como funciona, nativamente, as APIs como a de câmera de cada plataforma, podendo utilizar a do Flutter diretamente que ela abstrairá toda essa parte, ficando responsável por fazer a chamada à API adequada (ZAMMETTI, 2019).

Na teste de mestrado de Gonsalves (2019), um protótipo de aplicação móvel foi desenvolvido para Android e iOS nativamente, e com os *framework* de desenvolvimento multiplataforma Flutter e Cordova¹⁸, visando realizar um comparativo de aspectos do processo de desenvolvimento e dos resultados das aplicações.

Os resultados do estudo mostraram que, no geral, o Flutter oferece uma melhor experiência de desenvolvimento que o Cordova e que as plataformas nativas (considerando desenvolver para iOS e Android). Ambos os *frameworks* multiplataforma apresentaram menos LOC que os *apps* nativos separados, sendo pouco mais de 1/3 do total de LOC dos *apps* nativos (GONSALVES, 2019).

Um ponto negativo do Flutter foi o tamanho significativamente maior do *app* em *megabytes* (MB) e maior consumo de RAM¹⁹ que os *apps* em Cordova e nativos, porém o Flutter também mostrou maior velocidade na inicialização do *app* e na navegação entre as telas que os demais (GONSALVES, 2019). O maior tamanho e consumo de RAM no *app* desenvolvido com

¹⁶ <[https://en.wikipedia.org/wiki/Server_\(computing\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Server_(computing))>

¹⁷ <<https://skia.org>>

¹⁸ <<https://cordova.apache.org/>>

¹⁹ <https://pt.wikipedia.org/wiki/Mem%C3%B3ria_de_acesso_aleat%C3%B3rio>

Flutter se dá por conta da inclusão de seu motor, bibliotecas utilizadas e outros recursos no *app* (GONSALVES, 2019; ZAMMETTI, 2019).

2

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*.

2.1 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/>>

2.1.1 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.

2.1.2 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.

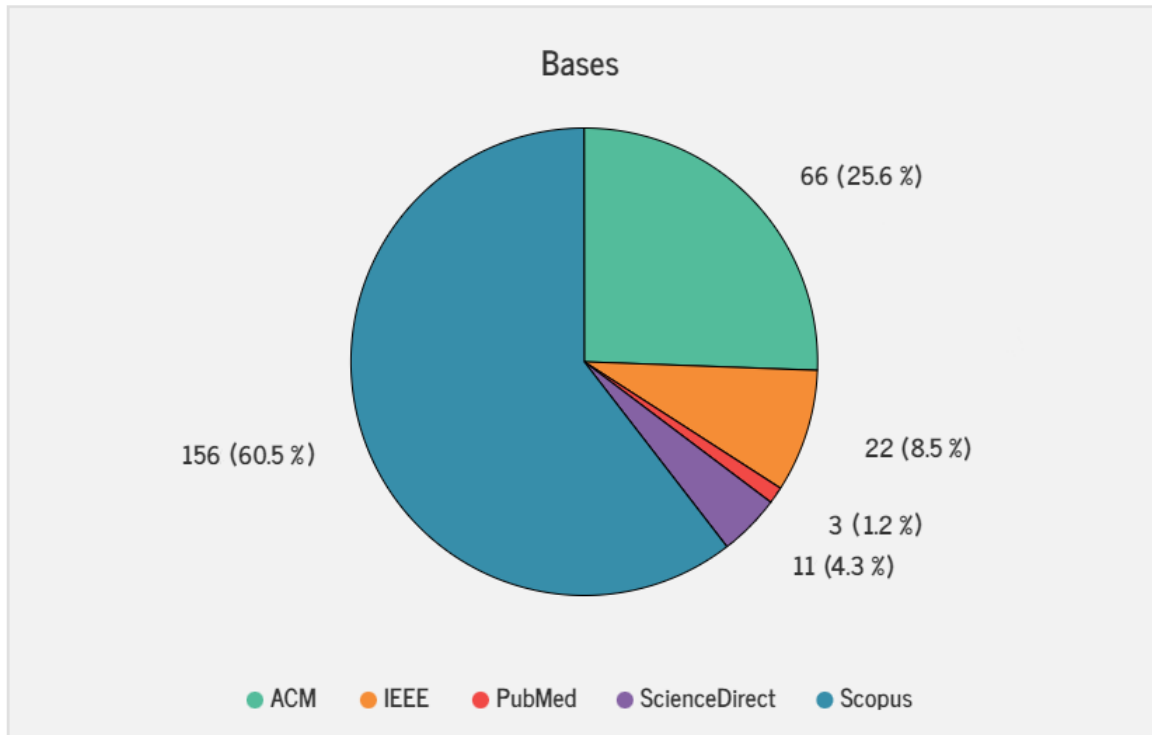
Base	String de busca
ACM Digital Library	(Abstract:(accessibility) OR Title:(accessibility)) AND (Abstract:("visual impairment"OR "visually impaired") OR Title:("visual impairment"OR "visually impaired")) AND (Abstract:(smartphone OR mobile) OR Title:(smartphone OR mobile)) AND (Abstract:(app OR application) 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

2.1.3 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.

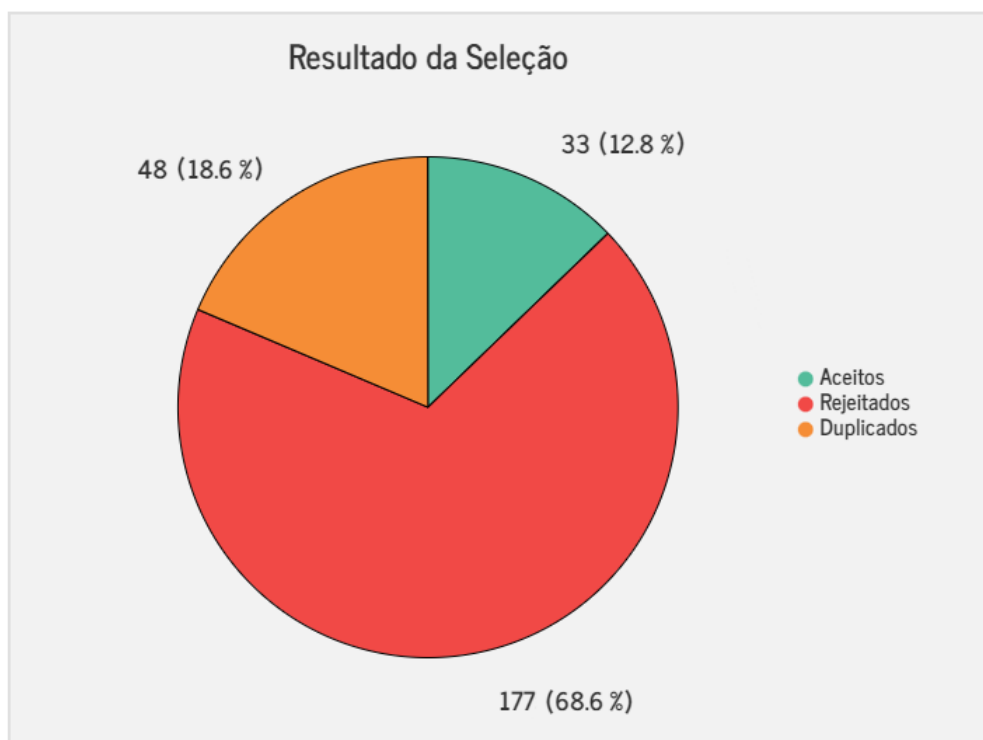
Critérios de Exclusão

- 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.

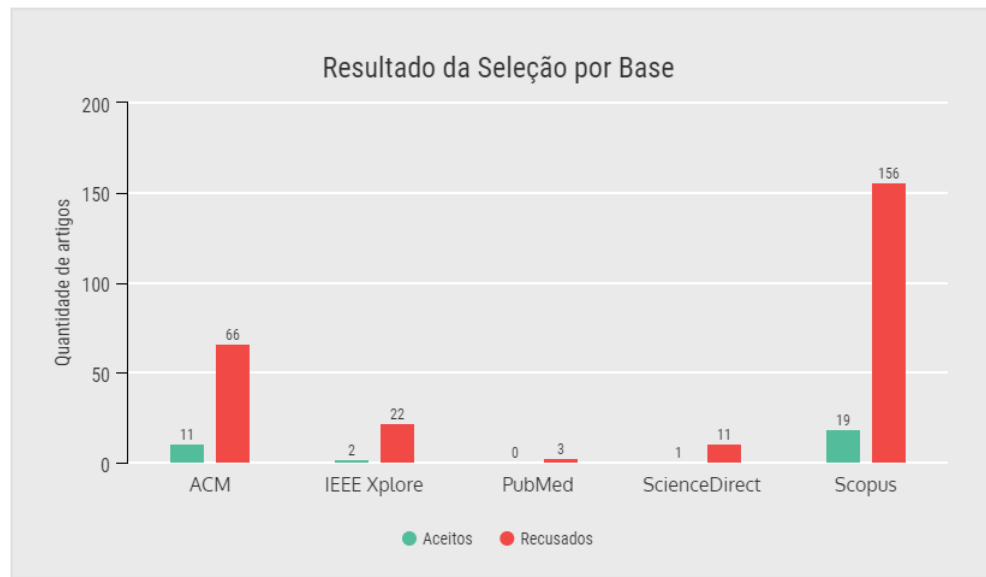
Figura 2 – Quantidade de artigos aceitos, rejeitados e duplicados na seleção.



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.

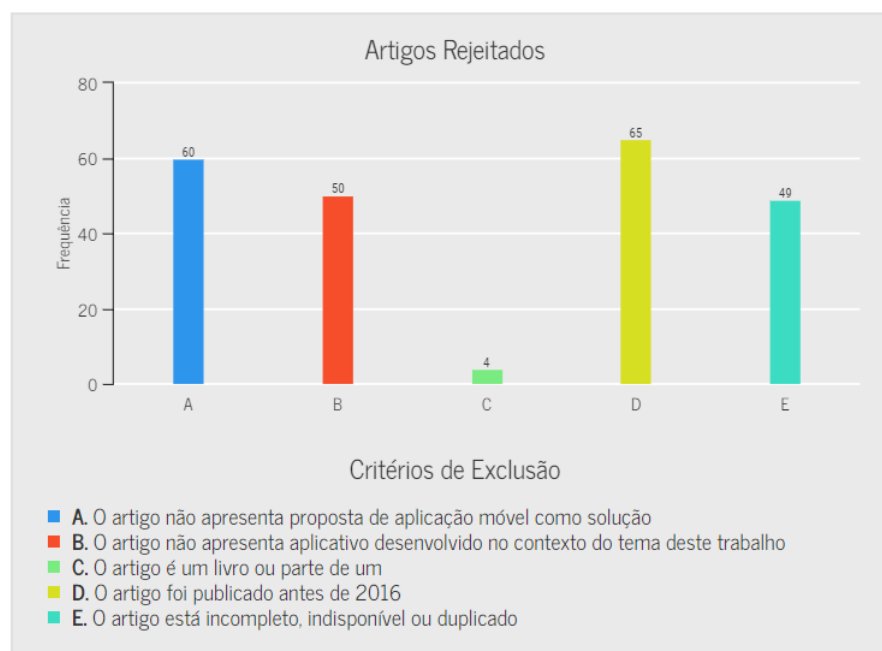
Figura 3 – Quantidade de artigos aceitos e rejeitados por base.



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.

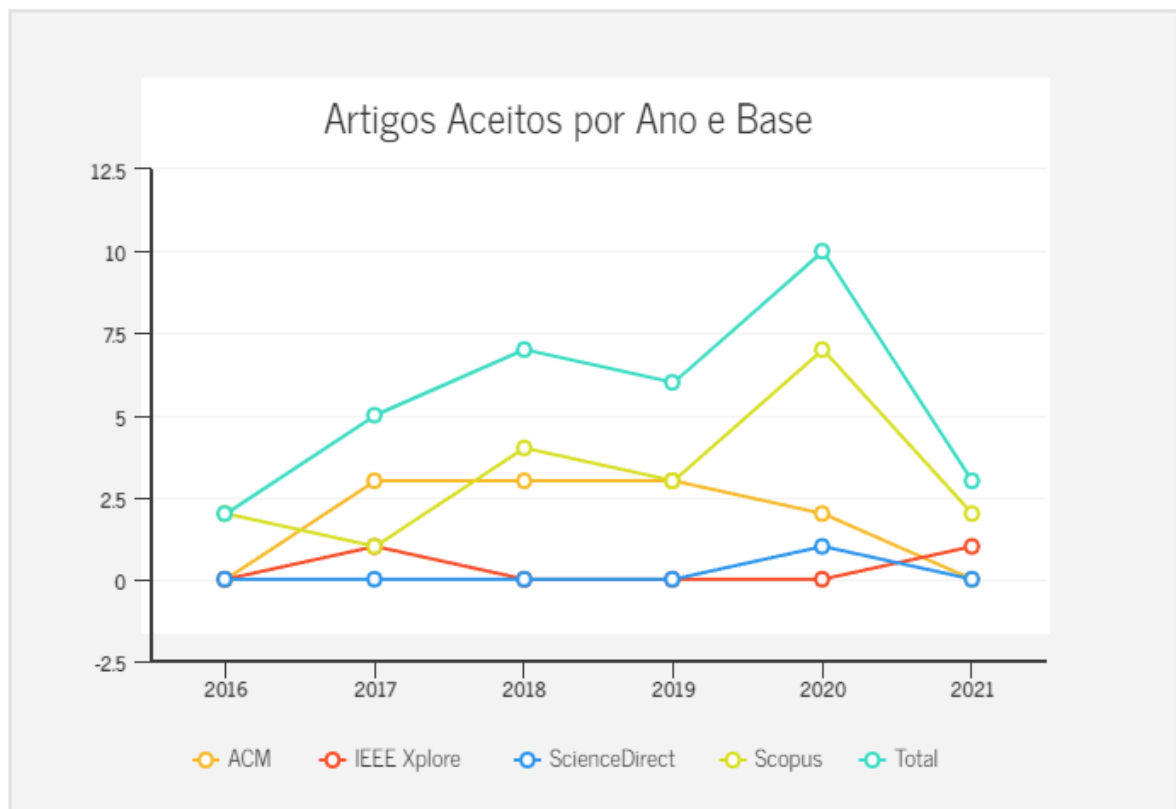


Fonte: Autor

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.

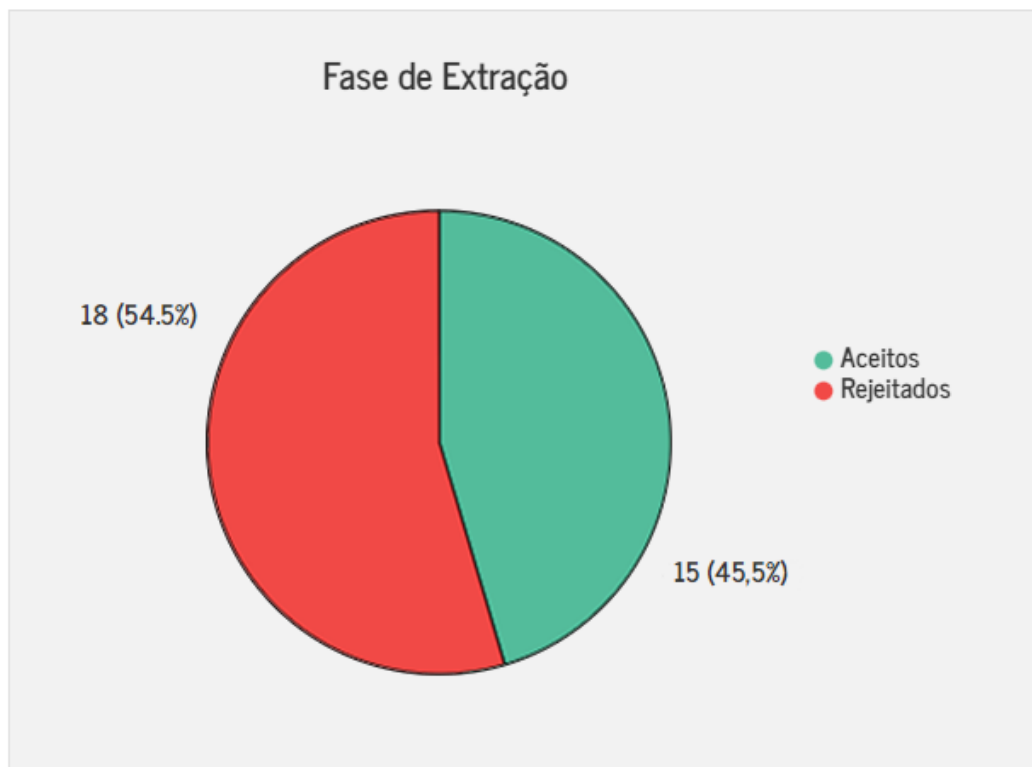


Fonte: Autor

2.1.4 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.

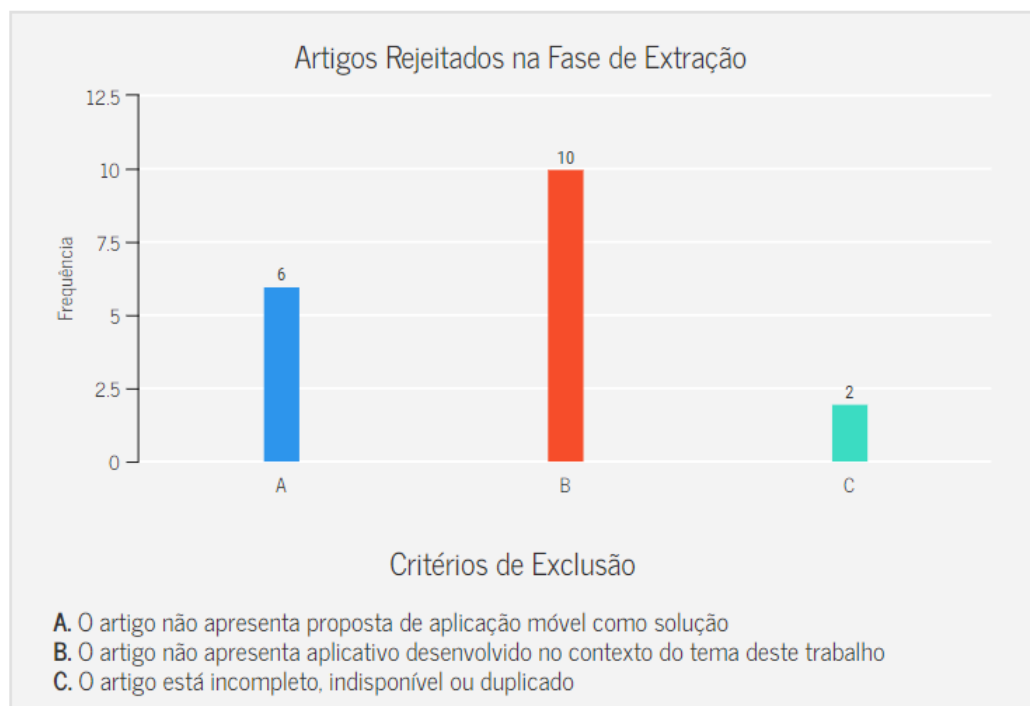


Fonte: Autor

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.

Código	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

2.2 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.

2.2.1 *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.

2.2.2 *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 aplicativos 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.

2.2.3 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.

2.2.4 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.

2.2.5 *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: Shera et al. (2021)

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
AM1P1	Falta de consistência no <i>layout</i> e terminologias	CRR1
AM1P2	Leitor de tela fornecendo <i>feedbacks</i> confusos	CRR1
AM1P3	Leitor de tela quebrando	CRR2
AM1P4	Ouvir cabeçalhos e títulos das páginas de forma redundante antes de detectar o conteúdo das telas	CRR2
AM1P5	Conteúdos na tela da aplicação móvel	CRR3
AM1P6	Fluxo de tarefas	CRR3
AM1P7	Não entendimento da sequência natural de leitura	CRR3
AM1P8	Não entendimento do fluxo natural de tarefas	CRR3
AM1P9	Problemas de navegação	CRR3
AM1P10	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.

2.2.6 *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).

2.2.7 *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.

2.2.8 *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*.

2.2.9 *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.

2.2.10 *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.

2.2.11 *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.

2.2.12 *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.

2.2.13 “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.

2.2.14 *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.

2.2.15 *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.

2.3 Estudos Relacionados

Durante o processo de seleção de artigos do MSL, foram encontrados alguns estudos secundários, estes que realizam revisões 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.

Código	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

2.3.1 *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 o 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.

2.3.2 *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.

2.3.3 *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 mesmo 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%.

2.3.4 *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 (CPM3) 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 (CPM3).

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 (CPM4) com o número de citações para cada problema encontrado.

Tabela 10 – Problemas relacionados à interação por gestos (CPM4).

Código	Problema	Citações
AR4P27	Baixa flexibilidade de ângulo e velocidade dos gestos dificultam o reconhecimento	1
AR4P28	Gestos com forma da letra “L” são difíceis de fazer	2
AR4P29	Gestos com formas geométricas fechadas (círculo e triângulo) são difíceis de fazer	1
AR4P30	Gestos com formas geométricas são lentos de se fazer	1
AR4P31	Conflito na desambiguação entre dois toques com um dedo e três toques com um dedo	1
AR4P32	Dificuldade para fazer gestos estando em movimento	1
AR4P33	Dificuldade para fazer gestos próximos à barra superior de sistemas	1
AR4P34	Dificuldade para fazer gestos representados por símbolos	2
AR4P35	Dificuldade para fazer o gesto de dois toques com um dedo	1
AR4P36	Dificuldade para se localizar na tela para realizar gestos	1
AR4P37	Erros na detecção de gestos multitoque	1
AR4P38	Falha de interpretação de gestos em geral, pelo sistema	4
AR4P39	Mudança indevida de foco ao tentar fazer o gesto dois toques com um dedo	1
AR4P40	Não é possível alterar mapeamento dos gestos às funções do sistema	1
AR4P41	Não há consistência de gestos entre diferentes sistemas	1
AR4P42	Não há gestos que acionam as principais funções do sistema	1
AR4P43	O toque acidental na tela, com outro dedo, prejudica o reconhecimento de gestos	1
AR4P44	Os manuais de explicação de como fazer gestos de toque não são eficientes	3
AR4P45	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 (CPM5) com o número de citações.

Tabela 11 – Problemas relacionados a leitores de tela (CPM5).

Código	Problema	Citações
AR4P46	A leitura é linear, demorando para se ter noção global da interface	2
AR4P47	A pronúncia de algumas palavras é problemática	1
AR4P48	A voz do leitor de tela é artificial	1
AR4P49	Alguns elementos de interface não são lidos	3
AR4P50	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 \(2016\)](#)

2.3.5 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	Requisito	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)

2.3.6 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
AR6CE	Estrutura
AR6CC	Comportamento
AR6CCI	Conteúdo/Informação
AR6CAD	Apresentação/ <i>Design</i>
AR6CM	Multimídia
AR6CF	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	Categoria
AR6D1	Elementos de tela devem ser organizados de maneira lógica e semântica.	AR6CE
AR6D2	As telas devem apresentar sequência lógica de leitura para navegação entre <i>links</i> , controles de formulário e outros elementos.	AR6CE
AR6D3	<i>Links</i> na tela devem ser organizados para evitar confusão.	AR6CE
AR6D4	Informações devem ser divididas em grupos específicos para facilitar a procura e leitura dos conteúdos.	AR6CE
AR6D5	Usuários devem ser informados se <i>links</i> abrem novas telas para poderem decidir se querem ou não sair da tela atual.	AR6CE
AR6D6	Todas as funcionalidades na tela devem estar disponíveis a partir do teclado.	AR6CC
AR6D7	Todos os elementos de <i>interface</i> na tela devem ser acessíveis.	AR6CC
AR6D8	Redirecionamento automático de telas não deve acontecer.	AR6CC
AR6D9	Em telas com limite de tempo, deve haver opções para desligar ou ajustar o tempo.	AR6CC
AR6D10	Não deve haver efeitos visuais piscantes, intermitentes ou cintilantes na tela.	AR6CC
AR6D11	Conteúdos animados não devem iniciar automaticamente.	AR6CC
AR6D12	A linguagem utilizada na tela deve ser especificada.	AR6CCI
AR6D13	Mudanças na linguagem dos conteúdos sempre devem ser especificadas.	AR6CCI
AR6D14	Títulos de telas devem ser descritivos, informativos e representativos com relação ao conteúdo principal.	AR6CCI
AR6D15	Deve haver algum mecanismo para indicar ao usuário onde ele está no momento, no conjunto de telas.	AR6CCI
AR6D16	Alvos de <i>links</i> devem ser identificados claramente, incluindo informações sobre se estão funcionando ou se direcionam para outra tela.	AR6CCI
AR6D17	Todas as imagens devem possuir descrição textual.	AR6CCI
AR6D18	Documentos em formatos acessíveis devem estar disponíveis.	AR6CCI
AR6D19	Quando uma tabela é utilizada na tela, título e sumário apropriados devem ser fornecidos.	AR6CCI
AR6D20	Os textos nas telas devem ser fáceis de ler e entender.	AR6CCI
AR6D21	Todos as siglas, abreviações e palavras incomuns na tela devem possuir explicação.	AR6CCI
AR6D22	Deve haver uma taxa mínima de contraste entre as cores de fundo e as de frente.	AR6CAD
AR6D23	Características sensoriais (ex. cores, formas e sons) não podem ser o único significado para distinguir elementos de tela.	AR6CAD
AR6D24	O elemento ou área em foco deve ser evidente visualmente.	AR6CAD
AR6D25	Vídeos que não incluem áudio devem fornecer alternativas como legendas.	AR6CM
AR6D26	Deve haver alternativas a conteúdo de áudio (ex. transcrição ou linguagem de sinais).	AR6CM
AR6D27	Conteúdos visuais que não estão disponíveis como áudio devem ser descritos.	AR6CM
AR6D28	Devem haver mecanismos para controlar áudios da aplicação.	AR6CM
AR6D29	Devem haver mecanismos para controlar animações que iniciam automaticamente.	AR6CM
AR6D30	Botões de imagem ou conteúdos de áudio em formulários devem possuir alternativas textuais.	AR6CF
AR6D31	Todos os campos do formulário devem ser identificados.	AR6CF
AR6D32	Uma ordem lógica na navegação pelo formulário deve ser garantida.	AR6CF
AR6D33	Não devem haver mudanças automáticas quando um elemento do formulário é focado, para não confundir ou desorientar o usuário.	AR6CF
AR6D34	Formulários devem possuir instruções de preenchimento.	AR6CF
AR6D35	Erros de entrada devem sempre ser descritos e as submissões de dados confirmadas.	AR6CF

Fonte: Quispe, Scatalon e Eler (2020)

2.4 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.

Os problemas mapeados pelos estudos relacionados, apresentados na [Tabela 18](#), foram generalizados e divididos de acordo com as categorias da [Tabela 14](#), definidas por [Quispe, Scatalon e Eler \(2020\)](#). O autor utilizou o eMAG como base, alterando apenas a primeira categoria chamada “Marcação”, que se refere à linguagens de marcação da *Web*, para “Estrutura”, ainda mantendo o mesmo sentido de organização e estrutura dos elementos de *interface*.

Tabela 18 – Principais problemas identificados pelos estudos relacionados.

Código	Problema	Categoria	Códigos de referência dos problemas
CPER1	<i>Feedback</i> auditivo não é suficiente para a interação	Conteúdo / Informação	AR4P14, AR4P15, AR4P47, AR4P50, AR4P52, AM1P3
CPER2	Apresentação dos conteúdos	Apresentação / Design	AM1P1, AM1P5, AM1P7, AM1P10, AR1P5, AR1P6, AR1P7, AR1P8, AR1P9, AR1P11, AR1P14
CPER3	Descrição textual inadequada/inexistente dos elementos de tela	Conteúdo / Informação	AR1P8, AM1P4, AR1P1, AR1P2, AR1P4, AR1P7, AR1P10, AR4P11, AR1P14, AR4P49, AR4P59, AM1P4
CPER4	Dificuldades ao navegar pela aplicação	Estrutura	AM1P1, AM1P5, AM1P6, AM1P8, AM1P9, AR1P5, AR1P8, AR4P46
CPER5	Dificuldades com a utilização do teclado virtual padrão	Formulários	AR4P16, AR4P17, AR4P19, AR4P20, AR4P21, AR4P22, AR4P23, AR4P24, AR4P25, AR4P26
CPER6	Dificuldades relacionadas a botões virtuais	Apresentação / Design	AR4P1, AR1P2, AR4P2, AR1P10
CPER7	Dificuldades na utilização de gestos	Comportamento	AR4P27, AR4P28, AR4P29, AR4P30, AR4P31, AR4P32, AR4P33, AR4P34, AR4P35, AR4P36, AR4P37, AR4P38, AR4P39, AR4P40, AR4P41, AR4P42, AR4P43, AR4P44, AR4P45
CPER8	Dificuldades com leitor de tela	Comportamento	AM1P7, AM1P2, AR4P46, AR4P47, AR4P48, AR4P50, AR4P51, AR4P53, AR4P54, AR4P55, AR4P56, AR4P57, AR4P58, AM1P3
CPER9	Funcionalidades confusas ou não claras	Estrutura	AR1P3, AR1P4, AR1P6, AR1P9, AR1P10, AR1P11, AM1P6, AM1P8
CPER10	Obstáculos relacionados ao reconhecimento de voz	Comportamento	AR4P3, AR4P4, AR4P5, AR4P6, AR4P7, AR4P8, AR4P9, AR4P10

Fonte: Autor

A [Tabela 19](#) relaciona os códigos de referência dos problemas listados na [Tabela 18](#) com os códigos das diretrizes definidas pelos estudos relacionados e das principais técnicas identificadas nos artigos do MSL, reunidas na [Tabela 17](#).

Tabela 19 – Diretrizes e técnicas relacionadas à cada tipo de problema.

Código do problema	Diretrizes/Técnicas
CPER1	AR3D8, AR3D9, AR3D11, AR5R10, AR6D22, AR6D24, TAM5, TAM11, TAM13, TAM14
CPER2	AR3D1, AR3D2, AR3D5, AR3D8, AR3D9, AR3D11, AR5R6, AR5R8, AR5R10, AR6D3, AR6D4, AR6D10, AR6D14, AR6D24, TAM1, TAM8, TAM11
CPER3	AR5R2, AR5R9, AR6D5, AR6D7, AR6D12, AR6D13, AR6D14, AR6D16, AR6D17, AR6D19, AR6D20, AR6D21, AR6D23, AR6D27, TAM2, TAM14
CPER4	AR3D3, AR3D4, AR3D5, AR3D7, AR3D9, AR5R4, AR5R5, AR6D1, AR6D2, AR6D3, AR6D5, AR6D8, AR6D15, AR6D32, TAM4
CPER5	AR3D6, AR5R1, TAM9, TAM10
CPER6	AR3D11, AR6D30, TAM12, TAM13
CPER7	AR3D6, AR3D10, TAM6, TAM7, TAM9
CPER8	AR5R1, AR5R2, AR5R3, AR5R4, AR5R6, AR5R8, AR5R9, AR6D1, AR6D2, AR6D3, AR6D12, AR6D13, AR6D14, AR6D17, TAM2, TAM4, TAM6, TAM14
CPER9	AR3D4, AR3D5, AR3D7, AR5R9, AR6D1, AR6D2, AR6D3, AR6D4, AR6D16, TAM4
CPER10	AR5R1, TAM10

Fonte: Autor

Como pode ser observado na [Tabela 19](#), todos os tipos de problemas listados possuem alguma técnica da [Tabela 17](#), das técnicas identificadas no MSL, relacionada.

2.4.1 CPER1: *Feedback* auditivo não é suficiente para a interação

Embora o retorno auditivo tenha sido o principal recurso utilizado para acessibilidade de PDV, como pode ser visto na [Tabela 17](#), existem várias limitações quanto à essa solução, mesmo considerando que todos os elementos de tela tenham as descrições adequadas para que possam ser narradas pelos leitores de telas.

Tais limitações se referem a: entendimento da orientação e organização da *interface*, utilização em ambientes ruidosos, falta privacidade e pronúncia das palavras ([DAMACENO; BRAGA; CHALCO, 2016](#)). Assim, o suporte à outras formas de retorno acessível para o usuário, através da solução de outros problemas listados, em destaque o CPER2 relacionado à *interface*, se faz necessário.

2.4.2 CPER2: Apresentação dos conteúdos

Problemas como a falta de consistência no *layout*, a má organização dos conteúdos das telas e funcionalidades e sequências de interação confusas podem levar a um não entendimento

da sequência de leitura e gerar sobrecarga de informações para o usuário (SHERA et al., 2021; RIEGER et al., 2020).

Assim, para sanar esses problemas, técnicas como posicionar os elementos chave de interação sempre na mesma posição, adaptar o tamanho dos componentes de acordo com o tamanho da tela e evitar colocar muito conteúdo na tela para evitar a rolagem podem ser bastante úteis (MASCETTI et al., 2019; CANTù et al., 2018). Suporte ao alto contraste, esquemas alternativos de cores, ampliação da tela e fontes maiores e mais legíveis também podem ajudar nesse sentido (KIM et al., 2019; OLIVEIRA et al., 2019).

2.4.3 CPER3 e CPER8: Problemas relacionados às descrições dos elementos e leitores de tela

Problemas relacionados a leitores de tela e descrições textuais dos elementos apareceram com alta frequência na Tabela 18, justificando a técnica TAM2, da Tabela 17, ter sido a mais utilizada nos estudos e a mais discutida por desenvolvedores no *Stack Overflow* (VENDOME et al., 2019).

A técnica TAM2 se refere à descrição textual dos elementos de tela e sua utilização foi mencionada explicitamente em 13 dos 15 artigos selecionados no MSL. Além dela, a técnica TAM6 que fornece o *feedback* auditivo nativamente nas aplicações, através de TTS também foi uma das técnicas mais utilizadas, como pôde ser visto na Tabela 17. Assim, se mostrando uma possível alternativa para o problema com *crash* do leitor de telas citado por Shera et al. (2021).

2.4.4 CPER4: Dificuldades ao navegar pela aplicação

Diversos problemas de navegação relacionados também ao CPER2, de apresentação dos conteúdos, foram encontrados, particularmente: o não entendimento do fluxo de tarefas e a falta de consistência na organização dos conteúdos/layout (SHERA et al., 2021; RIEGER et al., 2020; QUISPE; SCATALON; ELER, 2020). Outro problema se dá pela forma de navegação entre os elementos dos leitores de tela, que é linear, demorando para se ter uma noção geral da *interface* (DAMACENO; BRAGA; CHALCO, 2016).

Portanto, a preocupação com uma navegação intuitiva, posicionando elementos chave como caixas de pesquisa sempre no mesmo local se mostra fundamental para resolver alguns desses problemas (KIM et al., 2019; MASCETTI et al., 2019; CANTù et al., 2018). A utilização de estratégias para o uso de leitores de tela, como atalhos para facilitar a navegação do usuário com DV pela aplicação, principalmente um que possibilite que o usuário retorne a um lugar conhecido, como a tela inicial do *app*, foi definida como essencial por Siebra et al. (2018), a partir de uma análise realizada com envolvimento de 5 PDV.

2.4.5 CPER5: Dificuldades com a utilização do teclado virtual padrão

Vários problemas relacionados à utilização do teclado virtual padrão foram identificados, como pode ser visto na [Tabela 18](#). Tornando ainda mais evidente a necessidade de possibilitar várias alternativas de interação com as aplicações para usuários com DV, tanto de entrada de dados quanto de saída.

Algumas soluções como a possibilidade de *feedback* auditivo dos caracteres que estão sendo digitados e a de revisar o conteúdo escrito ao finalizar a digitação foram identificadas e validadas ([SIEBRA et al., 2016](#); [DUARTE et al., 2017](#)). Além disso, o reconhecimento de voz, definido como diretriz por [Kim et al. \(2019\)](#), também foi utilizado como alternativa ao uso de teclados virtuais por um terço dos estudos do MSL, como pode ser visto na [Tabela 17](#).

2.4.6 CPER6: Dificuldades relacionadas a botões virtuais

No conjunto de problemas relacionados a botões levantado por [Rieger et al. \(2020\)](#), são mencionados a falta de informações e as funcionalidades confusas dos mesmos, porém, esses problemas estão relacionados ao CPER3, de descrições textuais inadequadas/inexistentes, onde são mencionadas outras soluções. Outros problemas com relação a esses botões são: a grande proximidade entre eles e a menor sensibilidade tátil, em comparação com os botões físicos ([DAMACENO; BRAGA; CHALCO, 2016](#)).

O uso de fontes legíveis com tamanho ampliado ou personalizável e o tamanho e espaçamento adequado para os botões virtuais são essenciais, visto que, podem dificultar a visualização para PDV parcial quando não estão utilizando leitores de tela ([SHIN et al., 2017](#); [KIM et al., 2019](#)).

2.4.7 CPER7: Dificuldades na utilização de gestos

Como pôde-se visualizar na [Tabela 18](#), problemas relacionados a gestos foram os mais frequentes, onde a maioria dos usuários que participaram do estudo de [Oliveira et al. \(2019\)](#) relataram ter enfrentado dificuldades, deixando algum comentário negativo a respeito. Outro motivo para a dificuldade está na diferença entre os gestos das aplicações desenvolvidas e os habituais de cada plataforma ([LEPORINI; PALMUCCI, 2017](#)).

Contudo, resultados de outros estudos indicam que a utilização de gestos simples gerou *feedbacks* positivos ([DUARTE et al., 2017](#); [CANTÙ et al., 2018](#)).

2.4.8 CPER9: Funcionalidades confusas ou não claras

Funcionalidades com apresentações não claras ou confusas, tanto pela descrição textual audível quanto pela visual, acabam causando confusão nos usuários, os fazendo pensar que uma funcionalidade faz uma coisa quando na verdade faz outra ([RIEGER et al., 2020](#)).

Esses problemas ressaltam ainda mais a importância de fornecer descrições textuais audíveis claras dos elementos de tela e funcionalidades da aplicação, como é apontado no tópico específico do CPER3. Ao mesmo tempo, reforça também a importância da apresentação visual dos conteúdos mencionada no tópico do CPER2.

2.4.9 CPER10: Obstáculos relacionados ao reconhecimento de voz

Diversas limitações com relação ao reconhecimento de voz foram levantadas por [Damasceno, Braga e Chalco \(2016\)](#), algumas delas são as mesmas citadas no tópico CPER1, sobre o *feedback* auditivo não ser suficiente, por questões de privacidade, ruídos de ambientes e pronúncia das palavras. Assim como no caso do CPER1, faz-se necessário oferecer outros métodos de entrada alternativos para os usuários, como resolver os problemas do tópico CPER5, relacionados a teclados virtuais.

Os outros problemas citados pelo autor, no mesmo estudo, foram o de apenas um comando ser reconhecido por vez, a necessidade de mentalizar as instruções por voz, aumentando a carga de memória dos usuários, e o uso desses comandos ser computacionalmente custoso. Para esses problemas não foram identificadas soluções nos estudos do MSL ou nos estudos relacionados.

2.5 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

- ADA. 8. obesity management for the treatment of type 2 diabetes: Standards of medical care in diabetes—2019. *Diabetes Care*, American Diabetes Association, v. 42, n. Supplement 1, p. S81–S89, 2019. ISSN 0149-5992. Disponível em: https://care.diabetesjournals.org/content/42/Supplement_1/S81>. Acesso em: 14 nov. 2021. Citado 2 vezes nas páginas 8 e 9.
- AMINUDDIN, H. B. et al. Effectiveness of smartphone-based self-management interventions on self-efficacy, self-care activities, health-related quality of life and clinical outcomes in patients with type 2 diabetes: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Nursing Studies*, v. 116, p. 103286, 2021. ISSN 0020-7489. Self-care in long term conditions. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0020748919300306>>. Acesso em: 14 nov. 2021. Citado na página 9.
- APPLE. Ative e treine o voiceover no iphone. 2021. Disponível em: <https://support.apple.com/pt-br/guide/iphone/iph3e2e415f/ios>>. Acesso em: 14 nov. 2021. Citado na página 12.
- BACH, C. F. et al. DIRETRIZES DE ACESSIBILIDADE: UMA ABORDAGEM COMPARATIVA ENTRE WCAG E E-MAG. IBEPES (Instituto Brasileiro de Estudos e Pesquisas Sociais), 2009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5329/RESI.2009.0801001>>. Acesso em: 14 nov. 2021. Citado na página 11.
- BALLANTYNE, M. et al. Study of accessibility guidelines of mobile applications. In: . Association for Computing Machinery, 2018. p. 305–315. ISBN 9781450365949. Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/3282894.3282921>>. Acesso em: 14 nov. 2021. Citado na página 12.
- BI, T. et al. Accessibility in software practice: A practitioner’s perspective. *CoRR*, abs/2103.08778, 2021. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2103.08778>>. Acesso em: 14 nov. 2021. Citado na página 12.
- 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>>. Acesso em: 14 nov. 2021. Citado 3 vezes nas páginas 13, 27 e 30.
- BOUKHARY, S.; COLMENARES, E. A clean approach to flutter development through the flutter clean architecture package. In: IEEE. *2019 International Conference on Computational Science and Computational Intelligence (CSCI)*. 2019. p. 1115–1120. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9071367>>. Acesso em: 14 nov. 2021. Citado na página 16.
- BRASIL. Lei brasileira de inclusão da pessoa com deficiência. 2015. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13146.htm>. Acesso em: 14 nov. 2021. Citado na página 10.

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>>. Acesso em: 14 nov. 2021. Citado 3 vezes nas páginas 13, 27 e 37.

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>>. Acesso em: 14 nov. 2021. Citado 4 vezes nas páginas 27, 36, 56 e 57.

CETIC.BR. Pesquisa web sobre o uso da internet no brasil durante a pandemia do novo coronavírus – painel tic covid-19. *Centro de Estudos sobre as Tecnologias da Informação e da Comunicação*, abr. 2021. Disponível em: <<https://cetic.br/pt/publicacao/painel-tic-covid-19/>>. Acesso em: 14 nov. 2021. Citado na página 14.

COOK, A. M.; POLGAR, J. M. *Assistive technologies: Principles and practice: Fourth edition*. [s.n.], 2014. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=ODWaBQAAQBAJ>>. Acesso em: 14 nov. 2021. Citado na página 10.

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>>. Acesso em: 14 nov. 2021. Citado 8 vezes nas páginas 43, 46, 47, 48, 55, 56, 57 e 58.

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%2Ffict.2017.00026&partnerID=40&md5=c6d6a2fcab00d15edc7f162bf576c772>>. Acesso em: 14 nov. 2021. Citado 3 vezes nas páginas 27, 33 e 57.

ELER, M. M. et al. Automated accessibility testing of mobile apps. *2018 IEEE 11th International Conference on Software Testing, Verification and Validation (ICST)*, p. 116–126, 2018. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/8367041>>. Acesso em: 14 nov. 2021. Citado na página 13.

EMAG. emag - modelo de acessibilidade em governo eletrônico. 2014. Disponível em: <<http://emag.governoeletronico.gov.br/>>. Acesso em: 14 nov. 2021. Citado na página 11.

FRANCESE, R. et al. Model-driven development for multi-platform mobile applications. In: ABRAHAMSSON, P. et al. (Ed.). *Product-Focused Software Process Improvement*. Cham: Springer International Publishing, 2015. p. 61–67. Disponível em: <https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-26844-6_5>. Acesso em: 14 nov. 2021. Citado na página 15.

GONSALVES, M. *Evaluating the mobile development frameworks Apache Cordova and Flutter and their impact on the development process and application characteristics*. Tese (Doutorado),

2019. Disponível em: <<https://scholarworks.calstate.edu/concern/theses/kp78gg98g>>. Acesso em: 14 nov. 2021. Citado 2 vezes nas páginas 16 e 17.

GOOGLE. Primeiros passos no android com o talkback. 2021. Disponível em: <https://support.google.com/accessibility/android/answer/6283677?hl=pt-BR&ref_topic=10601571>. Acesso em: 14 nov. 2021. Citado na página 13.

HEITKÖTTER, H.; HANSCHKE, S.; MAJCHRZAK, T. A. Evaluating cross-platform development approaches for mobile applications. In: CORDEIRO, J.; KREMPELS, K.-H. (Ed.). *Web Information Systems and Technologies*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2013. p. 120–138. ISBN 978-3-642-36608-6. Disponível em: <https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-642-36608-6_8>. Acesso em: 14 nov. 2021. Citado na página 15.

IBGE. Cartila do censo 2010 - pessoas com deficiências. *Secretaria de Direitos Humanos da Presidência da República (SDH/PR), Secretaria Nacional de Promoção dos Direitos da Pessoa com Deficiência (SNPD)*, p. 32, 2012. ISSN 1098-6596. Disponível em: <<https://inclusao.enap.gov.br/wp-content/uploads/2018/05/cartilha-censo-2010-pessoas-com-deficiencia-reduzido-original-eleitoral.pdf>>. Acesso em: 14 nov. 2021. Citado na página 10.

ITU. Connectivity in the least developed countries: Status report 2021. *International Telecommunication Union*, set. 2021. Disponível em: <<https://www.itu.int/en/myitu/Publications/2021/09/17/11/46/Connectivity-in-the-Least-Developed-Countries-Status-report-2021>>. Acesso em: 14 nov. 2021. Citado na página 14.

JAEGGER, P. T. Assessing section 508 compliance on federal e-government web sites: A multi-method, user-centered evaluation of accessibility for persons with disabilities. *Government Information Quarterly*, v. 23, n. 2, p. 169–190, 2006. ISSN 0740-624X. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0740624X06000487>>. Acesso em: 14 nov. 2021. Citado na página 11.

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>>. Acesso em: 14 nov. 2021. Citado 5 vezes nas páginas 43, 45, 46, 56 e 57.

KING, B. A.; YOUNGBLOOD, N. E. E-government in alabama: An analysis of county voting and election website content, usability, accessibility, and mobile readiness. *Government Information Quarterly*, v. 33, n. 4, p. 715–726, 2016. ISSN 0740-624X. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0740624X16301691>>. Acesso em: 14 nov. 2021. Citado na página 11.

KITCHENHAM, B.; CHARTERS, S. *Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering*. 2007. Disponível em: <https://www.elsevier.com/__data/promis_misc/525444systematicreviewsguide.pdf>. Acesso em: 14 nov. 2021. Citado 2 vezes nas páginas 18 e 43.

KUZMIN, N.; IGNATIEV, K.; GRAFOV, D. Experience of developing a mobile application using flutter. In: *Information Science and Applications*. Springer, 2020. p. 571–575. Disponível

em: <https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-15-1465-4_56>. Acesso em: 14 nov. 2021. Citado 2 vezes nas páginas 15 e 16.

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>>. Acesso em: 14 nov. 2021. Citado 3 vezes nas páginas 27, 28 e 57.

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>>. Acesso em: 14 nov. 2021. Citado 2 vezes nas páginas 27 e 33.

MARRERO, D. G. et al. *Twenty-First Century Behavioral Medicine: A Context for Empowering Clinicians and Patients With Diabetes: A consensus report*. American Diabetes Association, 2013. 463–470 p. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.2337/dc12-2305>>. Acesso em: 14 nov. 2021. Citado na página 9.

MARTINEZ, M.; LECOMTE, S. Towards the quality improvement of cross-platform mobile applications. In: *2017 IEEE/ACM 4th International Conference on Mobile Software Engineering and Systems (MOBILESoft)*. [s.n.], 2017. p. 184–188. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/7972737/>>. Acesso em: 14 nov. 2021. Citado na página 15.

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>>. Acesso em: 14 nov. 2021. Citado 3 vezes nas páginas 27, 41 e 56.

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>>. Acesso em: 14 nov. 2021. Citado na página 43.

MORRIS, J. T.; SWEATMAN, M.; JONES, M. L. Smartphone use and activities by people with disabilities: user survey 2016. *J Technol Pers Disabil*, v. 5, p. 50–66, 2017. Disponível em: <<https://scholarworks.csun.edu/bitstream/handle/10211.3/190202/JTPD-2017-p50-66.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 14 nov. 2021. Citado na página 14.

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>. Acesso em: 14 nov. 2021. Citado 2 vezes nas páginas 27 e 40.

NILSON, E. A. F. et al. *Custos atribuíveis a obesidade, hipertensão e diabetes no Sistema Único de Saúde, Brasil, 2018*. Pan American Health Organization, 2020. 1 p. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.26633/RPSP.2020.32>. Acesso em: 14 nov. 2021. Citado na página 9.

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>. Acesso em: 14 nov. 2021. Citado 5 vezes nas páginas 13, 27, 38, 56 e 57.

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>. Acesso em: 14 nov. 2021. Citado 2 vezes nas páginas 27 e 31.

OZOUGWU, O. *The pathogenesis and pathophysiology of type 1 and type 2 diabetes mellitus*. Academic Journals, 2013. 46–57 p. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5897/JPAP2013.0001>. Acesso em: 14 nov. 2021. Citado na página 8.

PATIL, N.; BHOLE, D.; SHETE, P. Enhanced ui automator viewer with improved android accessibility evaluation features. In: IEEE. *2016 International Conference on Automatic Control and Dynamic Optimization Techniques (ICACDOT)*. 2016. p. 977–983. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7877733>. Acesso em: 14 nov. 2021. Citado na página 14.

PRESSMAN, R.; MAXIM, D. B. R. *Software Engineering: A Practitioner's Approach*. McGraw-Hill Education, 2014. ISBN 9780078022128. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=i8NmNAEACAAJ>. Acesso em: 14 nov. 2021. Citado na página 15.

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>. Acesso em: 14 nov. 2021. Citado 6 vezes nas páginas 12, 43, 50, 51, 54 e 56.

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>. Acesso em: 14 nov. 2021. Citado 6 vezes nas páginas 13, 27, 29, 44, 56 e 57.

ROCHA, J. A. P.; DUARTE, A. B. S. Diretrizes de acessibilidade web: um estudo comparativo entre as wcag 2.0 e o e-mag 3.0. *Inclusão Social*, v. 5, n. 2, dez. 2013. Disponível em: <http://revista.ibict.br/inclusao/article/view/1678>. Acesso em: 14 nov. 2021. Citado na página 11.

SAEEDI, P. et al. Global and regional diabetes prevalence estimates for 2019 and projections for 2030 and 2045: Results from the international diabetes federation diabetes atlas, 9th edition.

Diabetes Research and Clinical Practice, v. 157, p. 107843, 2019. ISSN 0168-8227. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168822719312306>>. Acesso em: 14 nov. 2021. Citado 2 vezes nas páginas 8 e 9.

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>>. Acesso em: 14 nov. 2021. Citado 5 vezes nas páginas 13, 27, 31, 32 e 56.

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>>. Acesso em: 14 nov. 2021. Citado 4 vezes nas páginas 13, 27, 35 e 57.

SIEBRA, C. et al. An analysis on tools for accessibility evaluation in mobile applications. In: . Association for Computing Machinery, 2018. p. 172–177. Cited By 2. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85055787089&doi=10.1145%2f3266237.3266238&partnerID=40&md5=0976ca72671e6471f46f66a763c35771>>. Acesso em: 14 nov. 2021. Citado na página 56.

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>>. Acesso em: 14 nov. 2021. Citado 3 vezes nas páginas 43, 49 e 57.

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. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/303497814_Metodos_para_Revisao_e_Mapeamento_Sistematico_da_Literatura_Methods_for_Systematic_Literature_Reviews_and_Systematic_Mapping_Studies>. Acesso em: 14 nov. 2021. Citado na página 18.

SOLOMON, S. D. et al. Diabetic retinopathy: A position statement by the american diabetes association. *Diabetes Care*, American Diabetes Association, v. 40, n. 3, p. 412–418, 2017. ISSN 0149-5992. Disponível em: <<https://care.diabetesjournals.org/content/archive/40/3/412/1>>. Acesso em: 14 nov. 2021. Citado na página 9.

STOPA, S. R. et al. Pesquisa nacional de saúde 2019: histórico, métodos e perspectivas. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, SciELO Brasil, v. 29, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1679-49742020000500004>>. Acesso em: 14 nov. 2021. Citado na página 10.

TAYLOR, K.; SILVER, L. Smartphone ownership is growing rapidly around the world, but not always equally | pew research center. p. 47, 2019. Disponível em: <<https://www.pewresearch.org/global/2019/02/05/smartphone-ownership-is-growing-rapidly-around-the-world-but-not-always-equally/>>. Acesso em: 14 nov. 2021. Citado na página 14.

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>>. Acesso em: 14 nov. 2021. Citado 3 vezes nas páginas 13, 27 e 39.

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>>. Acesso em: 14 nov. 2021. Citado 4 vezes nas páginas 13, 43, 45 e 56.

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>>. Acesso em: 14 nov. 2021. Citado 2 vezes nas páginas 27 e 34.

W3C. Mobile web best practices 1.0. 2008. Disponível em: <<https://www.w3.org/TR/mobile-bp/>>. Acesso em: 14 nov. 2021. Citado na página 11.

W3C, W. W. W. C. Web content accessibility guidelines (wcag) overview. *Web Accessibility Initiative (WAI)*, 2019. Disponível em: <<https://www.w3.org/WAI/standards-guidelines/wcag/>>. Acesso em: 14 nov. 2021. Citado na página 11.

WALRATH, K.; LADD, S. *Dart: Up and Running: A New, Tool-Friendly Language for Structured Web Apps*. O'Reilly Media, 2012. ISBN 9781449330859. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=w2jC1KYCzcoC>>. Acesso em: 14 nov. 2021. Citado na página 16.

WASSERMAN, A. I. Software engineering issues for mobile application development. In: *Proceedings of the FSE/SDP Workshop on Future of Software Engineering Research*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2010. (FoSER '10), p. 397–400. ISBN 9781450304276. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/1882362.1882443>>. Acesso em: 14 nov. 2021. Citado na página 15.

WHO. Global perspectives on assistive technology: proceedings of the great consultation 2019, world health organization, geneva, switzerland, 22–23 august 2019. volume 1. World Health Organization, v. 2, 2019. Disponível em: <<https://apps.who.int/iris/handle/10665/330372>>. Acesso em: 14 nov. 2021. Citado na página 11.

WHO. *World report on vision*. World Health Organization, 2019. v. 214. Disponível em: <<https://www.who.int/publications/i/item/9789241516570>>. Acesso em: 14 nov. 2021. Citado 2 vezes nas páginas 9 e 10.

YAN, S.; RAMACHANDRAN, P. G. The current status of accessibility in mobile apps. *ACM Transactions on Accessible Computing*, Association for Computing Machinery, v. 12, 2 2019. ISSN 19367228. Disponível em: <<https://dl.acm.org/doi/10.1145/3300176>>. Acesso em: 14 nov. 2021. Citado 2 vezes nas páginas 12 e 14.

YI, Y. J. Compliance of section 508 in public library systems with the largest percentage of underserved populations. *Government Information Quarterly*, v. 32, n. 1, p. 75–81, 2015. ISSN 0740-624X. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0740624X14001610>>. Acesso em: 14 nov. 2021. Citado na página 11.

ZAMMETTI, F. *Practical Flutter: Improve your Mobile Development with Google's Latest Open-Source SDK*. Apress, 2019. ISBN 9781484249727. Disponível em: <<https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4842-4972-7>>. Acesso em: 14 nov. 2021. Citado 2 vezes nas páginas 16 e 17.