



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE ARTES E COMUNICAÇÃO
DEPARTAMENTO DE DESIGN
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN

Cecília Vital Torres Barbosa

CHATBOTS E ACESSIBILIDADE: Uma investigação sobre a acessibilidade dos assistentes virtuais com enfoque em pessoas com deficiência visual

Recife
2019

Cecília Vital Torres Barbosa

CHATBOTS E ACESSIBILIDADE: Uma investigação sobre a acessibilidade dos assistentes virtuais com enfoque em pessoas com deficiência visual

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Design, da Universidade Federal De Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Design.

Área de concentração: Ergonomia

Orientadora: Profa. Dra. Laura Bezerra Martins

Coorientador: Prof. Dr. Walter Franklin Correia

Recife

2019

Cecília Vital Torres Barbosa

CHATBOTS E ACESSIBILIDADE: Uma investigação sobre a acessibilidade dos assistentes virtuais com enfoque em pessoas com deficiência visual

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Design, da Universidade Federal De Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Design.

Aprovada em: 12/12/2019.

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a. Dr^a. Laura Bezerra Martins (Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Fábio Ferreira da Costa Campos (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Walter Franklin Marques Correia (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof.^a. Dr^a. Taciana Pontual da Rocha Falcão (Examinadora Externa)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço à minha família, em especial ao meu marido Marcelo e meu filho João, pela paciência e por terem perdoado tantas ausências minhas em prol da pesquisa. Agradeço à minha mãe Ivone e ao meu pai Fernando, por terem me estimulado a estudar sempre. Agradeço à minha mãe e à minha sogra Fátima pelos fins de semana com João para que eu pudesse me dedicar a esta pesquisa.

Agradeço à minha orientadora Prof. Laura e ao meu coorientador Prof. Walter pelo auxílio, orientação e apoio sempre. Prof. Fábio, que me ajudou a concluir a revisão da literatura e sempre leu meu trabalho com uma visão crítica, e a Prof. Taciana pelas ótimas contribuições na banca da qualificação. Muito obrigada a todos!

E finalmente, e não menos importante, a todos do projeto CIn Samsung, pelo incentivo e apoio desde o primeiro dia. Não seria possível sem vocês!

Obrigada!

RESUMO

Vivemos em um mundo diversificado, com pessoas e contextos diferentes. Partindo do recorte de pessoas com deficiência, 39 milhões de pessoas no mundo são cegas. Pensar em inclusão e diversidade é pensar em acessibilidade. Boa parte das pessoas cegas estão inseridas no mundo digital, porém, acessibilidade no desenvolvimento de produtos digitais ainda é um requisito secundário. Paralelamente, observa-se que os chatbots, assistentes virtuais que se comunicam com os usuários de forma automática por meio de inteligência artificial, estão cada vez mais comuns no nosso cotidiano. Observa-se também que a interação das pessoas cegas pelo *smartphone* acontece por meio de comandos de voz e leitores de tela. Partindo deste contexto, surgiram duas perguntas que direcionaram esta pesquisa: chatbots são acessíveis para os usuários cegos? Como esses usuários interagem com essas interfaces? Com intuito de responder a estas perguntas, o objetivo principal deste trabalho é investigar a acessibilidade dos chatbots para pessoas com deficiência visual no contexto de *smartphones* e gerar um conjunto de recomendações para projetar assistentes virtuais acessíveis. Para responder às perguntas e atingir os objetivos da pesquisa, foi inicialmente realizado um levantamento bibliográfico e a revisão do estado da arte. Em seguida, foram pesquisadas, identificadas e analisadas diretrizes de acessibilidade e heurísticas de usabilidade, a fim de gerar um conjunto de heurísticas que focassem em problemas tanto de usabilidade quanto de acessibilidade. O experimento da pesquisa consistiu em duas etapas: avaliação heurística de dois assistentes virtuais, utilizando o conjunto de heurísticas gerado, e testes com usuários cegos, com intuito de observar a interação dessas pessoas com os mesmos assistentes virtuais e validar os achados da avaliação heurística. Como resultados, os achados dos dois experimentos se mostraram similares e com diversas recomendações de melhoria nos assistentes virtuais. Mas, de maneira geral, os assistentes se mostraram muito úteis no cotidiano de pessoas com deficiência visual, auxiliando-os em diversas ações feitas com o *smartphone*. Esta pesquisa conclui com algumas recomendações e princípios que podem ser seguidos para projetar chatbots mais acessíveis.

Palavras-chave: Acessibilidade. Chatbots. Assistentes Virtuais. Design de Interação.

ABSTRACT

We live in a diverse world with different people and contexts. From the cross-section of people with disabilities, 39 million people worldwide are blind. To think about inclusion and diversity is to think about accessibility. Most blind people are in the digital world, but accessibility in the development of digital products is still a secondary requirement. At the same time, it is observed that chatbots, virtual assistants who communicate with users automatically through artificial intelligence, are increasingly common in our daily lives. It is also observed that blind people's interaction through the smartphone happens through voice commands and screen readers. From this context, two questions emerged that directed this research: Are chatbots accessible to blind users? How do these users interact with these interfaces? In order to answer these questions, the main objective of this paper is to investigate the accessibility of chatbots for visually impaired people in the context of smartphones and generate a set of recommendations to design accessible virtual assistants. In order to answer the questions and achieve the research objectives, a bibliographic survey and a review of the state of the art was initially performed. Then, accessibility guidelines and usability heuristics were researched, identified and analyzed, in order to generate a set of heuristics that focused on both usability and accessibility problems. The research experiment consisted of two steps: heuristic evaluation of two virtual assistants, using the set of heuristics generated, and tests with blind users, in order to observe their interaction with the same virtual assistants and validate the findings of the heuristic evaluation. As a result, the findings of both experiments were similar and with several recommendations for improvement in virtual assistants. But, in general, the assistants proved to be very useful in the daily lives of people with visual impairment, helping them in various actions with the smartphone. This research concludes with some recommendations and principles that can be followed to design more affordable chatbots.

Keywords: Accessibility. Chatbots. Virtual Assistants. Interaction Design.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Hype Cycle for Emerging Technologies, 2018	42
Figura 2 -	Tela com diálogo de ELIZA e seu “paciente”	44
Figura 3 -	Timeline de evolução dos chatbots	45
Figura 4 -	Exemplo de um chatbot no Facebook Messenger, o Jordan Brand Messenger bot, da Nike	46
Figura 5 -	As disciplinas do Design de Interação	51
Figura 6 -	Um homem com deficiência visual liga para seus pais pelo celular em Kunming, província de Yunnan, no sudoeste da China	57
Figura 7 -	Técnicas de avaliação de usabilidade	64
Figura 8 -	Etapas da pesquisa	81
Figura 9 -	Etapas do experimento	103
Figura 10 -	Assistentes virtuais Siri (à esquerda) e Google Assistant (à direita)	104
Figura 11 -	Aspectos de uma conversa com uma interface por voz	136

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 -	Evolução das vendas de dispositivos no decorrer dos anos	16
Gráfico 2 -	Pesquisa realizada pela Statcounter mostra gráfico de venda de <i>smartphones</i> nas diversas plataformas	23
Gráfico 3 -	Curva da proporção de problemas de usabilidade encontrados na avaliação heurística em relação à quantidade de especialistas envolvidos	88

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Resultados obtidos na pesquisa em engenhos de busca após aplicar os critérios de inclusão e exclusão	30
Tabela 2 -	Resultados obtidos na segunda pesquisa	31
Tabela 3 -	Exploração e navegação de usuários com deficiência visual	57
Tabela 4 -	Gestos utilizados por usuários com deficiência visual	58
Tabela 5 -	Requisitos de Acessibilidade do Guia para o Desenvolvimento de Aplicações Móveis Acessíveis (Guama) e suas respectivas Descrições	67
Tabela 6 -	Metodologias revisadas	85
Tabela 7 -	Características gerais dos sujeitos	89
Tabela 8 -	Seções do GuAMA e seus respectivos Requisitos	92
Tabela 9 -	Tabela de associação das heurísticas de Acessibilidade (HA) e os Requisitos do GuAMA correspondentes	92
Tabela 10 -	Tabela comparativa entre heurísticas de usabilidade e as Heurísticas do GuAMA	96
Tabela 11 -	Lista de atividades sugeridas para guiar a avaliação heurística	106
Tabela 12 -	Problemas encontrados pelos especialistas durante a avaliação heurística do assistente virtual Google Assistant	108
Tabela 13 -	Problemas encontrados pelos especialistas durante a avaliação heurística do assistente virtual Siri	109
Tabela 14 -	Número de problemas encontrados pelos especialistas nos dois assistentes virtuais avaliados	111
Tabela 15 -	Grau de severidade dos problemas encontrados	112
Tabela 16 -	Resultados encontrados por atividade	113
Tabela 17 -	Síntese dos problemas encontrados e possíveis soluções	116
Tabela 18 -	Dados demográficos e experiência prévia dos participantes com <i>Smartphones</i>	122
Tabela 19 -	Lista de atividades dos testes com usuários	123
Tabela 20 -	Sistemas operacionais utilizados pelos participantes durante os Testes	123
Tabela 21 -	Tabela com as atividades concluídas com êxito pelos participantes e os respectivos percentuais de taxas de conclusão	124

Tabela 22 - Tabela com o tempo de conclusão de cada atividade em Segundos	125
Tabela 23 - Tabela com o nível de dificuldade de cada atividade	126
Tabela 24 - Erros relacionados a conflitos entre assistente virtual e leitor de Telas	127
Tabela 25 - Erros relacionados a feedback	127
Tabela 26 - Síntese dos resultados dos testes	128
Tabela 27 - Grau de satisfação dos usuários com os assistentes virtuais	131
Tabela 28 - Síntese dos problemas encontrados no experimento	133

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Justificativa	19
1.2	Questões de pesquisa	21
1.3	Objetivos	22
2	ESTADO DA ARTE	24
2.1	Revisão Sistemática da Literatura	24
2.2	Procedimentos Metodológicos da RSL	24
2.2.1	Busca por estudos primários nos mecanismos de busca	25
2.2.2	Técnica de Snowball	26
2.2.3	Seleção e avaliação da qualidade das publicações	27
2.3	Resultados da RSL	29
2.4	Discussão sobre a RSL	33
2.5	Análise e conclusões parciais	36
3	REFERENCIAL TEÓRICO	40
3.1	Interfaces Conversacionais	40
3.1.1	Contextualização Histórica	43
3.1.2	Voice User Interface (VUI)	47
3.1.3	Interação com chatbots	47
3.2	Design de Interação	48
3.2.1	Experiência do usuário	50
3.2.2	Metas da experiência do usuário	51
3.2.3	Princípios de Design de Interação	52
3.3	Acessibilidade	53
3.3.1	Pessoas com Deficiência Visual	55
3.3.2	Interação das Pessoas com deficiência visual em smartphones	56
3.3.3	Design Universal	59
3.4	Usabilidade e Avaliação Heurística	62
3.4.1	Diretrizes de Acessibilidade	66
3.4.1.1	<i>Guia para o Desenvolvimento de Aplicações Móveis (GuAMA)</i>	67
3.4.2	Heurísticas de Usabilidade	73
3.4.2.1	<i>Heurísticas de Nielsen</i>	73
3.4.2.2	<i>Princípios de Usabilidade de Jordan</i>	74

3.4.2.3	<i>Recomendações de Usabilidade de Schneidermann</i>	76
3.4.2.4	<i>Crítérios Ergonômicos de Bastien e Scapin</i>	77
3.5	Análise e Conclusões Parciais	79
4	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	80
4.1	Etapas da Pesquisa	80
4.2	Objeto de Estudo	81
4.3	Metodologia para geração de novas heurísticas	84
4.4	Avaliação com especialistas	87
4.5	Teste com usuários	88
4.6	Análise e conclusões parciais	89
5	AGRUPAMENTO E CRUZAMENTO DAS HEURÍSTICAS	91
5.1	Heurísticas do GuAMA	91
5.2	Heurísticas de Acessibilidade	96
5.3	Detalhando as Heurísticas de Acessibilidade	98
5.4	Análise e conclusões parciais	102
6	ESTUDO DE CASO	103
6.1	Experimento 1: Avaliação Heurística	104
6.1.1	Objetivos da avaliação heurística	105
6.1.2	Atividades	106
6.1.3	Resultados	107
6.1.3.1	<i>Google Assistant</i>	107
6.1.3.2	<i>Siri</i>	109
6.1.4	Média das ocorrências em cada assistente	111
6.1.5	Grau de severidade dos problemas encontrados	111
6.1.6	Análise e síntese dos resultados	113
6.2	Experimento 2: Teste com Usuários	118
6.2.1	Objetivos dos testes	119
6.2.2	Roteiro do teste	120
6.2.3	Análise dos dados	121
6.2.4	Amostra dos participantes	121
6.2.5	Participantes e Atividades executadas	123
6.2.6	Análise dos resultados	124
6.2.6.1	<i>Conclusão da tarefa</i>	124
6.2.6.2	<i>Tempo de conclusão</i>	125

6.2.6.3	<i>Nível de Dificuldade</i>	126
6.2.6.4	<i>Erros críticos e não críticos</i>	127
6.2.7	Síntese dos resultados	128
6.2.8	Recomendações e feedbacks dos participantes	130
6.3	Discussão sobre os experimentos	132
6.4	Recomendações	136
6.5	Conclusões do capítulo	139
7	CONCLUSÕES	140
7.1	Resultados da Pesquisa	141
7.2	Trabalhos futuros	144
7.3	Considerações finais	145
	REFERÊNCIAS	146

1 INTRODUÇÃO

Em um mundo diversificado como o nosso, onde cada pessoa está em um contexto muito específico, não podemos (e nem devemos) assumir que todos utilizam produtos digitais da mesma forma. Quando se pensa em inclusão e diversidade, acessibilidade deve ser a palavra-chave. Um produto considerado acessível é um produto que pode ser utilizado por todas as pessoas. Porém, acessibilidade ainda não é um requisito mandatório na concepção de produtos e sistemas digitais.

De acordo com a Organização Mundial de Saúde, estima-se que 2.2 bilhões de pessoas vivam com algum tipo de deficiência visual mundo. Desses, 39 milhões são cegas e 246 milhões têm deficiência visual moderada a grave (baixa visão). 81% das pessoas cegas e com deficiência visual moderada ou grave são idosas (Bourne, 2017). A previsão é de que, em 2020, esse número suba para 75 milhões e que o de pessoas com baixa visão chegue em 225 milhões (World Health Organization, 2013).

O Censo Demográfico Brasileiro de 2010 identificou que havia no Brasil 45.606.048 pessoas com pelo menos uma das deficiências investigadas, representando 23,9% da população brasileira. A deficiência visual foi a que mais incidiu sobre a população; 35.774.392 pessoas declararam ter dificuldade para enxergar, mesmo com o uso de óculos ou lentes de contato, o que equivale a 18,8% da população brasileira. Desse total, 6.562.910 pessoas apresentaram deficiência visual severa, sendo que 506.337 eram cegas (0,3% da população) e 6.056.533 tinham grande dificuldade para enxergar (3,2%) (IBGE, 2010).

A acessibilidade, portanto, é fundamental porque, por meio dela, ocorre a inclusão de pessoas com deficiência no uso de produtos, serviços e no acesso à informação. É um direito garantido por lei que pessoas com deficiência tenham acesso às mesmas condições que todos os outros cidadãos. Com acessibilidade, as barreiras que separam essas pessoas de um convívio pleno em sociedade são quebradas, e as desigualdades sociais, reduzidas.

Em paralelo, pesquisa realizada pela Fundação Getúlio Vargas de São Paulo (FGV-SP) indica que o Brasil tem cerca de 230 milhões de *smartphones* em uso em 2019¹ (ou seja, 1,6 dispositivo móvel por pessoa). Houve um aumento de 10 milhões de *smartphones* em relação a 2018. Pessoas com deficiência visual não querem usar aplicativos feitos exclusivamente para elas. Elas querem poder usar os aplicativos que todos utilizam de forma adequada. Este aspecto, somado à quantidade de *smartphones* no Brasil hoje, torna a tarefa de incluir acessibilidade no desenvolvimento de aplicações para dispositivos móveis algo mandatário.

Fazendo um paralelo com o mundo conectado de hoje, a onipresença dos dispositivos digitais e suas interconexões fazem com que mais desafios surjam no desenvolvimento de softwares e aplicações. Weiser fez uma predição em 1997, argumentando que o futuro da computação seria dominado por dispositivos onipresentes. Essa visão de futuro diz muito sobre os dias de hoje:

A era da computação ubíqua terá muitos computadores compartilhados por cada um de nós. Alguns desses computadores serão as centenas que poderemos acessar durante alguns minutos de navegação na Internet. Outros estarão embutidos em paredes, cadeiras, roupas, interruptores de luz, carros - em tudo. A computação ubíqua é fundamentalmente caracterizada pela conexão das coisas no mundo com a computação. Isso ocorrerá em várias escalas, incluindo a microscópica (Weiser, 1997, p. 418)

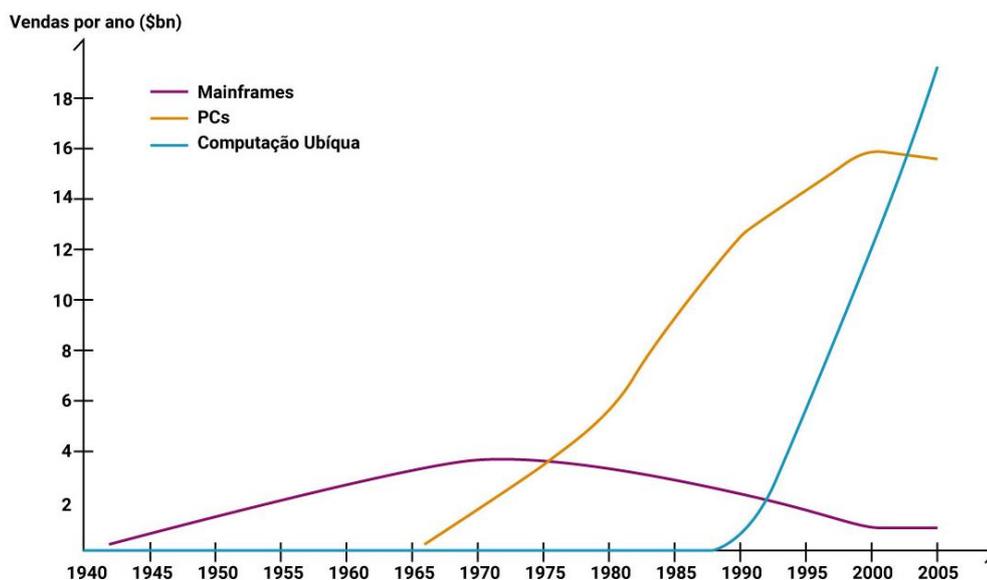
Em que nível esse prognóstico tem a ver com nosso presente? Casas inteligentes, iluminação inteligente, termostatos inteligentes e medidores de energia inteligentes, dispositivos móveis pessoais e compartilhados, como *tablets*, *smartphones* e PCs desktop e laptops, todos esses dispositivos digitais fornecem serviços compartilhados a todos os membros da família e convidados.

Os dispositivos móveis, que já são parte da nossa rotina diária, têm chamado a atenção dos profissionais de design e desenvolvimento. Desde 2007, as telas sensíveis ao toque mudaram completamente o padrão de interação com esses

¹ A pesquisa foi realizada em maio de 2019 pela Fundação Getúlio Vargas de São Paulo.

dispositivos. Algumas diferenças notáveis entre dispositivos móveis e computadores desktop incluem a falta de feedback tátil, onipresença, tamanho de tela limitado, pequenas teclas virtuais e alta demanda de atenção visual.

Gráfico 1 - Evolução das vendas de dispositivos no decorrer dos anos



Fonte: Adaptado de Interaction Design Foundation, 2017.

Essas diferenças entre as duas plataformas causaram desafios enormes aos usuários na adaptação a esse novo paradigma de interação. A maioria das interfaces são baseadas no padrão de interação do desktop, mas projetos para desktops não se encaixam totalmente no contexto de dispositivos móveis. Embora os dispositivos móveis estejam se tornando uma parte indispensável da vida diária, os padrões de design de interface do usuário para esses dispositivos ainda não chegaram a um consenso.

O aumento da quantidade e da variedade de dispositivos móveis disponíveis no mercado vem acompanhado de uma gama imensa de aplicativos desenvolvidos para facilitar a vida das pessoas, inclusive aquelas com algum tipo de deficiência. Desde 2008, pessoas cegas e com baixa visão utilizam o iPhone a partir da introdução do VoiceOver (leitor de tela do iOS) e das opções de zoom (U. B. of Engraving and Printing, 2011). Mesmo com esse enorme crescimento do número de dispositivos,

aplicativos e usuários, a acessibilidade ainda não é prioridade no desenvolvimento de aplicações móveis.

Os leitores de tela, utilizados por pessoas cegas e com baixa visão, descrevem o conteúdo de uma interface e suas interações. Para utilizar *smartphones*, a pessoa com deficiência visual precisa configurar opções de acessibilidade e ativar o leitor de telas. É utilizado o TTS (Text To Speech), sistema que converte texto escrito em voz e descreve o conteúdo de uma interface e suas interações para usuários cegos e com baixa visão. Ou seja, por meio dele, esses usuários conseguem “enxergar” a tela do celular e mapeá-la com todos os seus componentes.

Porém, mesmo com o leitor de telas ativado, aplicações não acessíveis são praticamente impossíveis de serem utilizados por usuários com deficiência visual. Botões sem rótulo, botões sem descrição de ação, navegação por foco não ativada, imagens sem audiodescrição, vídeos sem legenda são apenas alguns dos problemas encontrados na navegação do usuário cego. Para os usuários com baixa visão, geralmente os problemas são referentes a legibilidade, cor e contraste e, no caso de pessoas com daltonismo, o uso de cores como verde e vermelho pode confundi-los.

Outro desafio encontrado pelos designers nesse novo modo de se comunicar é o uso das interfaces gráficas. As Interfaces Gráficas do Usuário, ou GUIs, ainda continuam dominado a forma como as pessoas interagem com dispositivos, muito embora esse cenário tenha mudado bastante nos últimos anos. Dispositivos *multi-touch*, entrada gestual e telas capacitivas direcionaram a interação desde os primeiros exemplos de dispositivos dos anos 1990, especialmente em dispositivos móveis, mesmo que vários dos elementos de design de interação ainda permaneçam os mesmos, como, por exemplo, as interfaces acionadas por ícones, que continuam sendo amplamente utilizadas em computadores, *tablets* e outros dispositivos.

A interação não visual, ou *no-UI Interaction*, é um campo completamente novo para designers de interação e experiência do usuário. No mundo de hoje, estamos cercados de dispositivos que prendem nossa atenção: *smartphones*, *tablets*, *laptops*, dispositivos vestíveis e a lista só cresce. Praticamente todos esses dispositivos se comunicam com o usuário através de uma interface gráfica.

O paradigma de interação dos usuários cegos é bem distinto do que estamos habituados. Sem poder utilizar a interface gráfica de uma aplicação ou sistema, eles acabam desenvolvendo a habilidade de mapear uma interface por meio de *feedback* audível do leitor de telas. Sem necessariamente utilizar uma interface gráfica, resta ao designer projetar uma experiência que seja agradável e eficiente mesmo sem o uso de elementos visuais.

Interfaces conversacionais, como assistentes virtuais, são um exemplo de interfaces que não utilizam necessariamente elementos gráficos. Com um paradigma de interação multimodal, o uso de voz pode ser substituído por botões e textos.

Assistentes virtuais já fazem parte do nosso dia-a-dia, estão presentes nos nossos *smartphones* e nos chats das empresas das quais somos clientes. Eles facilitam nosso dia-a-dia, ajudando-nos com tarefas que faríamos de forma muito mais custosa e, muitas vezes, desagradáveis. O que faz com que uma interface sem o componente visual funcione é a inteligência por trás dela. Sem isso, é impossível existir um aplicativo sem interface.

Os Chatbots são um tipo de assistente virtual que funciona através de uma interface de texto e/ou voz e vêm ganhando popularidade desde 2015; os que utilizam inteligência artificial se tornaram uma tendência em 2016 com a integração com o *messenger* do Facebook e Slack, por exemplo.

Os assistentes virtuais e toda sorte de “robôs” foram criados para auxiliar as pessoas a realizar tarefas do cotidiano e estão disponíveis no mercado. E, dentro desse cenário, é importante pensar em como esses assistentes podem auxiliar no dia-a-dia de uma pessoa com deficiência. Para além disso, perceber como essa interação é feita, quais os níveis de dificuldade encontrados na interação com assistentes virtuais e como essa interação pode ser melhorada no que concerne à acessibilidade.

1.1 Justificativa

Esta pesquisa surgiu de uma percepção pessoal em relação ao padrão de interação de pessoas com deficiência visual em *smartphones*. Além disso, percebe-se que a pessoa cega precisa ter autonomia para utilizar as aplicações e os dispositivos em condições de igualdade com os demais usuários do produto.

Em paralelo a essa percepção, observa-se que, nos dias de hoje, os assistentes virtuais estão cada vez mais populares. Dentro desse contexto, esta pesquisa se justifica à medida que considera as necessidades específicas dos usuários cegos e parte do pressuposto que os assistentes virtuais podem ser úteis para auxiliar essas pessoas no seu dia-a-dia, realizando atividades simples (mas que demandariam um certo esforço e tempo desses usuários), como agendar um compromisso, fazer uma ligação, enviar uma mensagem de texto ou ativar o wi-fi do celular com rapidez e esforço mínimo.

Em pesquisa bibliográfica e buscas exploratórias prévias, tanto em literatura quanto em artigos do mercado e não necessariamente científicos, não foram encontrados trabalhos científicos que incluam acessibilidade e assistentes virtuais. Além disso, diretrizes para projetos acessíveis ainda são pouco exploradas, pouco conhecidas e as interfaces projetadas com acessibilidade são raras.

“Ser acessível é fazer seu sistema, com todos os seus dados e funções, disponível para qualquer um, não importa como eles irão usá-lo ou que dificuldades eles possam ter” (Cunningham, 2012). A autora ainda complementa que, se a acessibilidade for mantida durante todo o desenvolvimento, o projeto pode ser desenvolvido sem aumentar a sobrecarga de informações e, até mesmo, melhorar o sistema para usuários padrão. Incluir acessibilidade no processo de design deveria ser papel de todo designer ao projetar soluções para os problemas da atualidade.

Usabilidade e boa experiência do usuário são muito mais do que simplificar uma interface. A ISO 9241-210 de 2010 define esta última como a percepção e as respostas do usuário advindas do uso de um produto, sistema ou serviço, incluindo

suas emoções, crenças, preferências, comportamento, respostas físicas e psicológicas que ocorrem durante e depois do seu uso.

Preece, Rogers e Sharp (2013) listam, como aspectos desejáveis na experiência do usuário, sistemas que sejam: satisfatórios, agradáveis, atraentes, prazerosos, emocionantes/excitantes, interessantes, prestativos, divertidos, instigantes, surpreendentes, recompensadores, motivadores, desafiadores, que melhorem a sociabilidade, apoiem a criatividade, sejam emocionalmente gratificantes e cognitivamente estimulantes. Já como aspectos indesejáveis, as autoras destacam que os sistemas não podem ser: tediosos, frustrantes, irritantes, infantis, desprazerosos, condescendentes, que façam com que o usuário se sinta estúpido, forçosamente bonito e artificial.

No caso de pessoas com deficiência visual, a acessibilidade fica restrita a garantir que o usuário terá acesso ao leitor de tela de um site ou de um smartphone, ou a outras tecnologias assistivas, sem considerar a usabilidade. A usabilidade, por outro lado, tem, como alvo, todos os que usam um sistema ou produto. Na verdade, o conceito de usabilidade como está estabelecido por Lida (2016) e pela ISO 9241-11 (1998) não considera as pessoas com deficiência, pelo menos no que concerne à experiência do usuário de forma mais ampla, como se apenas acesso fosse tudo aquilo a que elas têm direito. Como fazer para unir os conceitos de design universal e usabilidade, criando assim uma boa experiência do usuário para pessoas com deficiência visual, indo além de apenas tornar um sistema acessível, e tornando-o também utilizável?

A usabilidade é o ponto chave de melhoria na eficácia, eficiência e satisfação no uso de uma determinada interface. Interfaces acessíveis melhoram a experiência de uso, pois tornam o produto fácil de usar, melhoram sua eficiência e eficácia e, por fim, mantêm o usuário satisfeito com seu uso. Em suma, ampliam o universo de pessoas beneficiadas com sua experiência de uso.

A ubiquidade dos dispositivos móveis é algo que deve ser encarado com um desafio a mais no desenvolvimento de interfaces do usuário. Para o usuário médio, a movimentação entre dispositivos é onipresente, mas não para pessoas com deficiências ou para aquelas que precisam ativar opções específicas de

acessibilidade. Configurar tecnologias assistivas ou encontrar configurações para superar barreiras pode ser uma tarefa exigente para pessoas sem habilidades técnicas. Cabe aos designers projetar de forma inclusiva.

"Bom design é boa cidadania" (Heller e Vienne, 2003, p. IX). Somente com consciência de seus direitos, de seus deveres e de seu papel na sociedade, o designer pode contribuir, com seu trabalho, para melhorar de fato a vida das pessoas, em especial aquelas que têm limitações. Mais de 1 bilhão de pessoas, ou seja, 15% da população mundial, tem algum tipo de deficiência. Esse é um número muito grande para ser simplesmente negligenciado.

Tendo em vista este contexto, é fundamental que os designers sejam cidadãos ativos, interessados e participantes na sociedade. Ou seja, que possam projetar artefatos e serviços que considerem o maior número de usuários. Pensar em acessibilidade não é filantropia, é investimento. O custo para se incluir acessibilidade em um projeto depois de concluído é muito maior do que se ela for pensada desde sua concepção.

É premente que o designer se insira nesse contexto como um agente da mudança, que possa ter a consciência de seu papel na sociedade e da força do seu trabalho para melhorar a vida das pessoas.

1.2 Questões de pesquisa

A partir deste padrão de interação das pessoas cegas com smartphones, surgiram os seguintes questionamentos:

- Chatbots são acessíveis para os usuários cegos?
- Como esses usuários interagem com essas interfaces?

Estas são as questões norteadoras da pesquisa.

1.3 Objetivos

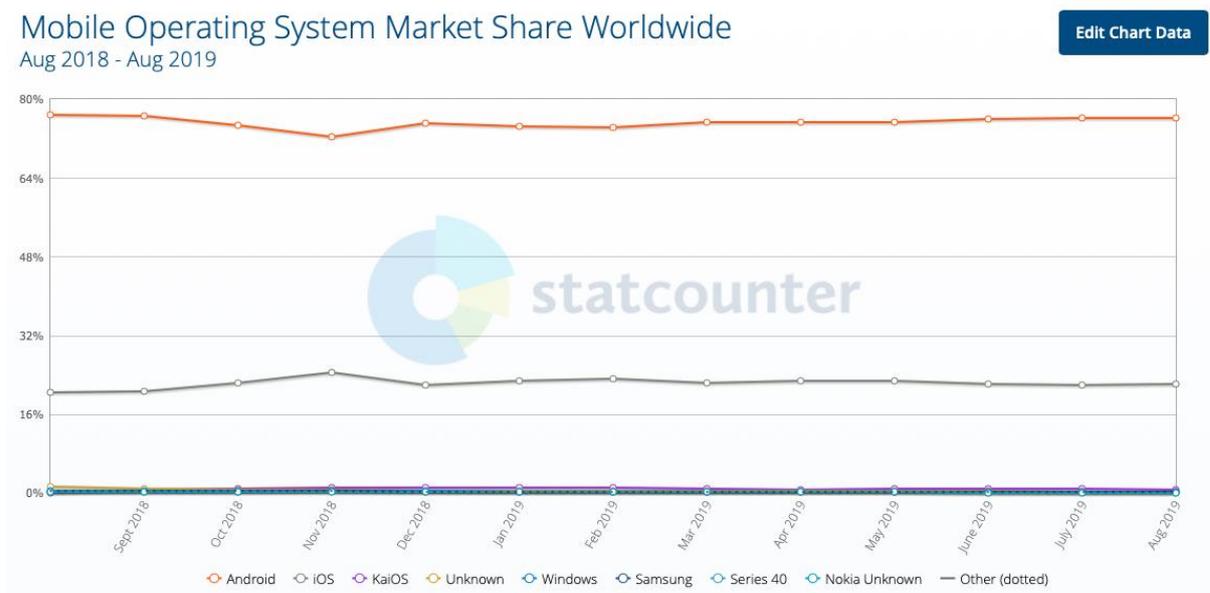
O objetivo geral desta pesquisa é fornecer recomendações para projetar assistentes virtuais acessíveis. Para atingir esse objetivo, alguns objetivos específicos precisam ser obtidos:

- Gerar, de forma sistemática, um conjunto de heurísticas de acessibilidade para avaliação de usabilidade e acessibilidade de assistentes virtuais, que sirvam como base também para projetar de assistentes virtuais acessíveis para pessoas cegas;
- Investigar a acessibilidade dos assistentes virtuais para pessoas com deficiência visual, no contexto de uso de smartphones, por meio de avaliação heurística e testes com usuários cegos.
- Observar a forma de interação dos usuários cegos no uso de assistentes virtuais, quais as suas causas e níveis de severidade;
- Perceber o nível de satisfação e agradabilidade dos usuários cegos no uso dos assistentes virtuais;
- Propor possíveis soluções para projetar assistentes virtuais acessíveis com foco em pessoas cegas.

Para atingir esses objetivos, dois assistentes virtuais e dois sistemas operacionais foram selecionados para serem avaliados por especialistas e testado por usuários cegos. Serão eles: Siri, do sistema operacional iOS e Google Assistente, do sistema operacional Android.

A escolha desses assistentes virtuais se deu pela sua popularidade e por uma avaliação que abarque os sistemas operacionais mais utilizados. Pesquisa realizada pela Statcounter (2019) conclui que, em agosto do ano de 2019, o Android representou 76,23% do setor, com o iOS contando com 22,17%, totalizando 98,4% dos *smartphones* no mundo. Os 1,6% restantes são compostos pelos sistemas operacionais KaiOS, Windows Phone, Samsung, Series 40, Nokia e outros.

Gráfico 2 - Pesquisa realizada pela Statcounter mostra gráfico de venda de *smartphones* nas diversas plataformas



Fonte: Statcounter.com.

Com estes objetivos e com as perguntas de pesquisa, pretende-se chegar a uma conclusão que corrobore ou refute a seguinte hipótese: assistentes virtuais podem ser extremamente úteis no cotidiano de pessoas com deficiência visual.

Nos próximos capítulos, serão introduzidas as bases teóricas que fundamentaram esta pesquisa. Antes de iniciar o estudo de caso para atingir os objetivos deste trabalho, uma revisão sistemática da literatura foi realizada, com intuito de mapear o estado da arte no contexto de acessibilidade e assistentes virtuais.

2 ESTADO DA ARTE

O objetivo deste capítulo é fazer um mapeamento do estado da arte na área de design de interação, com estudos que envolvam acessibilidade de chatbots. Além disso, identificar, selecionar, avaliar e sintetizar as evidências relevantes disponíveis em estudos acadêmicos. Para tanto, foi realizada uma revisão sistemática da literatura.

2.1 Revisão Sistemática da Literatura

A Revisão Sistemática é um tipo de investigação focada em um assunto bem definido, que visa a identificar, selecionar, avaliar e sintetizar as evidências relevantes disponíveis sobre a questão abordada ou sobre um problema específico. É “a aplicação de estratégias científicas que permitem limitar o viés de seleção de artigos, avaliá-los com espírito crítico e sintetizar todos os estudos relevantes em um tópico específico” (BOTELHO; CUNHA; MACEDO, 2011, p. 126).

As revisões sistemáticas pressupõem acesso a todos os estudos já publicados sobre determinado assunto. Isso amplia o espectro de resultados relevantes ao invés de limitar a pesquisa a somente uma parte da literatura. Assim, por meio de um processo sistemático e metódico, foi realizada uma pesquisa do estado da arte de acessibilidade em chatbots mediante a aplicação de métodos explícitos e sistematizados de busca, apreciação crítica e síntese da informação selecionada.

2.2 Procedimentos Metodológicos da RSL

Para realizar a revisão sistemática da literatura em busca do estado da arte com intuito de responder às perguntas de pesquisa, foi realizado inicialmente um mapeamento da literatura. Essa etapa teve a intenção de explorar a literatura disponível sem uso de rigor científico ou sistemático para identificar artigos sobre o tema em questão. Para tanto, foi feita uma pesquisa exploratória utilizando palavras chaves como “accessibility” e “chatbot accessibility”

Nesta pesquisa exploratória, foram encontrados artigos e livros que podem ser relevantes para o desenvolvimento da pesquisa. Porém, nada relativo

especificamente a acessibilidade em chatbots. A estratégia de busca foi realizada da seguinte forma:

- Definição das palavras-chave;
- Escolha dos motores de busca, com base na importância para a área de pesquisa;
- Quantidade de resultados obtidos.

Os termos utilizados continham as palavras-chaves "accessibility", "chatbot", "chatterbot" e "conversational interface", gerando as seguintes *strings* de busca:

- Accessibility Chatbot
- Accessibility Chatterbot
- Accessibility "Conversational Interface"

Além das palavras-chave em inglês, foram formadas *strings* usando as mesmas palavras-chaves em português: "acessibilidade", "interface conversacional". As palavras "chatbot" e "chatterbot" não têm tradução para o português:

- Acessibilidade Chatbot
- Acessibilidade Chatterbot
- Acessibilidade "Interface Conversacional"

Posteriormente, foram utilizadas outras *strings*, com intuito de ampliar a pesquisa para além de questões específicas de acessibilidade de chatbots. Foram geradas *strings* baseadas nas seguintes palavras-chaves: "evaluation", "multimodal" e "interfaces", incluindo no refino dessas buscas.

2.2.1 Busca por estudos primários nos mecanismos de busca

O primeiro passo foi realizar uma busca através dos motores de busca mais importantes e identificados como relevantes para a área de tecnologia, design e ciência da computação. A escolha das bases para a pesquisa foi baseada na amplitude do escopo. Assim, foram escolhidos o Periódicos Capes e o Scopus para a etapa exploratória de mapeamento. Em seguida, a pesquisa foi feita na ACM Digital

Library e no IEEE Xplore Digital Library, pois são bibliotecas com materiais específicos nas áreas de ciência da computação e na de desenvolvimento de sistemas.

A busca foi realizada por meio de palavras-chaves previamente definidas e pela construção das *strings* de busca, que consiste na junção de duas ou mais palavras-chaves. Essas *strings* também devem ser feitas de forma particular, de acordo com cada mecanismo de busca utilizado, pois isso acarreta resultados bem distintos. Os filtros utilizados também restringem bastante o número de artigos encontrados.

Além das palavras-chaves, em algumas buscas foi utilizado, como critério de filtragem, o ano da publicação, considerando artigos e livros do ano de 2007 a 2017.

2.2.2 Técnica de Snowball

A revisão de literatura chamada de Snowball é uma revisão complementar à revisão sistemática, baseada em iterações. Segundo Wohlin (2014), a técnica de Snowball usa a lista de referências de um artigo ou publicação para identificar publicações adicionais. Além disso, a técnica pode beneficiar a revisão de forma sistemática, por complementar a forma de ver os artigos, de modo a saber quando e onde foram citados.

Para aplicar essa técnica, foi utilizada a seguinte metodologia:

- Início da revisão sistemática da literatura, com base nos critérios já citados;
- Identificação de artigos e outras publicações a partir dos critérios de inclusão e exclusão. Apenas os artigos que atendem aos critérios de inclusão entram na técnica do snowball.

A iteração realizou-se da seguinte forma: com o conjunto inicial de artigos encontrados, usando os critérios de inclusão, foram analisados os artigos citados por esse conjunto, bem como em que outras publicações eles foram citados. Aos artigos que se enquadram nos critérios de inclusão, é aplicado o seguinte procedimento:

Passo 1 – Inclusão de artigos citados na publicação em questão

- Ler título na lista de referências bibliográficas;
- Ver onde o artigo foi publicado;
- Ler o abstract do artigo referenciado;
- Ver as referências bibliográficas do artigo referenciado.

Passo 2 - Inclusão de artigos que citam a publicação em questão

- Ler o título do artigo que está citando a publicação em questão
- Ler o resumo do artigo que está citando a publicação em questão
- Ver onde o artigo citado foi publicado
- Ler o artigo citado completo.

A Inclusão final de artigos baseada no artigo inicial estará terminada depois de passar pelo procedimento do snowball novamente. Se nenhum artigo for encontrado atendendo aos critérios, o procedimento estará finalizado.

Para realizar a revisão sistemática, foram seguidos alguns passos, que serão relatados a seguir.

2.2.3 Seleção e avaliação da qualidade das publicações

A partir das *strings* geradas, o primeiro passo da revisão foi realizar uma pesquisa através dos motores de busca mais importantes e identificados como relevantes para a área de tecnologia, design e ciência da computação. Assim, foram escolhidas as seguintes bases, com suas respectivas justificativas:

- Periódicos Capes: O maior engenho de busca brasileiro, onde há a possibilidade de encontrar artigos escritos em português;
- Scopus: O maior banco de dados de resumos e citações da literatura revisada por pares: periódicos científicos, livros e anais de congressos;
- IEEE Xplore Digital Library: O IEEE é a maior organização profissional do mundo dedicada ao avanço da tecnologia, possuindo uma quantidade imensa de congressos e publicações na área, além de uma grande base de dados;

- ACM Digital Library: é uma plataforma de pesquisa, incluindo revistas, anais de congressos, revistas técnicas, boletins informativos e livros, além de uma coleção de textos completos de editores selecionados e curadoria rígida.

Após a fase de busca, passou-se à fase de seleção dos artigos. Com o intuito de refinar ainda mais as pesquisas, foram estabelecidos alguns critérios de seleção para auxiliar na restrição de resultados mais relevantes:

- Leitura dos títulos e resumos dos artigos encontrados, com o objetivo de eliminar o que não faz parte do escopo da pesquisa;
- Leitura da introdução e conclusão dos artigos relevantes.

Após essa primeira seleção de estudos relevantes, cada um foi lido considerando-se critérios de exclusão e inclusão com intuito de decidir quais iriam, de fato, compor as bases primárias da revisão. Para a inclusão de uma publicação, ela deveria atender a todos os critérios estabelecidos. Após os critérios de inclusão, foram aplicados os critérios de exclusão, segundo os quais a publicação seria excluída da seleção prévia caso tivesse resposta positiva para, pelo menos, um desses critérios. Assim, um conjunto de publicações que passariam para a fase de extração e análise seria formado pelas que passassem por todos os critérios de inclusão e nenhum de exclusão.

Os critérios de inclusão foram:

- terem sido divulgadas entre 2008 e 2018;
- estarem em inglês ou em português;
- falarem sobre a interação com interfaces conversacionais;
- versarem sobre acessibilidade em interfaces conversacionais.

Os critérios de exclusão foram:

- serem apenas resumos estendidos;
- serem pôsteres;

Realizado o filtro por meios dos critérios de exclusão, passou-se à etapa de extração das informações relevantes de cada material selecionado. Para tanto, tentou-se responder às perguntas de pesquisa com informações contidas nesses estudos ou levar em conta aqueles que tenham informações importantes para o futuro da pesquisa.

2.3 Resultados da RSL

Por meio das palavras-chaves e das *strings* de busca, chegou-se a um universo de 116 artigos. Após a análise dos títulos e resumos, foram identificadas publicações que poderiam ter aderência e relevância à pesquisa através da aplicação dos critérios de inclusão e exclusão. Assim, após a extração das informações de cada publicação, resultou um total de 25 publicações que seriam usadas no desenvolvimento da pesquisa.

- 06 artigos relacionados ao uso de Interfaces Conversacionais na área de saúde;
- 05 artigos relacionados ao uso de Interfaces Conversacionais como ferramenta de ajuda na área de educação;
- 04 artigos relacionados exclusivamente a acessibilidade ou a assistência a pessoas com deficiência.

Os demais 10 artigos referem-se a frameworks, padrões e inovações na área de inteligência artificial aplicada a interfaces conversacionais. Não foram encontradas publicações acerca de acessibilidade em Chatbots. Por se tratar de um tema muito novo, ainda não há estudos acadêmicos sobre o assunto.

A partir das *strings*, foram feitas as buscas seguindo-se os critérios já mencionados na metodologia. Algumas bases têm formas distintas de busca, havendo a necessidade de inclusão de alguns filtros para chegar aos resultados esperados.

Tabela 1 - Resultados obtidos na pesquisa em engines de busca após aplicar os critérios de inclusão e exclusão

Engenho de Busca	Palavras-Chaves / Strings	Filtros	Resultado Parcial	Resultado Pós Seleção
Periódicos Capes	Accessibility AND Chatbot	2007-2017	33	5
Periódicos Capes	Accessibility AND Chatterbot	2007-2017	19	2
Periódicos Capes	Accessibility AND "Conversational Interface"	2007-2017	28	6
Periódicos Capes	Acessibilidade AND Chatbot	2007-2017	0	0
Periódicos Capes	Acessibilidade AND Chatterbot	2007-2017	0	0
Periódicos Capes	Acessibilidade AND Chatterbot	2007-2017	0	0
Periódicos Capes	Acessibilidade AND "Interface Conversacional"	2007-2017	0	0
Scopus	Accessibility AND Chatbot	2007-2017 Title, Keywords, Abstract	3	2
Scopus	Accessibility AND Chatterbot	-	0	0
Scopus	Accessibility AND "Conversational Interface"	2007-2017 Title, Keywords, Abstract	4	2
Scopus	Acessibilidade AND Chatbot	2007-2017	0	0
Scopus	Acessibilidade AND Chatterbot	2007-2017	0	0
Scopus	Acessibilidade AND "Interface Conversacional"	2007-2017	0	0
ACM	Accessibility Chatbot	2007-2017 Full Text	143	-
ACM	Accessibility Chatbot	2007-2017 Abstract	5	5
ACM	Accessibility Chatterbot	2007-2017 Full Text	41	-
ACM	Accessibility Chatterbot	2007-2017 Abstract	1	1
ACM	Accessibility "Conversational Interface"	2007-2017 Full Text	127	-
ACM	Accessibility "Conversational Interface"	2007-2017 Abstract	2	2
IEEE	Accessibility Chatbot		0	0
IEEE	Accessibility Chatterbot		0	0
IEEE	Accessibility "Conversational Interface"		0	0
TOTAL			116	25

Fonte: A Autora, 2019.

Em virtude de o resultado dessa primeira pesquisa ter sido insatisfatório, apesar de fortalecer a hipótese de que os estudos científicos relativos à acessibilidade de chatbots e interfaces conversacionais ainda são incipientes e de que é um campo importante a ser explorado, outra busca foi realizada com novas palavras-chave. Essas *strings* foram construídas com termos associados à pesquisa, como “avaliação”, “interfaces multimodais” e “acessibilidade”. O objetivo foi encontrar artigos, dissertações e teses que tangenciam o tema desta pesquisa.

Tabela 2 - Resultados obtidos na segunda pesquisa

Engenho de Busca	Palavras-Chaves / Strings	Filtros	Resultado Parcial	Resultado Pós Seleção
Scopus	evaluation AND multimodal AND interfaces	2008-2018	670	-
Scopus	evaluation AND multimodal AND interfaces	<ul style="list-style-type: none"> • 2008 - 2018 • Ciências da Computação • Incluir o termo "heuristics" dentro da busca principal 	29	14
Scopus	evaluation AND multimodal AND interfaces	<ul style="list-style-type: none"> • 2008 - 2018 • Ciências da Computação • Incluir o termo "conversational interface" • dentro da busca principal 	14	2
Scopus	accessibility AND evaluation AND interface	<ul style="list-style-type: none"> • 2008 - 2018 • Ciências da Computação 	402	-
Scopus	accessibility AND evaluation AND interface	<ul style="list-style-type: none"> • 2008 - 2018 • Ciências da Computação • Incluir o termo "heuristics" dentro da busca principal • 	38	6
Scopus	accessibility AND evaluation AND interface	<ul style="list-style-type: none"> • 2008 - 2018 • Ciências da Computação • Incluir o termo "heuristics" dentro da busca principal 	4	0

		<ul style="list-style-type: none"> Incluir o termo "multimodal" dentro da busca principal 		
Scopus	accessibility AND "heuristic evaluation" AND interface	<ul style="list-style-type: none"> 2008 - 2018 	15	-
Scopus	accessibility AND "heuristic evaluation" AND interface	<ul style="list-style-type: none"> 2008 - 2018 Ciência da Computação 	13	7
Scopus	accessibility AND "heuristic evaluation" AND interface	<ul style="list-style-type: none"> 2008 - 2018 Ciência da Computação Incluir o termo "multimodal" dentro da busca principal 	0	
ProQuest	chatbot AND accessibility			1
ProQuest	evaluation AND accessibility AND "multimodal interfaces"	<ul style="list-style-type: none"> 2008 – 2018 Limitar para "user interface" 	19	1
TOTAL		<ul style="list-style-type: none"> 		31

Fonte: A Autora, 2019.

Depois de feita essa busca complementar e posterior triagem de acordo com os critérios de inclusão e exclusão, chegou-se a um universo de 31 artigos. Os critérios foram:

Critérios de inclusão:

- terem sido divulgadas entre 2008 e 2018;
- estarem dentro na área de ciência da computação;
- versarem sobre avaliação heurística, interfaces multimodais, avaliação de acessibilidade ou uma combinação desses critérios;

Critérios de exclusão:

- não ter relevância para a pesquisa;

Deste universo de 31 artigos, 19 foram identificados como relevantes para o experimento. As discussões e relevância de seus conteúdos estão no tópico a seguir.

2.4 Discussão sobre a RSL

Após a análise de cada artigo encontrado de acordo com os critérios de inclusão adotados, chegou-se a um universo de publicações que foram consideradas relevantes, em algum aspecto, para o desenvolvimento da pesquisa e aplicação no estudo de caso. A seguir, estão listadas as publicações e ordenadas seguindo o critério de maior relevância para a pesquisa.

- “A heuristic checklist for an accessible smartphone interface design”: artigo estendido que fornece uma lista de heurísticas para avaliação de interfaces no contexto de *smartphones*, desenvolvido por meio da revisão dos padrões e diretrizes de design existentes e da validação dessas diretrizes com o envolvimento do usuário.
- “A Set of Heuristics for Usable Security and User Authentication”: o artigo apresenta um set de 153 heurísticas como ferramenta de avaliação do grau de segurança, usabilidade, acessibilidade, desempenho, operabilidade e confiabilidade.
- “The Tangible Desktop: A Multimodal Approach to Non-visual Computing”: baseado na observação do uso de leitor de tela em uma escola de treinamento em informática voltado para adultos cegos e com baixa visão. Os autores identificaram três áreas problemáticas em interfaces, apenas com uso de áudio: efemeridade, interação linear e comunicação unidirecional.
- “Using WCAG 2.0 and Heuristic Evaluation to Evaluate Accessibility in Educational Web Based Pages”: Combinando diretrizes de acessibilidade ao conteúdo da Web 2.0, a norma ISO / IEC 24751 e a abordagem de avaliação heurística, este artigo apresenta uma forma inovadora de avaliação de sites.
- “When industrial robots become social: on the design and evaluation of a multimodal interface for welding robots”: o artigo apresenta o projeto e avaliação de uma interface multimodal que se conecta a um robô inteligente e funciona como uma máquina de solda automática. Por meio de avaliações quantitativas e qualitativas, os resultados mostram um valor positivo no uso de um conceito multimodal para os usuários interagirem com o robô.

- “Accessibility and Usability Assessment of a Web Platform: DADS (Doctors And Dyslexic System)”: neste artigo, é apresentada uma avaliação de acessibilidade e usabilidade de uma plataforma web que permite que crianças disléxicas façam exercícios e que seus médicos acompanhem sua evolução por meio de gráficos e estatísticas detalhadas, permitindo a realização de testes e registro de variáveis em plataforma online.
- “Accessibility of MOOCs for Blind People in Developing Non-English Speaking Countries”: o objetivo do artigo é avaliar o nível de acessibilidade de um MOOC (*Massive Open Online Courses*) e apresenta os achados por meio de três diferentes métodos de avaliação: teste de usabilidade, checagem automática de acessibilidade e avaliação heurística.
- “Accessibility and Usability Evaluation of Rich Internet Applications”: artigo que versa sobre os conceitos mais importantes no desenvolvimento acessível, avaliação de acessibilidade e usabilidade de RIAs (*Rich Internet Applications*) através de heurísticas e revisão de guidelines.
- “Evaluation of e-commerce websites accessibility and usability: an e-commerce platform analysis with the inclusion of blind users”: o artigo reporta uma avaliação de usabilidade e acessibilidade de uma plataforma web de e-commerce. Realizada em vários estágios, contou com avaliação automática de acessibilidade e usabilidade através de uma ferramenta chamada SortSite, avaliação manual, avaliação heurística e testes com usuários cegos.
- “Accessibility of audio and tactile interfaces for young blind people performing everyday tasks”: este artigo apresenta um estudo sobre como jovens cegos usam computadores para tarefas cotidianas, auxiliados pelas ferramentas e tecnologias assistivas, com o objetivo de entender quais são os obstáculos encontrados ao interagir com um computador usando os sentidos individuais.
- “Accessible Multimodal Media Center Application for Blind and Partially Sighted People”: o artigo apresenta uma interface multimodal de um *media center* projetado para pessoas cegas e com deficiências visuais. A interface utiliza opções de zoom, leitor de tela e *feedback* tátil, tendo sido desenvolvida e avaliada por meio de design participativo, em estreita cooperação com representantes dos grupos de usuários-alvo.

- “A novel multimodal interface for improving visually impaired people’s web accessibility”: este artigo apresenta uma nova interface projetada para ajudar cegos e deficientes visuais a explorar e navegar na Web. Uma série de experimentos foi realizada com intuito de realizar uma avaliação da usabilidade da interface e comparar seu desempenho com o de um leitor de tela tradicional. Os resultados mostraram as vantagens que a nova interface multimodal oferece às pessoas cegas e deficientes visuais.
- “A Systematic Review on the Effectiveness of Web Usability Evaluation Methods”: o artigo trata de uma revisão sistemática com o intuito de mapear avaliações heurísticas de usabilidade Web. Um total de 18 estudos foram selecionados a partir de um conjunto inicial de 206, a fim de extrair, codificar e sintetizar dados empíricos sobre a eficácia dos métodos de avaliação de usabilidade para a Web.
- “Artificially intelligent conversational agents in libraries”: este artigo procura investigar o desenvolvimento atual e aplicações de agentes de conversação com intuito de aplicar a tecnologia em bibliotecas canadenses.
- “Scoping Analytical Usability Evaluation Methods: A Case Study”: o artigo parte da hipótese de que métodos analíticos de avaliação de usabilidade podem complementar a avaliação empírica dos sistemas. Eles podem ser usados no desenvolvimento do produto e, assim, antever possíveis dificuldades dos usuários.
- “Evaluating the Usability on Multimodal Interfaces: A Case Study on Tablets Applications”: este artigo apresenta um novo conjunto de heurísticas de usabilidade para interfaces multimodais, especialmente as que utilizam interação multitoque e são baseadas em fala, a partir de heurísticas existentes. Foi realizado um estudo de caso comparativo entre o conjunto de heurísticas proposto e as heurísticas de Nielsen.
- “Proceso de evaluación de usabilidad en aplicaciones colaborativas con interfaces de usuario multimodal”: o artigo apresenta uma proposta de avaliação de usabilidade para aplicações colaborativas com interfaces multimodais aplicadas aos quatro elementos de uma aplicação colaborativa: comunicação, colaboração, coordenação e regulação. Contempla a avaliação em três etapas: planejamento, execução e análise e relatório.

- “Developing and evaluating Web multimodal interfaces - a case study with Usability Principles”: o artigo descreve uma abordagem para facilitar o projeto de interfaces web multimodais com o objetivo de melhorar tanto a usabilidade quanto a experiência do usuário. Uma proposta de avaliação de usabilidade é apresentada, baseada em avaliação heurística e considerando o padrão de interface multimodal.
- “Usability Studies on Mobile User Interface Design Patterns: A Systematic Literature Review”: este artigo fornece uma revisão sistemática da literatura sobre estudos existentes a respeito de padrões de design para interface de dispositivos móveis, com intuito de fornecer uma visão geral de estudos recentes sobre o assunto e uma análise sobre os tópicos e áreas com informações insuficientes para desenvolvimento de trabalhos futuros.

2.5 Análise e conclusões parciais

Smartphones estão cada vez mais presentes no dia a dia da população, inclusive no cotidiano de pessoas com deficiência, que representam cerca de um quarto da população mundial. Destas, cerca de 45 milhões são cegos, o que os tornam um público importante a focar no desenvolvimento de produtos e serviços. Tornar aplicativos e *smartphones* acessíveis tornou-se um pré-requisito para a maior parte das empresas nos dias de hoje, já que o custo para incluir acessibilidade em desenvolvimento de aplicativos desde o início do projeto é muito baixo. Já é sabido, também, que a inclusão de acessibilidade em produtos digitais aumenta a usabilidade, inclusive para pessoas que não têm deficiência.

Nesse contexto, empresas estão, cada dia mais, incluindo assistentes virtuais para auxiliar na resolução de problemas com seus clientes. Mas será que essas interfaces estão sendo projetadas levando-se em conta a acessibilidade? Como esses usuários interagem com os chatbots? Quais suas maiores dificuldades? Por meio dessas perguntas, que deverão ser respondidas no decorrer desta pesquisa, a revisão sistemática da literatura foi realizada.

Na busca pelo estado da arte, não foram encontrados artigos e/ou livros específicos sobre acessibilidade em Chatbots. Por se tratar de um tema muito novo e pouquíssimo

abordado, não foram encontrados estudos acadêmicos sobre o assunto. Isso reforça a necessidade de se iniciar uma pesquisa sobre acessibilidade em interfaces conversacionais de maneira geral. A literatura encontrada sobre chatbots e interfaces conversacionais foi incluída na revisão pela relevância dos textos para estudos futuros.

Na segunda fase da pesquisa do estado da arte, foram incluídas novas palavras-chaves e geradas novas *strings* de busca, com intuito de complementar a pesquisa preliminar. Nessa busca, foram encontradas diversas abordagens de avaliação utilizando heurísticas, requisitos e recomendações, sejam elas clássicas ou adaptações, para identificar problemas de usabilidade e de acessibilidade de interfaces gráficas.

A interação com uma interface multimodal pode oferecer uma experiência nova, especialmente para direcionar o seu uso a usuários cegos. Assim, considerando o paradigma de interação de chatbots como sendo multimodal, pois pode incluir texto, voz e gestos, as avaliações de usabilidade nesse contexto foram consideradas de suma importância para o desenvolvimento dessa pesquisa.

No que concerne a métodos de avaliação, a avaliação heurística ainda é um dos métodos de validação de interfaces mais utilizados, seja com base em heurísticas clássicas, como as de Nielsen, ou com a criação de um novo conjunto de heurísticas que atendam ao modo de interação de determinado tipo de interface.

O ponto mais notável sobre a revisão realizada foi a diversidade de pesquisas relacionadas ao desenvolvimento de heurísticas de usabilidade para domínios específicos. A análise de diferentes estudos fornece uma visão geral de várias abordagens para a criação de heurísticas de usabilidade e apresenta as metodologias utilizadas. Um dos estudos (Realpe, 2016) traz grande contribuição ao estudar um conjunto de 153 heurísticas e propor uma padronização delas por meio de sentenças interrogativas.

Outro estudo (Vilar, 2013) apresenta um conjunto de heurísticas de usabilidade para interfaces multimodais gerado a partir de outros conjuntos de heurísticas clássicas.

Por meio de um estudo comparativo com heurísticas de Nielsen, prova-se que é possível utilizá-las como método de avaliação de interfaces multimodais. Esse estudo em particular será útil no desenvolvimento desta pesquisa por utilizar um conjunto de heurísticas específicas para interfaces multimodais que foi testado e validado como eficaz na avaliação destas interfaces.

No que concerne à acessibilidade, vários artigos abordam a avaliação heurística e por meio de diretrizes de acessibilidade como uma forma muito eficiente de averiguar o grau de acessibilidade de interfaces. As interfaces multimodais mostraram-se extremamente valiosas no uso por pessoas com deficiência, por possuírem diversas formas de interação, sejam por voz, texto ou gestos.

Um dos estudos realizou a avaliação por meio uma abordagem multimodal de interação e, quando deslocadas as informações semânticas do canal auditivo para o tátil, foi observada uma melhora significativa no término de atividades se relacionado ao uso apenas do leitor de tela. Outro estudo consegue avaliar o nível de acessibilidade de uma plataforma de cursos online por meio de três diferentes métodos de avaliação: teste de usabilidade, checagem automática de acessibilidade e avaliação heurística.

No campo de interfaces conversacionais, alguns estudos mostram a eficácia no uso de robôs e inteligência artificial, além de procurarem observar como eles interagem com os usuários, produzem linguagem e controlam comportamentos conversacionais.

Todos esses estudos corroboram com a intenção de realizar uma avaliação da usabilidade e acessibilidade dos assistentes virtuais, com o objetivo de investigar o grau de acessibilidade dessas interfaces, partindo da hipótese de que essas aplicações podem tornar o cotidiano de pessoas com deficiência melhor, auxiliando-as em ações rotineiras do smartphone de forma a torna-las mais fáceis e eficientes.

Tendo em vista os resultados da revisão sistemática da literatura, no próximo capítulo nos aprofundaremos um pouco nas disciplinas e temas que permeiam a interação de pessoas cegas com *smartphones*, as interfaces conversacionais, acessibilidade e usabilidade.

Com a intenção de preencher essa lacuna nas pesquisas sobre acessibilidade e como direcionamentos futuros para a pesquisa, pretende-se realizar um aprofundamento sobre o nível de maturidade da interação dos usuários com essas interfaces e sobre o quanto elas são acessíveis, por meio de avaliações de usabilidade e de acessibilidade, bem como de testes com usuários cegos.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo, após ser realizado o mapeamento do estado da arte, será mostrada a base teórica na qual está fundamentada a pesquisa. Essa fundamentação iniciará abordando as interfaces conversacionais, seu histórico e a interação humana com esses sistemas. Em seguida, será abordado o design de interação bem como as primeiras menções à usabilidade e experiência do usuário. Será falado também sobre princípios de design de interação. No tópico seguinte, será tratada a questão da acessibilidade: conceitos, pessoas com deficiência visual e interação das pessoas cegas com dispositivos móveis, finalizando com os conceitos e princípios do design universal. Por fim, serão expostos os conceitos de usabilidade, métodos de inspeção de usabilidade e heurísticas de usabilidade.

3.1 Interfaces Conversacionais

Interface conversacional é qualquer interface que ocorre em forma de conversa entre um humano e um sistema. Essas interfaces permitem que o usuário interaja com dispositivos inteligentes (que podem ser desde bate-papos com robôs até objetos que respondem por voz às perguntas dos usuários) utilizando linguagem falada. Ao invés dessa comunicação se dar com um computador com seus termos não-humanos, com comandos específicos de sintaxe, ela é fluida, como se fosse uma conversa real entre duas pessoas.

Por muito tempo, as interfaces conversacionais eram apenas uma visão de futuro de pesquisadores em tecnologia da fala e inteligência artificial. A partir do século XVIII, várias tentativas foram feitas com intuito de desenvolver máquinas capazes de imitar a fala humana, até surgir a primeira máquina capaz de reconhecer os dígitos isolados, em 1952, nos laboratórios (Juang, Rabiner, 2005).

"Desde meados da década de 1950, pesquisadores em inteligência artificial (IA) enfrentam o desafio de criar computadores capazes de comportamentos inteligentes. A IA passou por ciclos de euforia e rejeição com alguns sucessos iniciais seguidos por algumas falhas espetaculares" (Mc Tear et al., 2016, p. 16)

A partir daí, rapidamente a tecnologia de reconhecimento de fala progrediu, de um simples sistema capaz de responder a um conjunto pequeno de palavras a sistemas altamente sofisticados como as interfaces conversacionais atuais, onde é possível ter uma conversa fluida.

Muitos avanços tecnológicos contribuíram para o aumento do número de interfaces conversacionais, além da crescente aceitação dos usuários no uso dessas interfaces. Os assistentes virtuais são a prova disso, pois se propõem a auxiliar as pessoas em tarefas do cotidiano, como saber a temperatura ou agendar um compromisso. Mc Tear et al. (2016) afirmam que muitos desses assistentes virtuais ajudam os usuários a executar várias tarefas em seus *smartphones*, como obter informações usando a pesquisa por voz ou texto, encontrar restaurantes locais, obter rotas, definir o alarme, atualizar o calendário e participar de conversas gerais.

Chatbot (chat = conversa, bate-papo; bot = abreviação de *robot* – robô), também conhecido como "*chatterbot*", é um serviço criado através de linguagens de programação, escrito para conduzir uma conversa com um humano por meio de uma interface gráfica. Em linhas gerais, é um tipo de assistente virtual que funciona por intermédio interação com texto ou voz. São criados com as mais diversas razões, variando de funcional a divertido. Os chatbots simulam conversas reais, nas quais o usuário insere algum texto ou faz uma solicitação verbal e o chatbot retorna uma resposta.

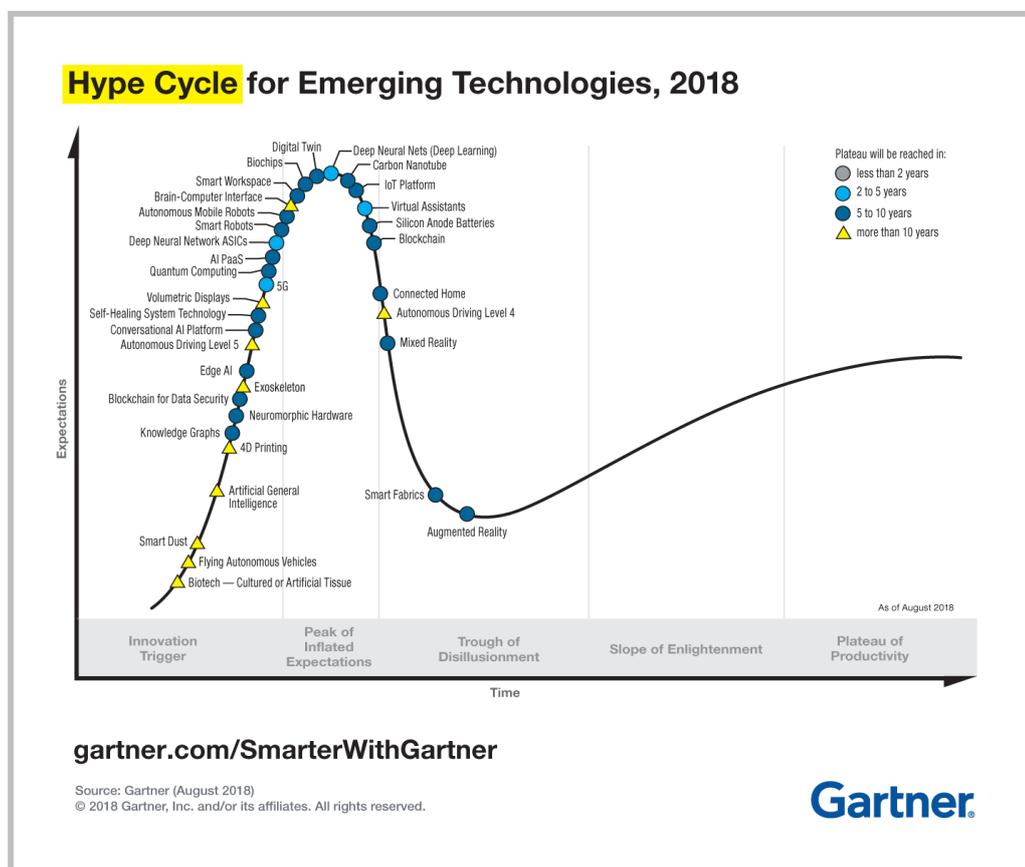
Os chatbots vêm ganhando popularidade desde 2015, especialmente após a integração com o *messenger* do Facebook e Slack, por exemplo, que permitem a criação de chatbots de forma muito mais rápida. Assistentes Virtuais são um tipo de chatbot em que a interação do usuário com o sistema se dá por meio de voz.

Os assistentes virtuais são uma solução muito útil, por exemplo, para ajudar a resolver problemas de consumidores com seus produtos e/ou serviços. Ao invés do usuário buscar respostas para seus problemas em um site ou por telefone, o assistente auxilia o consumidor a resolvê-los mais rapidamente através de voz ou texto. Os chatbots também podem ajudar a resolver problemas em áreas que não acompanharam o progresso tecnológico, como educação, saúde e bancos.

A grande vantagem dos chatbots no mundo atual é que as pessoas, de fato, estão passando mais tempo enviando mensagens de texto e voz e menos navegando em sites. Alguns exemplos de chatbots: que fornecem previsão do tempo, que fazem compras no supermercado, que atualizam os usuários com as notícias do dia, que dão dicas de organização de finanças pessoais e até de terapia online! As possibilidades dentro dessa tecnologia são infinitas e a intenção principal é ajudar o usuário a resolver um problema ou ter acesso a alguma informação de forma rápida e intuitiva.

O Hype Cycle para Tecnologias Emergentes, de 2018, mostra os assistentes virtuais no pico das expectativas e com previsão de atingir o platô de produtividade entre 2 e 5 anos, ou seja, entre 2020 e 2023 (ver figura 01). A Gartner aponta esse crescimento devido à democratização da Inteligência Artificial. A inteligência artificial é hoje uma das classes de tecnologias mais disruptivas e a mudança mais notável será sua disponibilidade para as massas.

Figura 1 - Hype Cycle for Emerging Technologies, 2018



Fonte: [gartner.com/SmarterWithGartner](https://www.gartner.com/SmarterWithGartner)

3.1.1 Contextualização Histórica

O sonho de criar máquinas que mimetizam humanos tem fascinado a humanidade há muito tempo. Uma das primeiras descrições de autômatos humanoides foi encontrada em um texto escrito na China do Século III antes de Cristo e relata o encontro entre o rei Mu da dinastia de Zhou (1023-957 a.C) e um engenheiro mecânico chamado Yan Shi. O engenheiro mostra ao rei sua invenção: uma forma humana em tamanho real, feita de couro, madeira e com órgãos artificiais, capaz de movimentar-se e cantar. Em 1495, Leonardo da Vinci construiu o que foi considerado o primeiro robô humanoide, representado por um guerreiro e com capacidade de ficar de pé, caminhar, abrir e fechar a boca e levantar os braços (Needham, 1991, Wikipedia, 2018)

A partir da segunda metade do século XVIII, tentativas de desenvolver máquinas que fossem capazes de imitar a fala humana tiveram início. Essas máquinas eram capazes de produzir sons humanos usando tubos de ressonância conectados a tubos de órgão ou implantar ressoadores controlados manualmente feitos de couro (Juang, Rabiner, 2005). Ainda segundo os autores, a primeira máquina capaz de reconhecer os dígitos isolados foi desenvolvida em 1952 nos laboratórios Bell. Desde então, a tecnologia de reconhecimento de fala progrediu rapidamente de uma simples máquina que responde a um conjunto reduzido de palavras para sistemas sofisticados, como interfaces de conversação capazes de se comunicar fluentemente em linguagem natural falada (NFL).

Segundo Mc Tear et al. (2016), os chatbots têm origem com um sistema desenvolvido por Joseph Weizenbaum (1966) chamado ELIZA (ver figura 02), que simula um terapeuta com uma conversa bastante convincente. É considerado o primeiro chatbot e inspirou toda uma geração de desenvolvedores dessas interfaces conversacionais desde então. “ELIZA simulava conversas através de textos pré-configurados para serem acionados por inputs de texto específicos. Se isso soa familiar é porque é a mesma estrutura que a maioria dos chatbots de hoje utilizam” (Muldowney, 2017, p. 7). ELIZA ganhou notoriedade por sua habilidade de "enganar" os usuários para que

eles acreditassem ter uma conversa real com outro humano. Além disso, foi considerada por alguns como o primeiro programa a passar no Teste de Turing².

Figura 2 - Tela com diálogo de ELIZA e seu “paciente”

```

=====
EEEEEEEE L      IIIIII  ZZZZZZZ  AAA
E         L      I        Z        A  A
E         L      I        Z        A  A
EEEEEE   L      I        Z        A  A
E         L      I        Z        AAAAAA
E         L      I        Z        A  A
EEEEEEEE LLLLLLL IIIIII  ZZZZZZ  A  A
=====
ELIZA > (PLEASE TYPE IN ALL CAPS) WHAT'S YOUR NAME DEAR ?
AMIT
ELIZA > HI, I'M ELIZA. WHAT DO YOU WANT TO TALK ABOUT ?
AMIT > CAN I TALK ABOUT MY PROBLEM ?
ELIZA > SURE... !
AMIT > DUE TO ON GOING EXAMS IN COLLEGE, I HAVE A LOT OF STRESS.
ELIZA > PLEASE RELAX A LITTLE. SLEEP WELL.
AMIT > THANKS FOR YOUR ADVICE.
ELIZA > NO MENTION.
AMIT > BYE
ELIZA > BYE AND KEEP IN TOUCH...
=====

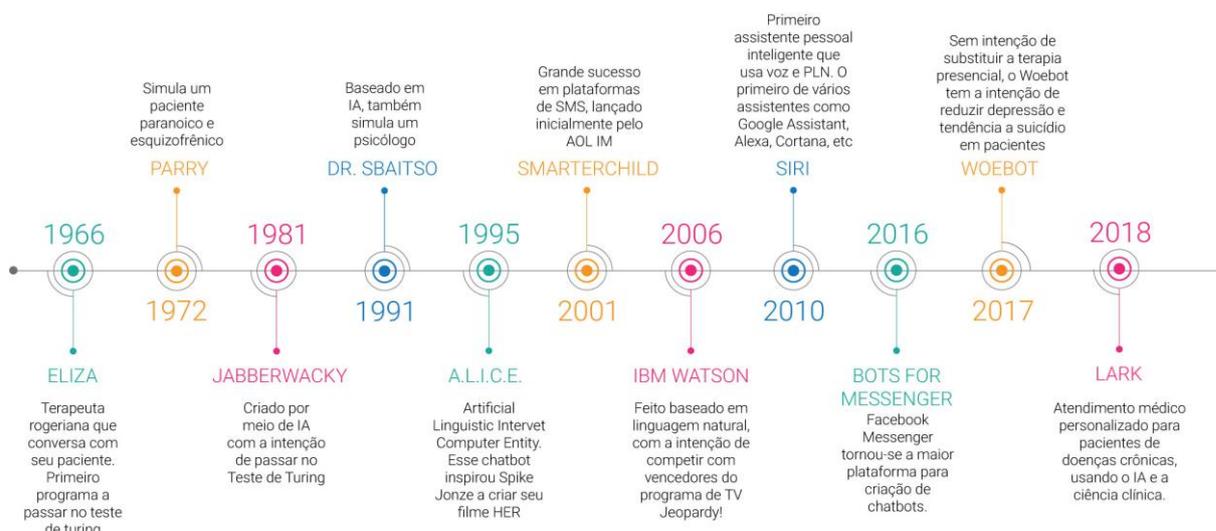
```

Fonte: planet-source-code.com

Para Epstein (2009), de fato, em certos aspectos, as interfaces conversacionais baseadas em texto tiveram pouco progresso desde ELIZA. Porém, devido aos vários avanços tecnológicos e ao domínio da internet na vida das pessoas, seu impacto na raça humana será muito maior e mais imediato do que qualquer especialista poderia ter previsto há algumas décadas. A figura 03 mostra uma linha do tempo de evolução dos chatbots com os marcos mais importantes:

² O Teste de Turing é uma avaliação criada por Alan Turing, conhecido como o pai da computação. Desenvolvido em 1950, o teste consiste em observar a capacidade de uma máquina ou software em exibir um comportamento inteligente, equivalente ao de um ser humano. O teste é utilizado por diversos sistemas que utilizam inteligência artificial e faz parte do conceito fundamental da filosofia da AI (Artificial Intelligence).

Figura 3 - Timeline de evolução dos chatbots



Fonte: A Autora, adaptado de <https://www.smartsheet.com/artificial-intelligence-chatbots>, 2019.

O termo chatbot surgiu com o sistema CHATTERBOT, um personagem de um jogo *multi-user dungeon*³ (Mauldin, 1994) cuja função era responder às perguntas dos jogadores sobre a navegação do jogo através de um calabouço e objetos disponíveis no mundo do jogo. O sistema simulava habilidades de conversação por meio de regras simples e alguns truques inovadores, "enganando" com sucesso os outros jogadores, fazendo-os crer que estavam conversando com outro usuário. (Klüwer, 2011).

Em meados da década de 1990, outras versões de chatbot começaram a surgir. Um exemplo é o ask.com, que à época chamava-se Ask Jeeves. Em uma plataforma de busca, o sistema sugeria que o usuário perguntasse o que desejasse saber. Foi o início de sistemas de busca tais como conhecemos hoje. Ask Jeeves utilizava PLN, Processamento de Linguagem Natural, com intuito de deixar a busca por respostas mais fluida e natural. Infelizmente, a solução do Ask Jeeves foi suplantada pelas inúmeras plataformas de busca que utilizamos hoje, tais como Google ou Bing.

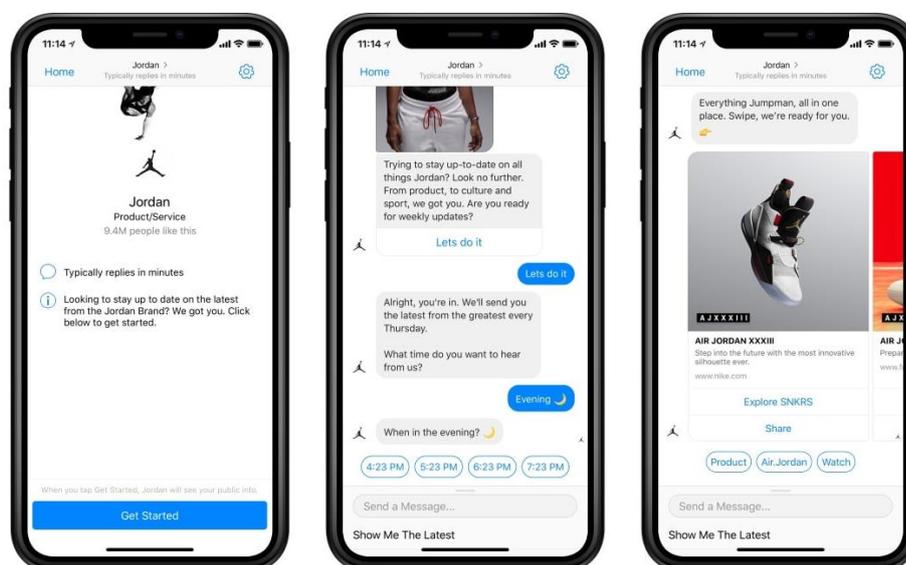
O serviço de atendimento ao cliente provou ser um terreno fértil para os chatbots; muitos negócios e serviços se distanciaram do uso de *call centers* e, em vez disso, estão solicitando que os chatbots respondam e direcionem as perguntas comuns dos clientes.

³ Multi-User Dungeon, ou MUD, é um RPG para múltiplos jogadores jogado online através de BBS ou Internet.

Chatbots estão sendo usados cada vez mais em áreas como educação, informações recuperação, negócios e comércio eletrônico, por exemplo, como assistentes online automatizados para complementar ou até mesmo substituir o serviço prestado por humanos em um *call center*. (Mc Tear et al, 2016, p. 16)

Desde meados de 2017, os downloads de aplicativos decresceram sensivelmente, criando para as empresas a necessidade de encontrar um novo canal de serviços digitais para seus consumidores. Assim, surgiram diversos chatbots nas plataformas do Facebook Messenger ou Slack, por exemplo, como uma solução para essa necessidade. Um exemplo claro é o do Uber, plataforma de transporte de motoristas particulares. O usuário hoje pode, através de um chatbot, solicitar um Uber, acompanhar o trajeto do carro e até pagar pela corrida sem sair de suas conversas no Messenger, Telegram ou Slack (ver figura 03). “Esse tipo de mídia costuma ser chamado de 'comércio conversacional'. Em vez de um processo de compra estático, os usuários interagem e fazem compras em uma fluida conversa digital” (Muldowney, 2017, p. 9)

Figura 4 - Exemplo de um chatbot no Facebook Messenger, o Jordan Brand Messenger bot, da Nike



Fonte: adweek.com

O futuro é extremamente promissor para os chatbots. Os canais de mensagem estão adotando os chatbots e provendo-os com capacidades técnicas avançadas. As marcas estão cada vez mais abertas às vantagens que essa tecnologia tem a oferecer.

Hoje, já existem plataformas como o SnatchBot e o Chatfuel, que tornam possível para qualquer pessoa a criação de um chatbot.

3.1.2 *Voice User Interface (VUI)*

Voice user interfaces (VUI) ou interfaces de usuário por voz podem ser interfaces visuais, auditivas e táteis (ou uma combinação desses modos de interação) que permitem a interação por voz entre pessoas e dispositivos. Uma VUI pode ser desde um objeto que emite uma luz que pisca quando ouve a voz do usuário até o painel digital de um automóvel. Uma VUI não precisa necessariamente ter uma interface visual - ela pode ser completamente auditiva ou tátil (utilizando vibração, por exemplo).

Em alguns casos, as VUIs são recursos opcionais de interfaces gráficas de usuário - por exemplo, para pesquisar filmes na TV. Em outros, as VUIs são a principal ou única maneira de interagir com um produto, como os assistentes domésticos inteligentes Amazon Echo Dot ou Google Home, que têm formato de caixa de som ou alto-falante e não possuem interface gráfica.

O Siri da Apple, o Google Assistant e o Bixby, da Samsung são chatbots ou assistentes virtuais cujas VUIs coexistem com uma interface gráfica de usuário (GUI), no caso, os próprios dispositivos. Em um sistema ou produto digital, pode-se usar a interação por voz para tornar a interação com as interfaces gráficas existentes mais conveniente e mais acessível para o usuário.

3.1.3 Interação com chatbots

A maior parte dos chatbots interage com o usuário por meio de textos, porém tem sido prática corrente a utilização de botões e menus, antecipando as decisões do usuário e agilizando a conversa. Também podem-se incluir avatares e respostas empáticas para dotar o chatbot de uma personalidade mais humana.

Chatbots são interfaces conversacionais alimentadas por regras ou por inteligência artificial. Há diferenças entre esses dois tipos de interfaces.

As alimentadas por regras têm as seguintes características:

- são mais limitadas e só respondem a comandos específicos;
- seguem fluxos de navegação bem definidos;
- se o usuário diz algo errado, o sistema não saberá interpretar;
- são tão inteligentes quanto foram programadas para ser.

As alimentadas por Inteligência Artificial têm as seguintes características:

- Este sistema dispõe de um “cérebro artificial”, ou seja, o usuário não precisa ser extremamente específico no que está dizendo, pois o bot aprende e entende linguagem natural, não apenas comandos;
- Chatbot aprende e fica mais inteligente com o tempo, através de outras conversas com usuários.

A partir desse cenário, colocam-se algumas questões pertinentes quanto à interação de usuários cegos com essas interfaces conversacionais. Como os usuários cegos interagem com essas interfaces? Designers e desenvolvedores incluem acessibilidade em seus projetos?

A importância desta pesquisa está em investigar o quão acessíveis essas interfaces conversacionais são. Além disso, a pesquisa terá um impacto social, na medida em que poderá melhorar a usabilidade desses sistemas, a fim de torná-los não somente acessíveis, mas também melhores para o público em geral.

Para aprofundar um pouco mais o tópico da interação com artefatos digitais, será abordada, a seguir, uma conceituação de design de interação e as metas de usabilidade e experiência do usuário.

3.2 Design de Interação

Design como projeto é uma atividade humana que existe desde os tempos mais primórdios e que evoluiu ao longo dos séculos. Nessa evolução, passamos da concretude ao intangível. Se nossos ancestrais construíram instrumentos de pedra, hoje somos capazes de projetar softwares e aplicativos de celular. O desenvolvimento

dos artefatos criados por seres humanos, dos instrumentos de pedra às complexas interfaces contemporâneas, acompanhou a evolução do design de interação.

Preece et al. (2013, p. 8) definem design de interação como o ato de “projetar produtos interativos para apoiar o modo como as pessoas se comunicam e interagem em seu cotidiano, seja em casa ou no trabalho”. O design de interação ainda permite “criar experiências que melhorem e ampliem a maneira como as pessoas trabalham, se comunicam e interagem” (Preece et al., 2013 p. 8). Já Winogard (1997, p. 160) descreve o design de interação como “o projeto de espaços para comunicação e interação humana”.

O design de interação é como um termo "guarda-chuva", que abarca diversos conceitos, como design de experiência do usuário, design de interface do usuário, projeto de software, projeto de aplicações móveis, design centrado no usuário, design de produtos e design de sistemas interativos. Ou seja, na prática, o design de interação tem como foco criar experiências do usuário, envolvendo métodos, técnicas e frameworks.

Além disso, o design de interação abarca uma visão ampla, que aborda teoria, pesquisa e prática de design. "Designers precisam saber muitas coisas diferentes sobre os usuários, as tecnologias e as interações entre eles, a fim de criarem experiências de usuário eficazes" (Preece et al., 2013, p. 10). O foco do designer vai além do produto em desenvolvimento, incluindo a maneira como os usuários interagirão com ele.

A experiência do usuário é a base do design de interação, pois leva em consideração como um produto se comporta e como é usado. Todo produto que é usado por pessoas envolve uma experiência, e esta diz respeito aos sentimentos que elas têm ao usá-lo. Isso envolve cheiro, textura, formato, sons. Os aspectos mais importantes da experiência do usuário são "a usabilidade, a funcionalidade, a estética, o conteúdo, o *look and feel* e os apelos sensorial e emocional" (Preece et al., 2013, p. 14).

No processo de entendimento do usuário, é fundamental ter claros os objetivos do artefato que está sendo projetado. Para ajudar a identificá-los, é importante classificá-

los segundo metas de usabilidade e de experiência do usuário. Esses objetivos muitas vezes se confundem e se complementam, pois um influencia diretamente o outro.

3.2.1 Experiência do usuário

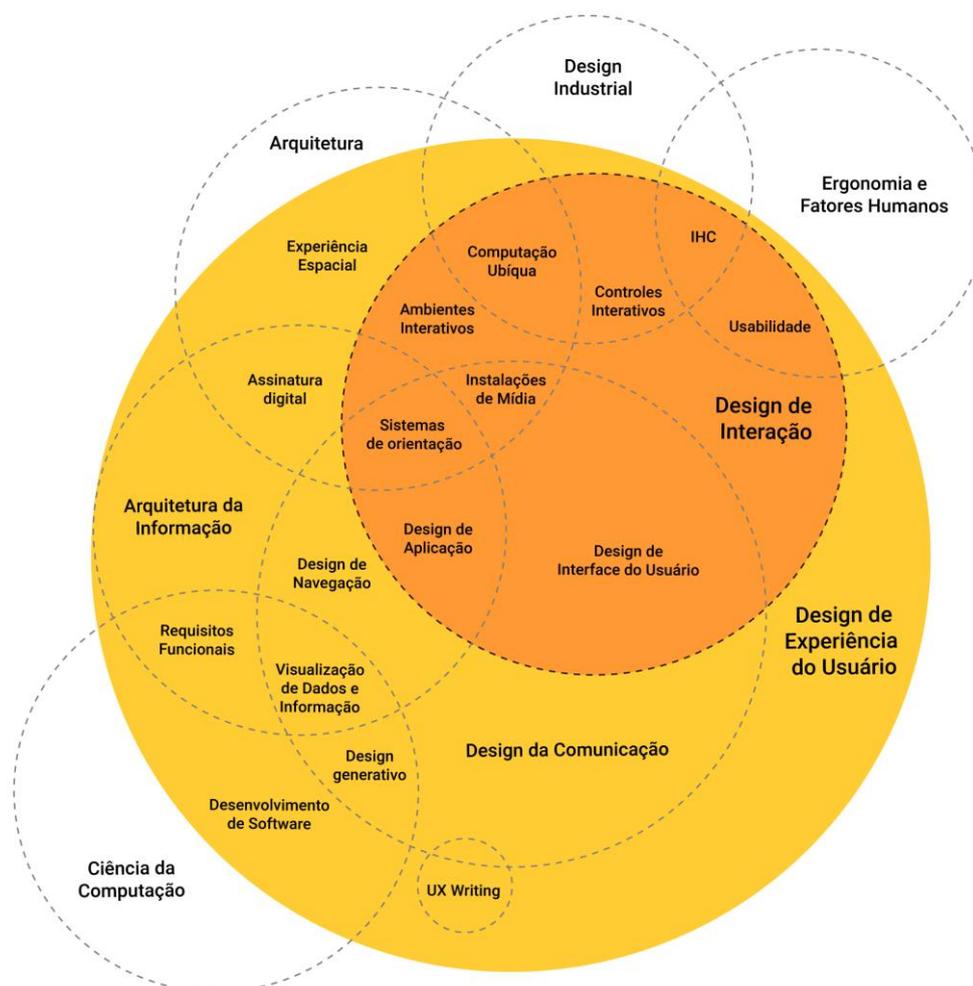
O termo "design de interação" é muitas vezes confundido com "design de experiência do usuário". Na realidade, o design de interação é uma parte do design de experiência do usuário. "O design de experiência de usuário implica moldar a experiência do uso de um produto, e grande parte dessa experiência envolve a interação necessária entre o usuário e o produto." (Lowgren, 2013). O design de experiência do usuário (ou UX Design) não se preocupa apenas com os elementos interativos, mas também com a forma como os usuários veem e sentem os elementos de interação. Isso envolve pensar no contexto de uso, necessidades do usuário, além da própria usabilidade do produto. Em contrapartida, o design de interação foca no uso e em como essa experiência interativa pode ser a melhor possível.

O design de experiência do usuário concentra-se na experiência geral entre um usuário e um produto. "Distingo três níveis diferentes ao projetar uma experiência através da interação com um objeto: o nível 'Por que', 'O que' e 'Como'. (Hassenzahl, 2013). O 'quê' aborda as coisas que as pessoas podem fazer por meio de um produto interativo, sempre relacionados às funcionalidades do produto: fazer uma ligação, enviar uma mensagem, ouvir música. O 'como' é a forma como essa ação será realizada e seu contexto de uso: como tornar a funcionalidade do produto acessível de uma maneira esteticamente agradável. E, por fim, o 'por quê', que é a motivação real das pessoas para usarem um produto.

A experiência começa com o "por quê" e tenta esclarecer as necessidades e emoções envolvidas em uma atividade, o significado e a experiência. Somente então, é determinada a funcionalidade capaz de fornecer a experiência (o quê) e uma maneira apropriada de colocar a funcionalidade em ação (o como). (Hassenzahl, 2013).

Isso faz com que projetemos produtos sensíveis às particularidades da experiência humana e capazes de contar histórias através de seu uso ou consumo.

Figura 5 - As disciplinas do Design de Interação



Fonte: Adaptado de envis-precisely.com

3.2.2 Metas da experiência do usuário

Existe uma diversidade enorme de metas de experiência do usuário que são exploradas no universo do design de interação, abrangendo uma grande variedade de experiências emocionais e sensoriais. Esses aspectos são um tanto quanto subjetivos pois, com eles, busca-se entender como um sistema é sentido pelo usuário.

O principal objetivo de desenvolver produtos e sistemas que sejam satisfatórios, agradáveis e motivadores está na experiência que o usuário terá ao interagir com eles. Isso significa explicar ao usuário a natureza da experiência em termos subjetivos.

O processo de seleção de termos que melhor transmitam os sentimentos de um usuário, seu bem-estar, emoções, sensações e assim por diante, quando utiliza ou interage com um produto em um determinado tempo e lugar, pode ajudar designers a compreenderem a natureza multifacetada e em constante mudança da experiência do usuário. (Preece et al., 2013, p. 23)

É fundamental entender que existe um equilíbrio entre as metas de usabilidade e as decorrentes da experiência do usuário, pois isso é que vai permitir ao designer de interação identificar quais combinações dessas metas podem ser utilizadas, levando em consideração as necessidades do usuário em determinado projeto. Nem todas as metas são compatíveis com todos os projetos, tudo vai depender do contexto de uso, da tarefa realizada e de qual é o público alvo do produto ou serviço.

3.2.3 Princípios de Design de Interação

Os princípios de design são derivados de uma mistura de conhecimentos baseados em teoria, prática, experiência e bom senso. Eles auxiliam os designers a refletir, explicar e melhorar seus projetos de experiência do usuário.

São abstrações generalizáveis destinadas a orientar designers a pensarem sobre aspectos diferentes de seus designs. (...) no entanto, não têm a intenção de especificar como realizar o design de uma interface real (..), mas agem mais como um conjunto de itens que devem ser lembrados, garantindo que determinadas características foram acrescentadas à interface. (Preece et al. 2013, p. 25)

Existem várias teorias relativas a princípios de design de interação. Grande parte desses estudos refere-se a determinar o que os designers devem ter em mente quando criam um sistema interativo.

Norman (2006) definiu princípios de design de interação “para assegurar que (1) o usuário pode descobrir o que fazer e (2) que tenha condições de saber o que está acontecendo” e descreve-os assim:

- **Visibilidade:** quanto mais visíveis as funções, mais os usuários saberão como proceder;
- **Feedback:** relacionado ao conceito de visibilidade, refere-se ao retorno das informações a respeito de que ação foi feita e do que foi realizado;

- Restrições: refere-se à determinação das formas de delimitar o tipo de interação que pode ocorrer em certo momento;
- Mapeamento: refere-se à relação entre os controles e seus efeitos;
- Consistência: diz respeito a Interfaces que tenham operações semelhantes, com elementos semelhantes para a realização de tarefas similares;
- *Affordance*: refere-se ao atributo de um objeto que permite às pessoas saberem como utilizá-lo. São elementos que falam por si como o usuário deve interagir com eles.

Norman (2006) menciona frequentemente o princípio da simplicidade, que consiste em analisar todos os elementos de uma interface e avaliar se ela funciona sem o uso de alguns desses elementos. Se, ao removê-los, o usuário ainda assim consegue utilizar o sistema, esses elementos não são essenciais. Cabe ao designer avaliar se a interação pode sofrer uma ruptura com aquela remoção.

A compreensão da relação entre usuários e produtos interativos deve focar em vários fatores interdependentes, como contexto de uso, tipos de atividades realizadas, acessibilidade, diferenças culturais e grupos de usuários. Entender o usuário para o qual a interface está sendo projetada é a peça chave para o sucesso de um produto interativo. Assim, no próximo tópico, serão tratadas questões de acessibilidade para o entendimento das limitações desses usuários na interação com dispositivos móveis e os desafios que os designers têm ao projetar interfaces acessíveis.

3.3 Acessibilidade

Segundo dados do IBGE, existem no Brasil cerca de 45 milhões de pessoas com algum tipo de deficiência. Isso equivale a 23,9% da população brasileira. Apesar de ser um número bastante elevado de indivíduos, essas pessoas não vivem em uma sociedade adaptada e o poder público não promove políticas de acessibilidade, opções de lazer e turismo que atendam às necessidades deste grupo de pessoas.

“Acessibilidade se refere ao grau em que um produto interativo é acessível para tantas pessoas quanto possível. O foco está em pessoas com deficiência” (Preece et al. 2013, p. 16). Segundo Lida (2016, p. 699) “pessoas com deficiência são aquelas que

apresentam algum tipo de limitação funcional ou cognitiva, não podendo exercer plenamente as aptidões físicas e/ou mentais, temporária ou permanentemente". Ou seja, essas limitações físicas ou cognitivas causam um efeito adverso diretamente na sua capacidade de realizar atividades simples do dia a dia. Atividades que são consideradas normais para a maior parte das pessoas tornam-se difíceis para pessoas nessas condições, tornando-as, muitas vezes, incapacitadas para resolver problemas simples do cotidiano.

A Lei número 7.853 (24/10/89), regulamentada pelo Decreto número 3.298 de dezembro de 1999, conhecida como "Lei das Cotas", institui uma política de integração das pessoas com deficiência na sociedade e no trabalho. O decreto estabelece um percentual mínimo de pessoas com deficiência de acordo com a quantidade de funcionários que a empresa tem. Infelizmente, poucas empresas cumprem a lei das cotas por diversos motivos, seja pelo baixo nível de capacitação da pessoa com deficiência, por baixa escolaridade ou por não termos escolas preparadas para receber pessoas com necessidades específicas. Por outro lado, as empresas também têm desconhecimento das potencialidades por não serem capazes de avaliar tecnicamente as pessoas com deficiência, além do espaço físico, equipamentos e materiais não estarem adaptados para receber essas pessoas.

Pessoas com deficiência não devem ser comparadas com pessoas sem deficiência ou com algum tipo de deficiência transitória. Segundo Lida, as pessoas que nascem ou adquirem alguma limitação desde cedo acabam desenvolvendo outras habilidades pelo mecanismo da compensação.

"Os surdos podem ter aguçada a percepção visual, e os cegos desenvolvem capacidade de concentrar-se nas sensações táteis, auditivas, sinestésicas. (...) uma pessoa considerada deficiente em uma certa característica (por exemplo, visão) poderá ter um bom desempenho em outras características (audição, memória)." (Lida, 2016, p. 700)

Quando se fala em acessibilidade, também deve-se pensar nas pessoas com deficiências transitórias, como no caso de pessoas acidentadas, das quais foi subtraída alguma habilidade. É algo muito amplo e que pode envolver todas as pessoas em algum momento da vida. É o caso, por exemplo, dos idosos, que, apesar

de não necessariamente serem pessoas com deficiência, vão perdendo gradativamente suas capacidades físicas e cognitivas. Deve-se considerar que a proporção de idosos no mundo tende a aumentar com o envelhecimento populacional na maioria dos países, inclusive o Brasil.

“Estima-se que cerca de 37% da população de idosos acima dos 65 anos apresente alguma debilidade séria, e essa proporção cresce para 58% acima dos 80 anos.” (Vanderheiden e Jordan, 2012).

3.3.1 Pessoas com Deficiência Visual

No universo das pessoas com deficiência, os cegos são os que estão em maior proporção no mundo. Dados da OMS indicam que cerca de 45 milhões de pessoas no mundo têm deficiência visual e esse número tende a chegar a 75 milhões de cegos e 225 milhões com baixa visão até 2020. No Brasil, 35.774.392 pessoas, ou seja, quase 19% da população, têm deficiência visual, sendo que 18,3% desses têm deficiência visual severa.

No universo das pessoas com deficiência visual, existem os cegos e as pessoas com baixa visão. Cegos têm a capacidade visual nula, não podendo enxergar cores e formas; já na baixa visão essa capacidade é limitada. Dentro do universo das pessoas com baixa visão, existem os daltônicos, cujas limitações se dão de acordo com a percepção de algumas cores. O tipo mais comum de daltonismo é a deuteranopia, em que a capacidade de percepção da cor verde é limitada ou nula. O segundo tipo é a tritanopia, que é a dificuldade de enxergar a cor azul. O terceiro tipo é a protanopia, que limita a percepção da cor vermelha.

Como já foi dito anteriormente, os cegos acabam desenvolvendo habilidades para compensar a deficiência visual, como as capacidades auditivas e táteis. Assim, esses aspectos devem ser considerados ao se desenvolver produtos com enfoque em usuários cegos. É fundamental ter em mente as dificuldades das pessoas com limitação visual parcial ou total na interação com *smartphones* antes de desenvolver produtos para esses dispositivos. Recursos de acessibilidade existem para facilitar essa interação e quebrar quaisquer barreiras que esses usuários possam ter.

Diretrizes e padrões de acessibilidade muitas vezes focam no aspecto técnico da acessibilidade, deixando de lado os aspectos de interação humana e experiência do usuário. Isso pode ser evitado, ou ao menos minimizado, adotando-se uma definição mais ampla de acessibilidade como princípio orientador.

Em vez de se concentrar apenas nos aspectos técnicos da acessibilidade, é importante reconhecer que a usabilidade também é um aspecto importante da acessibilidade. Dirigir-se conscientemente à "acessibilidade utilizável" ajuda a esclarecer a diferença entre o que atende aos padrões mínimos de acessibilidade e o que é utilizável por pessoas com deficiências. (Henry, 2002)

Para pessoas com deficiência visual, a acessibilidade fica restrita apenas ao leitor de telas, sem considerar a usabilidade ou mesmo se o sistema foi projetado para pessoas cegas. A usabilidade, por outro lado, foca em garantir que um sistema seja utilizável por todos, mas sem necessariamente considerar pessoas com deficiências. O grande desafio é unir acessibilidade e usabilidade, provendo uma boa experiência de uso para todas as pessoas, incluindo aquelas com deficiência. Ou seja: indo além de apenas tornar um sistema acessível, tornando-o também usável, agradável e eficiente.

3.3.2 Interação das Pessoas com deficiência visual em *smartphones*

O leitor de tela é o principal recurso de acessibilidade utilizado no desenvolvimento de aplicativos para *smartphones*. Ele funciona de forma muito simples: quando o usuário interage com a aplicação, através de gestos específicos, o leitor de tela indica ao usuário que componente é aquele. Um toque no componente faz com que o leitor indique qual o elemento foi clicado, dois toques fazem com que a ação do componente seja executada.

Figura 6 - Um homem com deficiência visual liga para seus pais pelo celular em Kunming, província de Yunnan, no sudoeste da China



Fonte: China Daily.

No caso dos usuários com perda total de visão, a função auditiva é o recurso mais importante na interação, uma vez que eles costumam utilizar o smartphone próximo ao ouvido, ocasionando uma interação bastante distinta à dos usuários videntes. Existem algumas formas de navegação e exploração específicas das pessoas com limitações visuais com intuito de fazer a varredura da tela. Os gestos também são diferentes, conforme veremos nas tabelas⁴ 03 e 04 a seguir:

Tabela 3 - Exploração e navegação de usuários com deficiência visual

Navegação	Objetivo	Gestos	Perfil do Usuário
Deslizando o dedo	O usuário desliza o dedo por toda a tela com intuito inicial de explorá-la. A cada componente de tela, o leitor de tela irá informar ao usuário sobre as ações possíveis.	A exploração pode ser feita de 3 formas: - a partir das extremidades da tela - de cima para baixo, pelo centro; - após encontrar um componente, deslizando o dedo pelo	Usuários cegos

⁴ Tabelas adaptadas do Guia de Diretrizes para o Desenvolvimento de Aplicações Móveis Acessíveis, disponível em <http://www.sidi.org.br/guiadeacessibilidade/>

		entorno para mapear outros componentes.	
Tocando aleatoriamente	O usuário toca com o dedo na tela aleatoriamente, com objetivo de encontrar componentes familiares, como a barra de ferramentas ou componente com cores e tamanhos que sejam percebidos. É a principal forma de navegação das pessoas com baixa visão, mas usuários cegos mais experientes também usam esse método com objetivo de agilizar a interação.	O usuário toca na tela aleatoriamente, mais comumente na parte superior e inferior da tela	Usuários cegos e com baixa visão
Com gesto TAB	Passar pelos componentes da tela em sequência. É utilizada quando o usuário não tem a intenção de saber onde os componentes estão posicionados na tela, ou seja, não é utilizado como gesto de exploração.	O usuário desliza o dedo da esquerda para a direita e vice-versa (como se estivesse passando a página de um livro)	Usuários cegos e com baixa visão

Fonte: A Autora, 2019.

Tabela 4 - Gestos utilizados por usuários com deficiência visual

Gestos	Descrição	Objetivo	Perfil do Usuário
Gesto Tab em uma lista suspensa	O usuário desliza o dedo da esquerda para a direita e vice-versa para passar de item a item dentro da lista	Mostrar itens dentro de uma lista suspensa que não estão visíveis na interface; o leitor de tela só conseguirá ler o componente ao rolar a lista.	Usuários cegos
Rolagem da Tela	Tocar com os dois dedos na tela e deslizar para cima ou para baixo	Mostrar itens que não estão visíveis da tela	Usuários cegos e com baixa visão
Rolagem de tela em uma lista suspensa	Tocar com os dois dedos na tela e deslizar para cima ou para baixo em uma lista suspensa	Mostrar itens em uma lista suspensa que não estão visíveis da tela (o leitor de tela dá o <i>feedback</i> de que há	Usuários cegos e com baixa visão

		mais item a serem explorados)	
"L" invertido	Tocar na tela com um dedo e deslizar para baixo e para a esquerda (um "L" invertido)	Quando o usuário deseja voltar para a tela anterior ou cancelar uma ação que está sendo executada. É uma alternativa do aparelho ou do aplicativo ao botão "voltar". Também pode ser usado para fechar popups e o teclado.	Usuários cegos e com baixa visão

Fonte: A Autora, 2019.

3.3.3 Design Universal

Design universal diz respeito a princípios de design que estabelecem que um produto possa ser usado por todos, ou seja, que tenha características facilitadoras de seu uso para a maioria das pessoas, incluindo certas minorias. Existem muitas semelhanças entre o design universal e os princípios de usabilidade, como bem esclarece Lida (2016, p. 704):

Produtos com boa usabilidade melhoram a acessibilidade à maioria da população, e vice-versa. O que diferencia são as ênfases. Enquanto a usabilidade está preocupada com o uso adequado dos produtos, o projeto universal está preocupado em tornar esses produtos acessíveis à maioria da população.

Os sete princípios de design universal foram propostos pelo Center for Universal Design da Universidade da Carolina do Norte (NCSU, CUD, 1997) e podem ser aplicados tanto na avaliação quanto no desenvolvimento de produtos, sistemas ou ambientes.

P1: Uso equitativo

O projeto deve acomodar pessoas com diferentes habilidades individuais, de modo a:

- Provê o mesmo modo de uso para todos: idêntico, quando possível, ou equivalente quando não;
- Faz provisões quanto a privacidade, segurança e é igualmente seguro para todos;

- Evita a segregação ou estigma de qualquer usuário; evitar situações que segreguem ou estigmatizem qualquer usuário menos capaz;
- Faz o projeto ser mais atrativo para todos.

P2: Uso Flexível

O projeto se adequa a múltiplas preferências e habilidades individuais:

- Provê escolhas e formas de utilização;
- Permite o acesso para destros e canhotos;
- Facilita a precisão e a exatidão no uso,
- Promove adaptação às habilidades, forças, ritmos e preferências próprias de cada usuário;

P3: Uso simples e intuitivo

O projeto é compreensível independentemente da experiência, conhecimento, habilidades da linguagem ou nível de concentração:

- Elimina complexidades desnecessárias
- É consistente com as expectativas e intuição dos usuários;
- Acomoda uma ampla gama de habilidades linguísticas e literárias;
- Organiza a informação de forma consistente com a sua importância;
- Proporciona informação efetiva e pontual durante e depois da realização da tarefa.

P4: Informação perceptível

O projeto possui a informação necessária para seu uso, independente das condições ambientais e capacidades sensoriais dos usuários.

- Destaca informações importantes com o máximo de legibilidade;
- Emprega modalidades verbais, táteis ou pictóricas para redundante apresentação da informação essencial;
- Maximiza a legibilidade da informação essencial com uso de contrastes de cores e texturas;
- Diferencia elementos de modo que possam ser descritos (torna fácil e dá instruções ou direções)

- Fornece compatibilidade com uma série de técnicas e dispositivos usados por pessoas com limitações sensoriais.

P5: Tolerância ao erro

O projeto minimiza as consequências adversas de ações acidentais ou não intencionais.

- Organiza os elementos de modo a evitar erros: elementos mais usados devem ser mais acessíveis; elementos mais perigosos devem ser eliminados;
- Incluir funcionalidades importantes em destaque;
- Provê advertências rápidas quanto a erros e perigos;
- Permite fácil retorno ao estado anterior ou, no caso de sistemas digitais, o fácil acesso à tela inicial.

P6: Mínimo esforço físico

O projeto pode ser usado de maneira eficiente, cômoda, com um mínimo de fadiga.

- Permite ao usuário manter posição neutra do corpo;
- Utiliza uma força operacional razoável;
- Minimiza ações repetitivas;
- Minimiza a manutenção de esforços físicos.

P7: Baixo gasto energético

Proporciona espaço e dimensões tais que garantam a aproximação, alcance, manipulação e uso independentemente do tamanho, postura e mobilidade do usuário:

- Fornece uma clara linha de visão para os mais importantes elementos para usuários;
- Permite o alcance dos componentes de forma confortável;
- Acomoda variações de manipulação e pega;
- Provê adequado espaço para o uso de dispositivos de assistência ou ajuda pessoal.

No próximo tópico, será falado sobre usabilidade e alguns métodos de inspeção, como a avaliação heurística e avaliação por meio de requisitos. Em seguida, serão listadas

algumas heurísticas de usabilidade, que são princípios de usabilidade utilizados para avaliar e validar elementos de uma interface gráfica por meio de especialistas.

3.4 Usabilidade e Avaliação Heurística

Há algum tempo, era esperado dos consumidores que produtos com alta tecnologia fossem complexos de usar e a usabilidade fosse vista como um “bônus”. Hoje em dia, uma boa usabilidade é um aspecto fundamental no design de produtos e sistemas, algo porque os usuários esperam como parte da experiência de uso - e a falta dela ou uma má usabilidade é sempre vista com maus olhos. “Usabilidade é a chave para garantir o sucesso de um sistema.” (Markus, Keil, 1994).

Segundo Lida (2016), “usabilidade significa eficiência, facilidade, comodidade e segurança no uso dos produtos, tanto no ambiente doméstico como no profissional”, incluindo aspectos que colaborem com a eficiência e eficácia do uso de um sistema ou produto.

Eficácia se refere ao ponto em que um objetivo ou atividade são alcançados. Eficiência, por sua vez, refere-se à quantidade de esforço requerida para alcançar tal objetivo; quanto menos esforço para atingir o objetivo, maior a eficiência. Esforço é medido pela quantidade de tempo ou de passos para finalizar uma tarefa.

A norma ISO 9241-11, 1998 é uma norma internacional de garantia de qualidade que trata especificamente do Design Centrado no Usuário. A ISO define usabilidade como a medida pela qual um produto pode ser usado por usuários específicos para alcançar objetivos específicos com efetividade, eficiência e satisfação em um contexto de uso específico. A satisfação se refere ao nível de conforto dos usuários, ou seja, o produto precisa ter qualidade funcional, alcançar seus objetivos de forma assertiva e ter uso agradável. (ISO 9241-11, 1998)

De acordo com as recomendações da ISO 9241-11 (1998), a avaliação centrada no usuário é baseada na perspectiva do usuário em que os conceitos de design devem ser avaliados para obter uma melhor compreensão das necessidades do usuário. “O

uso real de um produto, sistema ou serviço é complexo e, embora a orientação do design ergonômico possa fornecer suporte útil aos projetistas, a avaliação centrada no usuário é um elemento essencial do projeto centrado no ser humano.” (ISO 9241-11, 1998)

Os objetivos de uma avaliação centrada no usuário são: (1) coletar informações sobre as necessidades do usuário, (2) fornecer *feedback* sobre o produto pela perspectiva do usuário; (3) avaliar se os requisitos do usuário foram alcançados e (4) estabelecer metas e comparar com outros projetos similares.

A usabilidade de um produto pode ser aferida por meio de inspeções de usabilidade ou testes de usabilidade (Quiñones, 2016). No entanto, testes de usabilidade com usuários nem sempre são práticos ou econômicos em todas as etapas do projeto ou nem sempre é possível ter contato com eles. Assim, as soluções de design também devem ser avaliadas de outras maneiras, por métodos que avaliam como os usuários experimentarão o sistema, mesmo que eles próprios não participem diretamente destas avaliações. A avaliação heurística é um exemplo desse tipo de avaliação.

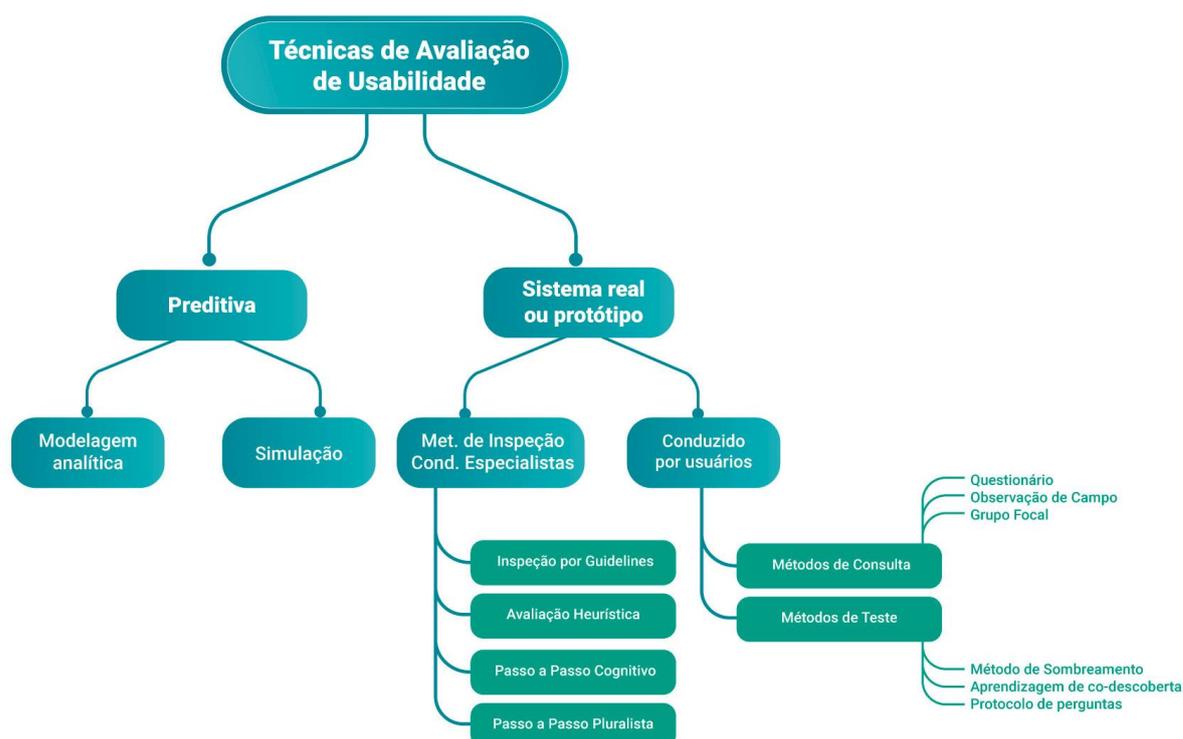
A avaliação heurística é um método de inspeção de usabilidade de interfaces realizado por especialistas por meio do conhecimento codificado em heurísticas e modelos que preveem o desempenho dos usuários e visam a encontrar problemas de usabilidade. É um método desenvolvido inicialmente por Nielsen e um grupo de especialistas, dentre eles Mohlich em 1990 e Hillingshead e Novick em 2007. As heurísticas de Nielsen tiveram origem na análise de 249 problemas de usabilidade.

Na avaliação heurística, os especialistas são guiados por um conjunto de princípios de usabilidade (heurísticas) e “avaliam se elementos de uma interface do usuário, como caixas de diálogo, menus, estrutura de navegação, ajuda online, seguem os princípios testados e aprovados” (Preece et al., 2013, p. 506). É um método muito útil e eficaz quando não se tem acesso aos usuários:

“Os métodos de inspeção normalmente envolvem um especialista que desempenha o papel dos usuários para os quais o produto foi concebido e analisa os aspectos de uma interface, identificando potenciais problemas de usabilidade por meio de um conjunto de diretrizes.” (Preece et al., 2013 p. 505)

As heurísticas devem ser utilizadas como um julgamento ou avaliação crítica no que concerne aos elementos de uma interface. Para tal, o especialista deve navegar pela interface diversas vezes e inspecionar os mais distintos elementos de interação para poder comparar às heurísticas. Essa inspeção deve ser feita de forma iterativa, com idas e vindas, até que não restem dúvidas a respeito da interação com o sistema.

Figura 7 - Técnicas de avaliação de usabilidade



Fonte: Adaptado de Gómez, 2014.

Para realizar a avaliação heurística, Nielsen sugere que devam ser envolvidos entre 3 e 5 especialistas para que 75% dos problemas de usabilidade sejam encontrados e muito próximo de 100% com 10 especialistas. Entretanto, não existirá uma diferença significativa numa quantidade maior que 10 especialistas.

Preece et al. (2013) indica que uma avaliação heurística pode ser dividida em três etapas macro:

- Uma sessão de instruções, através de um roteiro, na qual os especialistas são informados de como deve ser feita a avaliação. É importante também estabelecer algumas tarefas específicas para a exploração ser focada nos aspectos mais importantes;

- A avaliação em si, na qual cada especialista passa um tempo determinado fazendo a inspeção do sistema, utilizando as heurísticas como guia. Importante que esse processo seja iterativo, fazendo uma varredura da interface pelo menos duas vezes, sendo uma para conhecer a interface como um todo e a segunda e as demais para focar nos detalhes, identificando, assim, a maior parte dos problemas de usabilidade;
- A sessão de consolidação da avaliação, onde todos os especialistas discutem juntos os problemas encontrados e sugerem soluções.

A avaliação heurística é um método útil para avaliar a usabilidade e a experiência de uso de um sistema, além de detectar possíveis problemas. No entanto, pode ser necessário usar heurísticas específicas para realizar a avaliação. Cada sistema ou aplicação pode ter recursos únicos e específicos. Nesses casos, são recomendadas heurísticas específicas, incluindo elementos que avaliam atributos e fatores de usabilidade e suas características específicas. (Quiñones, Rusu, 2019)

Além de heurísticas, diretrizes também são utilizadas para inspeção de usabilidade e outros aspectos mais específicos, como é o caso da avaliação de acessibilidade.

Heurísticas referem-se a problemas globais de usabilidade que devem ser avaliados ou levados em consideração ao projetar artefatos. Por outro lado, o termo “sub-heurística” refere-se a itens de diretrizes específicas. A principal diferença entre os dois conceitos está no nível de conhecimento exigido do avaliador e no nível de abstração da lista de verificação. (Gómez et al., 2014)

“O desenvolvimento de novas heurísticas como instrumentos de avaliação tornou-se uma atividade crucial para avaliar não apenas a usabilidade e a experiência do usuário, mas também os recursos específicos de diferentes tipos de aplicativos.” (Quiñones, Rusu, 2019). Assim, muitas vezes, faz-se necessário o desenvolvimento de um grupo de heurísticas que sejam mais adequadas a um paradigma de interação específico ou quando questões específicas de usabilidade precisam ser avaliadas, como o caso da acessibilidade de um sistema. Diretrizes de acessibilidade são importantíssimos adjuvantes nesse processo. No próximo tópico, será falado um pouco mais sobre elas.

3.4.1 Diretrizes de Acessibilidade

Diretrizes para promover a acessibilidade de *web sites* vêm sendo desenvolvidas desde o final da década 1990. Na seção 508 das emendas da Lei de Reabilitação dos EUA, de 1998, constam diretrizes para incluir acessibilidade em *web sites*, e foram publicadas pelo Conselho de Acesso⁵, agência independente do governo dos EUA dedicada à acessibilidade. Em 1999, o World Wide Web Consortium (W3C)⁶ adaptou essas diretrizes, organizou-as em três níveis de prioridade e fornece ferramentas de verificação automatizadas.

O objetivo dessas diretrizes é fazer com que os designers usem recursos que permitam aos usuários com deficiência visual utilizar leitores de tela ou outras tecnologias especiais com objetivo de fornecer acesso ao conteúdo da página da web.

As Diretrizes de Acessibilidade para Conteúdo Web (WCAG) 2.0 abrangem diversas recomendações com a finalidade de tornar o conteúdo da Web mais acessível. Seguir estas diretrizes irá tornar o conteúdo acessível a um maior número de pessoas com deficiência, incluindo cegueira e baixa visão, surdez e baixa audição, dificuldades de aprendizagem, limitações cognitivas, limitações de movimentos, incapacidade de fala, fotossensibilidade e combinações destas características (W3C, 2014).

A avaliação por meio de diretrizes é bastante similar à avaliação heurística. É realizada com base em um conjunto de diretrizes, ou seja, é feita uma verificação da interface quanto à sua conformidade com um conjunto de instruções. Como os documentos de diretrizes podem conter muitos itens, os revisores especializados podem levar algum tempo para dominá-las e dias ou semanas para revisar uma interface grande.

A grande vantagem de seguir essas recomendações é que a acessibilidade melhorará a usabilidade do conteúdo do sistema para os usuários em geral.

⁵ <https://www.section508.gov/manage/laws-and-policies>

⁶ <https://www.w3.org/Translations/WCAG20-pt-br/WCAG20-pt-br-20141024/>

3.4.1.1 Guia para o Desenvolvimento de Aplicações Móveis (GuAMA)

O Guia para o Desenvolvimento de Aplicações Móveis Acessíveis (GuAMA) foi desenvolvido por meio de uma parceria entre o SIDI (Samsung Instituto de Desenvolvimento para a Informática) e o CIn-UFPE, envolvendo pesquisadores da área de Design e Ciências da Computação. Esse guia foi criado a partir de uma compilação de várias diretrizes já publicadas e consagradas para avaliação de acessibilidade de sites web, como o já citado WCAG 2.0, além do guia da BBC e do Google, e adaptadas para o contexto de *smartphones*. O intuito de gerar esse conjunto de recomendações foi a ausência, à época, de requisitos de acessibilidade com foco em pessoas com deficiência visual no uso específico de smartphones.

O GuAMA trata especificamente da avaliação de acessibilidade de aplicações móveis, com enfoque em usuários cegos e com baixa visão, abordando fatores específicos de experiência do usuário e de interface gráfica. É composto por 48 diretrizes (ou requisitos, como são chamados), sendo 31 de caráter mandatório, ou seja, sem os quais a acessibilidade da interface fica comprometida, e 17 desejáveis.

Para a análise da acessibilidade no que concerne à experiência do usuário, as diretrizes são divididas em 4 seções: interface, interação e navegação, também tratando do conteúdo audível dessas interfaces, avaliando a qualidade e clareza desses textos audíveis. Além dessas seções, ele também permite a filtragem por subcategorias, como Cor, Orientação de Tela, Leitura, Área de Toque, Organização, Padrão de Interface, Tempo de interação, Ajuda, Teclado, Feedback, Atalho, Foco, Configuração e Compatibilidade. A tabela 07 a seguir apresenta os requisitos:

Tabela 5 - Requisitos de Acessibilidade do Guia para o Desenvolvimento de Aplicações Móveis Acessíveis (Guama) e suas respectivas descrições

Código	Requisitos	Detalhamento	Grau de Importância
R01	Os componentes e informações da interface devem contribuir diretamente para a funcionalidade da aplicação.	Esse requisito orienta a não utilizar componentes apenas com propósito estético, pois isso acarreta uma sobrecarga cognitiva do usuário com deficiência visual.	Desejável

R02	Os componentes da interface devem ser entendidos sem a utilização de cores.	A utilização apenas de cores para indicar funcionalidades dos componentes pode ser prejudicial para pessoas com perda total de visão.	Mandatório
R03	Os componentes da interface devem utilizar cores com alto contraste em relação ao plano de fundo.	O contraste é um elemento importante para pessoas com baixa visão conseguirem identificar elementos em uma interface.	Mandatório
R04	A interface sempre deve oferecer a opção de orientação vertical da tela.	Devido à forma de interação dos usuários com deficiência visual, com o smartphone na vertical e próximo ao ouvido, o sistema deve impedir a rotação automática da tela.	Desejável
R05	A aplicação deve notificar o usuário antes de alterar a orientação da tela, caso seja apropriado modificá-la.	Para evitar erros, o sistema deve informar a mudança na orientação da tela, pois o usuário precisará fazer novamente o mapeamento da tela para identificar seus elementos de interface.	Mandatório
R06	A aplicação deve usar linguagem adequada ao contexto do usuário.	Não utilizar termos técnicos ou em outra língua.	Mandatório
R07	Todos os componentes da interface devem possuir rótulos.	Para serem devidamente identificados pelos usuários, através do leitor de tela, todos os elementos da interface devem ser rotulados.	Mandatório
R08	Os rótulos devem descrever a funcionalidade ou significado e o estado dos componentes da interface de forma clara, sucinta e completa.	A descrição do conteúdo dos rótulos deve informar de forma clara e sucinta a funcionalidade daquele elemento da interface.	Mandatório
R09	A aplicação deve fornecer as informações textuais ou numéricas contextualizadas para o conversor de texto para voz.	A leitura do conteúdo deve ser feita levando em consideração o contexto da informação.	Mandatório
R10	Os componentes não-textuais devem ser nomeados de forma que sejam compreendidos independente do contexto.	Elementos não-textuais, como por exemplo ícones, devem ser lidos de acordo com o contexto.	Mandatório
R11	O rótulo dos componentes com itens sequenciais e/ou paginados deve informar o intervalo que está sendo mostrado e o número total de itens.	Identificar a ordenação do item em uma sequência e o número total de itens.	Mandatório
R12	Todas as imagens e figuras da interface da aplicação devem possuir uma audiodescrição.	A audiodescrição é utilizada para descrever o conteúdo de uma imagem e esse texto deve	Mandatório

		ser definido no código da aplicação.	
R13	A área de toque dos componentes da interface deve ter tamanho e espaçamento que facilitem a interação do usuário.	O Google orienta que o tamanho mínimo de um elemento de interface deva ser de 48x48dp. Essa área de toque deve ser suficientemente grande para que o usuário consiga interagir com o elemento sem dificuldade	Mandatário
R14	Os componentes da interface das funções mais importantes/ utilizadas devem estar situados próximos das extremidades da tela.	Os usuários cegos tendem a mapear a tela pelas extremidades, procurando elementos que lhes são familiares.	Desejável
R15	Cada tela da interface deve conter a menor quantidade de componentes de interação possível.	Quanto mais elementos na interface, mais tempo levará para o usuário cego mapear e reconhecer a tela.	Desejável
R16	Listas suspensas devem estar situadas na metade superior da tela.	Lista suspensa exibida no final da tela pode dificultar o entendimento do usuário sobre a quantidade de itens na lista, pois ela pode não ser lida completamente pelo leitor de telas.	Desejável
R17	Componentes de interação devem ter o espaçamento mínimo em relação à borda da tela.	Evitar colocar componentes de interação muito próximos às bordas para que o usuário não execute uma ação involuntária.	Mandatário
R18	Componentes de interação devem manter tamanhos similares na mesma tela.	Evitar componentes de tamanhos variados para que o usuário cego consiga perceber todos os elementos clicáveis da tela.	Desejável
R19	A interface da aplicação com grande quantidade de informações deve ser estruturada em forma de lista ordenada.	Deve ser apresentado o critério de ordenação pelo leitor de tela.	Desejável
R20	Componentes de formulários devem ser distribuídos em um item por linha, evitando o uso de múltiplas colunas numa mesma linha.	Isso facilita o tipo de navegação por varredura da tela (deslizando o dedo).	Desejável
R21	A barra de ferramentas deve permanecer fixa em telas de rolagem.	Não ocultar a barra de ação do topo da tela, pois o usuário cego memoriza a composição da tela e isso irá confundi-lo.	Mandatário
R22	Componentes com textos devem ser curtos e concisos, sempre que possível.	Se não for possível evitar textos longos, dividi-los em blocos e oferecer ao usuário a possibilidade de ler por partes.	Desejável

R23	As telas da aplicação devem seguir a mesma identidade visual e manter o mesmo padrão de layout.	A previsibilidade é importante para que o usuário cego se localize na interface.	Desejável
R24	A localização dos componentes deve seguir padrões amplamente utilizados.	Padrões consagrados de posicionamento de botões devem ser mantidos para que não haja aumento da carga cognitiva do usuário.	Mandatório
R25	Os componentes de formulários devem seguir o mesmo padrão.	Manter padrão entre label e componente a ser preenchido, selecionado ou marcado.	Mandatório
R26	A aplicação deve manter a tela ativa por tempo ilimitado quando o leitor de tela estiver ativo.	Para exibição de textos longos ou vídeos, é fundamental que a tela se mantenha ativa.	Desejável
R27	A aplicação deve oferecer recursos que reduzam o esforço do usuário.	Autocomplete, comandos e busca por voz são alguns exemplos de funções que auxiliam o usuário cego, reduzindo sua carga cognitiva.	Desejável
R28	O teclado utilizado pela aplicação deve ser compatível com o contexto do campo.	O teclado deve se adequar ao tipo de campo a ser preenchido (numérico ou alfabético).	Mandatório
R29	O teclado utilizado pela aplicação deve conter teclas que permitam a navegação entre os componentes da interface.	Utilizar botões de navegação no teclado entre campos de formulário, facilitando o seu preenchimento.	Mandatório
R30	Componentes de interação devem se manter na tela independente da funcionalidade que estiver em uso.	Para evitar confusão no entendimento da tela como um todo pelo usuário cego, evitar esconder componentes para que uma nova exploração da tela não precise ser feita.	Desejável
R31	O leitor de tela deve informar ao usuário todos os eventos visíveis.	Mesmo com o uso do leitor de tela, é necessário que haja <i>feedbacks</i> visuais para que usuários com baixa visão consigam identificar os componentes em questão.	Mandatório
R32	O leitor de telas deve informar o conteúdo de um componente assim que tocado, interrompendo qualquer leitura em andamento.	A interrupção da leitura de um componente pelo leitor de telas é um <i>feedback</i> sonoro de que o usuário passou de um elemento de tela para outro.	Mandatório
R33	A aplicação deve fornecer <i>feedback</i> sonoro sobre todas	É necessário informar o resultado das ações do usuário para que ele não tente executá-	Mandatório

	as ações executadas pelo usuário.	la novamente sem necessidade. Esses feedbacks também podem ser realizados através de sons característicos de algumas operações, como, por exemplo, para indicar uma confirmação.	
R34	A aplicação deve fornecer <i>feedback</i> visual sobre todas as ações executadas pelo usuário.	Informação visual deve ser fornecida para cada ação do usuário, para que usuários de baixa visão tenham mais uma fonte de feedback.	Mandatório
R35	As telas da aplicação, exceto <i>popups</i> (pequenas janelas que se abrem sobre a tela sendo visualizada), devem disponibilizar link para a tela principal do aplicativo.	Buscar a tela inicial é uma forma de o usuário confuso conseguir se situar na aplicação.	Mandatório
R36	As telas da aplicação devem disponibilizar o botão "Voltar" para a tela anteriormente acessada pelo usuário.	Assim como a tela inicial da aplicação, o botão "voltar" é fundamental para quando o usuário está com dificuldade de interação em determinada tela. O botão permite que ele volte até uma tela que já seja familiar.	Mandatório
R37	As telas da aplicação devem oferecer atalhos para suas principais funcionalidades.	Pelas dificuldades em encontrar componentes para as funcionalidades principais da aplicação, é importante que atalhos sejam inseridos na tela com intuito de reduzir o esforço dos usuários cegos em encontrar o caminho para determinadas ações.	Desejável
R38	A aplicação deve oferecer uma navegação sequencial entre as telas.	Ao utilizar o botão "voltar", o limite deve ser a tela inicial, fazendo com que essa tela seja seu referencial de início.	Mandatório
R39	A aplicação deve suportar a navegação baseada em foco.	O gesto "tab" é muito utilizado pelos usuários com deficiência visual para explorar a tela de aplicação. Assim, os componentes precisam receber foco cuja ordem deve obedecer a ordem de leitura (de cima pra baixo e da esquerda para a direita)	Mandatório
R40	A aplicação deve informar possíveis erros de interação ao usuário.	Para evitar repetição de erros e frustração do usuário cego, a aplicação sempre deve fornecer <i>feedback</i> de erro.	Mandatório

R41	A aplicação deve guiar o usuário no primeiro uso.	Tutoriais explicando o app e suas principais funções durante o primeiro uso podem ajudar a minimizar problemas de interação.	Mandatário
R42	As telas da aplicação devem disponibilizar a opção de ajuda referente ao seu conteúdo e funcionalidades.	A função de ajuda deve estar sempre disponível para evitar que usuários com deficiência visual desistam de utilizar a aplicação por não entender ou não encontrar alguma funcionalidade.	Desejável
R43	As telas da aplicação devem disponibilizar a opção de busca quando possuírem grande quantidade de informações.	Evitar telas com uma rolagem grande é essencial. No entanto, quando forem necessárias, um campo de busca pode ajudar os usuários cegos a se localizarem e reduzirem seu esforço cognitivo.	Desejável
R44	A aplicação deve fornecer instruções de preenchimento dos campos de entrada de dados.	Para evitar aumento da carga de interação do usuário cego devido ao preenchimento de dados incorretos.	Mandatário
R45	A aplicação deve sugerir a ativação de configurações de acessibilidade dos dispositivos móveis ao usuário em seu primeiro acesso.	A aplicação pode fornecer acesso às configurações de acessibilidade para atender as particularidades de cada tipo de usuário com deficiência visual.	Mandatário
R46	A aplicação deve permitir que o usuário configure suas formas de notificação.	Permitir a configuração das notificações no aplicativo, evitando a confusão do usuário no uso da aplicação.	Mandatário
R47	Componentes de interação em telas com grandes textos devem estar fixos e visíveis.	Exemplo: telas com textos longos que exijam confirmação para prosseguir, devem manter o componente da confirmação em um local fixo e de fácil acesso.	Mandatário
R48	A aplicação deve fornecer <i>feedback</i> sonoro quando o usuário tentar executar a rolagem em situações onde não é possível.	O <i>feedback</i> sonoro funciona para o usuário se certificar de que passou por todo o conteúdo com o gesto de rolagem de tela.	Desejável

Fonte: A Autora, 2019.

3.4.2 Heurísticas de Usabilidade

Neste tópico, serão listadas as principais heurísticas de usabilidade encontradas na literatura e que servirão de base para a geração do grupo de heurísticas que será usado no experimento. Os autores dessas heurísticas são teóricos amplamente reconhecidos pela academia e pelo mercado de design de interação, são eles: Jacob Nielsen, Cristian Bastien e Dominique Scapin e Patrick Jordan.

3.4.2.1 Heurísticas de Nielsen

Abaixo estão listadas as 10 heurísticas de Nielsen, nomeadas como HN para fins de identificação no cruzamento com outras heurísticas listadas.

H1 Visibilidade do Status do Sistema: O sistema deve manter os usuários informados sobre o que está acontecendo, não deixando dúvidas sobre onde ele está, através de *feedback* em tempo razoável.

H2 Correspondência entre Sistema e mundo real: O sistema deve utilizar linguagens e metáforas correspondentes ao mundo real, além de vocabulário e conceitos conhecidos pelos usuários, a fim de gerar familiaridade.

H3 Liberdade e Controle do Usuário: O sistema deve fornecer formas de sair de situações indesejadas, desfazer eventuais erros e refazer uma atividade.

H4 Consistência e Padrões: O sistema deve manter o padrão de interface adotado. A intenção é não gerar dúvidas ao usuário se algo funciona diferente em alguma situação específica.

H5 Prevenção de Erros: O sistema deve prover formas de prevenir o erro do usuário, eliminando todos os cenários em que os erros possam acontecer.

H6 Reconhecer em vez de relembrar: O sistema deve minimizar a carga cognitiva e de memória do usuário através de opções, componentes e ações claros, visíveis e com fácil acesso. O sistema deve evitar que o usuário interrompa uma ação para relembrar conceitos anteriores, bem como as instruções de uso devem estar visíveis e acessíveis.

H7 Flexibilidade e Eficiência do uso: O sistema deve oferecer formas de interação para usuários iniciantes e experientes. O sistema deve permitir a customização e personalização de ações realizadas com frequência.

H8 Estética e Design Minimalista: O sistema deve fornecer diálogos com informações relevantes, evitando informações desnecessárias, em excesso ou complexas de serem entendidas.

H9 Suporte ao usuário para reconhecimento, diagnóstico e recuperação de erros: O sistema deve fornecer formas de ajudar o usuário a reconhecer, diagnosticar e se recuperar de erros por meio de linguagem clara, indicando o problema e sugerindo solução.

H10 Ajuda e Documentação: O sistema deve fornecer ajuda com clareza e objetividade. Mesmo que o sistema possa ser usado sem necessidade de ajuda, ela deve estar acessível e deve fornecer passos simples de entender para solucionar as dúvidas do usuário.

3.4.2.2 Princípios de Usabilidade de Jordan

Questões de usabilidade são usualmente associadas à facilidade de uso de um produto ou sistema. Os princípios de usabilidade são algumas diretrizes para melhorar a usabilidade de produtos e sistemas. Jordan (1998) definiu dez princípios de usabilidade:

PU01 Consistência: Esse princípio tem por objetivo garantir que tarefas semelhantes sejam executadas de maneira semelhante. Decorrente do uso anterior, a aprendizagem é transmitida para a nova experiência de uso, permitindo o aprendizado na nova tarefa com facilidade.

PU02 Compatibilidade: Esse princípio visa a asseverar que o funcionamento de um produto se encaixa nas expectativas dos usuários com base em seu conhecimento anterior. Deve haver uma compatibilidade entre uma ação e os resultados advindos dela, atendendo ao que usuário espera desta ação. Tais expectativas dependem de fatores culturais e de experiências anteriores.

PU03 Consideração dos recursos do usuário: Esse princípio garante que a interação com o sistema leve em conta as demandas impostas aos sentidos dos usuários durante seu uso. Quando um usuário interage com um sistema ou produto, ele pode estar usando mais de um sentido, como visão, audição e tato. É importante que o sistema não sobrecarregue nenhum desses durante a interação do usuário.

PU04 Feedback: Esse princípio se propõe a assegurar que ações realizadas pelo usuário sejam reconhecidas pelo sistema e um retorno ou indicação significativa seja dada sobre os resultados dessas ações. O sistema pode indicar se a ação foi realizada ou, ainda, se ela foi correta ou errada.

PU05 Prevenção e correção de erros: Esse princípio visa a garantir que a probabilidade de erro do usuário seja minimizada e, caso ocorra, que os efeitos sejam imperceptíveis e o erro possa ser recuperado de maneira rápida e fácil.

PU06 Controle do Usuário: Esse princípio tem objetivo de fornecer aos usuários o máximo de controle possível das suas interações com o sistema, como, por exemplo, o ritmo e o tempo dessas interações.

PU07 Clareza visual: As informações exibidas devem ser lidas de forma rápida e fácil, sem dar margem a interpretações equivocadas, incluindo rotulagem e informações de feedback. Tamanho de fonte, quantidade de informação no layout da página, uso adequado de cores (pensando, inclusive, na parcela da população que sofre com daltonismo) são aspectos de clareza visual que devem ser considerados num projeto.

PU08 Priorização de funcionalidade e informação: Esse princípio tem a finalidade de assegurar que as funcionalidades e informações mais importantes sejam facilmente acessadas pelo usuário. Essa priorização baseia-se na frequência com que determinadas funções são usadas ou no grau de importância entre elas.

PU09 Transferência apropriada de tecnologia: Esse princípio visa a usar adequadamente uma tecnologia desenvolvida em outros contextos para melhorar a usabilidade de um produto.

PU10 Previsibilidade: Esse princípio objetiva garantir que a configuração dos sistemas induza o usuário à sua função e modo de uso, sem dar margem a nenhuma ambiguidade. O princípio de previsibilidade é também conhecido como *affordance*, que é a relação natural entre usuários e objetos, ou seja, seu projeto induz o usuário a utilizá-lo da forma correta. A previsibilidade reduz o tempo de aprendizagem do sistema ou objeto e reduz erros decorrentes de seu uso. Caso não haja previsibilidade no uso, o sistema ou produto deve indicar como usá-lo.

3.4.2.3 Recomendações de Usabilidade de Schneidermann

Schneidermann (2005) faz uso das oito regras de ouro (*golden rules*) da interface gráfica, aplicáveis à maioria dos sistemas interativos. Baseadas em outras heurísticas clássicas e refinadas por mais de duas décadas para os paradigmas de interação mais atuais, esses princípios são muito úteis numa avaliação de usabilidade:

RU01 Esforço por consistência: Essa recomendação refere-se à consistência dos padrões requeridos em situações semelhantes, pois é uma das regras mais violadas em questões de usabilidade: padrão de cores, ações, tipografia, menus, etc.

RU02 Atender à usabilidade universal: Usuários têm necessidades diversas e específicas. São necessários empatia e reconhecimento dessas necessidades para projetar com flexibilidade. Existe uma gama de diferenças no uso de sistemas interativos, desde diferenças etárias, diversidade de conhecimento tecnológico até incapacidades, como são os casos de pessoas com deficiências. Tendo isso em mente, a interface é enriquecida e amplia a gama de usuários satisfeitos com seu uso.

RU03 Oferecer *feedback* informativo: Para qualquer ação do usuário, um *feedback* do sistema. Esse *feedback* deve estar de acordo com o tipo de ação, se mais frequentes ou não, pois isso infere diretamente no tipo de *feedback* dado.

RU04 Diálogos que indiquem o término da ação: Sequências de ações devem ser organizadas com começo, meio e fim. *Feedback* no final de um grupo de ações fornecem ao usuário sensação de realização, satisfação e alívio e indicam o início de um novo grupo de ações.

RU05 Prevenção de Erros: Projetar o sistema de modo a não permitir que o usuário cometa erros graves e, caso cometa, a interface deve detectá-los e oferecer, de forma simples, maneiras construtivas e específicas de recuperar a ação. Ações incorretas devem deixar o sistema inalterado ou a interface deve oferecer instruções sobre como restaurar o status.

RU06 Permitir a reversão de ações: As ações devem ser reversíveis tanto quanto for possível. Saber que um erro pode ser desfeito encoraja o usuário a explorar opção que não lhe são familiares.

RU07 Suporte interno de controle: Usuários experientes querem ter a sensação de controle da interface e que esta responda aos seus comandos. Ações inesperadas, sequencias tediosas ou longas demais, dificuldade para obter informações contribuem

para ansiedade e insatisfação do usuário. Fazer dos usuários aqueles que iniciam a ação ao invés daqueles que respondem à ação.

RU08 Reduzir a carga de curta memória: A limitação do processamento de informações humanas na memória de curto prazo exige que as exibições sejam mantidas simples, exibições de múltiplas páginas sejam estáveis e que um tempo de treinamento suficiente deva ser alocado para entendimento do objetivo do sistema.

Esses princípios devem ser interpretados, refinados e estendidos para cada tipo de interface avaliada, pois como qualquer grupo de recomendações, têm suas limitações, mas fornecem um bom ponto de partida.

3.4.2.4 Critérios Ergonômicos de Bastien e Scapin

Os critérios ergonômicos de Bastien e Scapin (1993) têm o objetivo de fornecer insumos para o desenvolvimento de métodos e ferramentas que ajudem a projetar e avaliar interfaces humano-computador, levando em consideração os fatores humanos. Com relação à avaliação, assim como as heurísticas, os critérios representam uma maneira de melhorar a integralidade e a explicitação do diagnóstico de uma interface, além de padronizar o formato e documentar melhor a avaliação.

A lista de critérios, definida em 1993, apresenta um total de 8 critérios principais, alguns se dividem em 18 subcritérios que, por sua vez, dividem-se em 128 critérios elementares. Esse conjunto de 128 questões formam o ErgoList⁷, um serviço online que faz a inspeção de interfaces através de um checklist.

Os critérios principais são os seguintes: Condução, Carga de Trabalho, Controle Explícito, Adaptabilidade, Gestão de Erros, Consistência, Significado dos Códigos e Compatibilidade. Os critérios elementares, aos quais estão associados os checklists do ErgoList são: Presteza, Agrupamento por Localização, Agrupamento por Formato, Feedback, Legibilidade, Concisão, Ações Mínimas, Densidade Informacional, Ações Explícitas, Controle do Usuário, Flexibilidade, Experiência do Usuário, Proteção contra erros, Mensagens de Erro, Consistência, Significados e Compatibilidade.

⁷ <http://www.labiutil.inf.ufsc.br/ergolist/>

CE01 Condução: São os meios de o sistema advertir e orientar o usuário através da sua interface. Por meio de dicas, mensagens, informações e respostas às ações do usuário, o sistema guia seu uso, facilitando o aprendizado. A facilidade de aprendizado e de uso que acompanha a boa condução permite a melhoria do desempenho e redução dos erros.

CE02 Carga de trabalho: Refere-se a todos os elementos da interface que têm papel importante na diminuição da carga cognitiva e perceptiva do usuário, aumentando sua eficiência. Quanto menos passos o usuário precisar passar, melhor, pois reduz a possibilidade de cometer erros.

CE03 Controle explícito: diz respeito tanto ao processamento de ações explícitas do usuário como a resposta do sistema a essas ações. É quando o usuário está no controle das ações do sistema e este se mostra “obediente” às ações do usuário.

CE04: Adaptabilidade: é a capacidade do software de se comportar conforme o contexto e as necessidades e preferências do usuário. A interface do sistema deve oferecer diversas formas de o usuário atingir seus objetivos.

CE05: Gestão de erros: é o conjunto de mecanismos capazes de prevenir e evitar ou reduzir erros causados pelo software, além de facilitar sua recuperação quando eles ocorrerem.

CE06: Consistência: é a coerência no modo com que as escolhas na concepção da interface são mantidas em contextos semelhantes, e são diferentes quando aplicadas a contextos diferentes.

CE07: Significância do código: diz respeito à adequação entre o objeto e sua referência. Os códigos e denominações apresentados para o usuário devem ser claros e objetivos, devendo existir uma relação semântica forte entre tais códigos e os itens ou ações a que se referem.

CE08: Compatibilidade: é relação entre as características dos usuários (percepção, idade, expectativas) e as tarefas, saídas e entradas do sistema. Os procedimentos necessários para o cumprimento de uma tarefa devem ser compatíveis com as características psicológicas do usuário, respeitando suas expectativas e práticas.

3.5 Análise e Conclusões Parciais

Neste capítulo foram apresentados e descritos todos os conceitos teóricos que fundamentam essa pesquisa: interfaces conversacionais, design de interação, usabilidade, experiência do usuário, princípios de design de interação, acessibilidade, interação das pessoas cegas com dispositivos móveis, princípios do design universal.

O capítulo é finalizado com a listagem das principais heurísticas de usabilidade. Percebe-se nestas heurísticas muitas características de similaridade, tratando de questões e problemas de usabilidade muito semelhantes. No entanto, essas heurísticas não tratam especificamente de problemas de acessibilidade. Por outro lado, apesar de existirem guias para desenvolvimento de aplicações e sistemas acessíveis, o formato como esses requisitos são expostos tornam a forma de avaliação mais demorada e custosa.

No próximo capítulo serão explanados os procedimentos metodológicos aplicados a essa pesquisa, bem como a forma como serão realizados os experimentos do estudo de caso.

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo, serão apresentados os procedimentos metodológicos utilizados desde o início da pesquisa, passando pela realização do experimento até a coleta de dados, análise e resultados.

4.1 Etapas da Pesquisa

Tendo em vista a revisão literária apresentada nos capítulos anteriores, o desafio foi desenvolver uma metodologia que pudesse alcançar os objetivos propostos. O objetivo central desta pesquisa é fornecer um conjunto de recomendações para projetar assistentes virtuais acessíveis.

Para realizar essa investigação acerca da acessibilidade dos assistentes virtuais, foram pesquisadas, identificadas e selecionadas diretrizes de acessibilidade e heurísticas de usabilidade, cujas recomendações fossem compatíveis com o padrão de interação dos chatbots. O intuito desta investigação foi fazer um cruzamento dessas heurísticas e diretrizes para elaborar um conjunto de heurísticas que pudesse abarcar possíveis soluções para os problemas de acessibilidade e usabilidade dessas interfaces. Essas heurísticas foram utilizadas no primeiro momento do experimento, quando foi realizada uma avaliação heurística por especialistas da área de design de experiência do usuário.

Posteriormente, por meio de testes com usuários, procurou-se observar o nível de satisfação e agradabilidade dos usuários cegos no uso dos chatbots, além de investigar suas dificuldades de interação, quais suas causas e níveis de severidade. Os testes também tiveram como objetivo específico validar a avaliação heurística.

Esses dois momentos de validação dessas interfaces geraram uma série de dados que foram cruzados a fim de se chegar a uma discussão a respeito da acessibilidade dos chatbots e seu uso por pessoas com deficiência visual. Por fim, foi apresentado um conjunto de instruções de como projetar chatbots acessíveis.

A figura 08 mostra as etapas macro da pesquisa:

Figura 8 - Etapas da pesquisa



Fonte: A Autora, 2019.

4.2 Objeto de Estudo

A interação do usuário cego com *smartphones* é extremamente peculiar. Devido ao caráter específico desse tipo de interação, os usuários cegos necessitam de outros atributos de interface para que a interação seja realizada com sucesso. O objeto de estudo desta pesquisa são os assistentes virtuais e seu uso por pessoas cegas. O objetivo geral desta pesquisa é investigar a acessibilidade dos chatbots para pessoas com deficiência visual no contexto de *smartphones*.

A pesquisa inicialmente teve um caráter exploratório, cujo objetivo foi "proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a constituir hipóteses" (Gil, 2002, p. 41). Assim, a pesquisa iniciou-se com a definição do problema e das perguntas de pesquisa, que foram as questões norteadoras para seu desenvolvimento: Chatbots são acessíveis para os usuários cegos? Como esses usuários interagem com essas interfaces? O que poderia ser melhorado nessas interfaces em termos de usabilidade e acessibilidade, tendo em foco as dificuldades de interação dos usuários cegos?

Após esse primeiro momento, iniciou-se o levantamento bibliográfico e do estado da arte. Por intermédio de uma revisão sistemática da literatura, pôde-se ter conhecimento do que está sendo pesquisado na área de chatbots e sua relação com

usuários cegos. Gil (2002, p. 45) afirma que "a principal vantagem da pesquisa bibliográfica reside no fato de permitir ao investigador a cobertura de uma gama de fenômenos muito mais ampla do que aquela que poderia pesquisar diretamente".

O experimento da pesquisa foi realizado por meio de um estudo de caso, modalidade de pesquisa que consiste no estudo "profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento" (Gil, 2002, p. 54). É, ainda, "uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto da vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos." (Yin, 2001, p. 22).

Uma análise da usabilidade e da acessibilidade de chatbots no contexto de usuários cegos foi realizada, seus dados foram cruzados a fim de tentar responder às perguntas de pesquisa. O foco da pesquisa está em pessoas com deficiência visual, então foram selecionados dois assistentes virtuais que possuam interação multimodal, ou seja, que incluam interações por texto, voz e gestos. São eles Siri, assistente exclusivo do sistema operacional iOS e o Google Assistant, assistente virtual da Google. Os *smartphones* utilizados foram o iPhone XS e o Samsung S8, com sistemas operacionais iOS e Android respectivamente.

Para Gil (2002, p. 141), "nos estudos de caso os dados podem ser obtidos mediante análise de documentos, entrevistas, depoimentos pessoais, observação espontânea, observação participante e análise de artefatos físicos." Como estratégia de pesquisa, o estudo de caso é um método bastante abrangente, incorporando abordagens específicas à coleta análise de dados. Nessa fase de investigação, muitas vezes há mais variáveis do que pontos de dados, fazendo com que a estratégia de pesquisa foque em diversas fontes de evidências, fazendo os dados obtidos convergirem. A análise também pode ser beneficiada por proposições teóricas já estabelecidas. A coleta documental foi realizada, consistindo na pesquisa de heurísticas, recomendações e diretrizes de acessibilidade.

Após a apresentação de heurísticas, princípios e recomendações de usabilidade, foi realizada a seleção por meio de um exame minucioso dos dados. Foi feita uma codificação, categorizando as heurísticas relacionadas, promovendo um cruzamento

e facilitando, posteriormente, a tabulação dos dados e a definição daquelas que serão utilizadas na avaliação.

Paralelamente, foi feito um levantamento das as diretrizes de acessibilidade disponíveis, para uma análise também do nível de acessibilidade de tais interfaces. Para facilitar o cruzamento, categorização e codificação das heurísticas que foram utilizadas no experimento, essas diretrizes foram agrupadas e traduzidas em heurísticas. Foi realizada uma análise qualitativa das heurísticas e diretrizes de acessibilidade e, a partir de seu cruzamento, selecionadas aquelas que se enquadram melhor no padrão de interação dos chatbots. A metodologia utilizada para a geração dessas heurísticas será detalhada no próximo tópico.

Outro procedimento adotado foi a observação, que "ajuda o pesquisador a identificar e obter provas a respeito de objetivos sobre os quais os indivíduos não têm consciência, mas que orientam seu comportamento" (Lakatos, 2003 p. 191). A técnica usada será a de observação não estruturada ou assistemática, de caráter mais informal e espontâneo. Essa fase da pesquisa consistirá no foco em uma determinada população e se dará pela observação do uso dos chatbots pelos usuários cegos por meio de testes de usabilidade.

Coletados os dados e obtidos os resultados, inicia-se a fase de análise e interpretação dos dados. Análise, segundo Lakatos (2003 p. 167), "é a tentativa de evidenciar as relações existentes entre o fenômeno estudado e outros fatores", entrando em maiores detalhes sobre os dados coletados. Após a análise, é feita a interpretação dos dados, ou seja, "a exposição do verdadeiro significado do material apresentado, em relação aos objetivos propostos e ao tema" (Lakatos, 2003 p. 168).

Levantados os dados, dá-se início aos resultados e discussão dos achados do experimento, seguidos de um conjunto de recomendações de como projetar assistentes virtuais acessíveis. Por fim, serão apresentadas as conclusões da pesquisa e direcionamentos para trabalhos futuros.

4.3 Metodologia para geração de novas heurísticas

Na fundamentação teórica, foi discutida a importância de métodos de inspeção de interfaces digitais, com intuito de encontrar problemas de usabilidade. No entanto, para o escopo desta pesquisa e tendo em mente seus objetivos, sentiu-se a necessidade de gerar um grupo de heurísticas que abarcasse não somente questões de usabilidade, mas também de acessibilidade. Desta forma, espera-se realizar os experimentos e chegar a um resultado que seja convergente entre os achados dos especialistas e dos usuários cegos.

Assim, surgiu a necessidade de seguir uma metodologia que se adequasse ao propósito dos experimentos para gerar esse novo grupo de heurísticas. Foi realizada uma pesquisa do estado da arte relacionada a metodologias para geração de novos grupos de heurísticas para domínios específicos.

Inspeções de usabilidade, incluindo a avaliação heurística, estão bem documentadas e muitas publicações descrevem o uso dos métodos. A literatura geralmente se concentra em descrever as vantagens e desvantagens dos métodos de avaliação de usabilidade, mas não em como desenvolver novos métodos e/ou heurísticas de usabilidade. (Rusu et. Al, 2011)

A metodologia utilizada para a geração das Heurísticas de Acessibilidade foi baseada em duas revisões sistemáticas relativas à geração de novas heurísticas. A primeira revisão foi realizada por Hermawati e Lawson (2015) e listou 70 estudos nos quais novas heurísticas foram geradas. O objetivo desta pesquisa foi revisar o processo aplicado para estabelecer heurísticas para domínios específicos e identificar lacunas nesse processo para prover recomendações de pesquisas futuras e áreas de melhoria.

A segunda revisão sistemática foi realizada por Quiñones e Rusu (2017), na qual um total de 73 estudos relativos a heurísticas de usabilidade para domínios específicos e metodologias é apresentado. O objetivo dessa revisão foi identificar a abordagem usada para criar heurísticas de usabilidade, assim como o processo formal e sistemático envolvido.

Destes estudos, a metodologia utilizada para gerar as Heurísticas de Acessibilidade baseou-se apenas naqueles em que o paradigma de interação fosse igual ao utilizado pelos chatbots. Do estudo de Hermawati e Lawson (2015) um total de 5 metodologias diferentes foram selecionadas para revisão e análise. Do estudo de Quiñones e Rusu (2017), 7 estudos revisados estabelecem metodologias para criação de novas heurísticas, conforme tabela abaixo:

Tabela 6 - Metodologias revisadas

Nome da Metodologia	Autores	Passos e Atividades
A Methodology to Establish Usability Heuristics	Rusu et al. (2011)	Seis estágios que devem ser aplicados de forma iterativa: estágio exploratório, descritivo, correlacional, explicativo, validação e refinamento
A Three-phase Process to Develop Heuristics	Van Greunen et al (2011)	Três fases podem ser aplicadas iterativamente: design, validação e aplicação/uso.
A User-Centric Methodology to Establish Usability Heuristics for specific domains	Hermawati and Lawson (2015)	Dois estágios com várias atividades: (1) como expandir grupos de heurísticas para um domínio específico e (2) como validar grupos de heurísticas para um domínio específico
User Involvement in Developing Usability Heuristics	Lechner et al. (2013)	Dois estágios com várias atividades: (1) grupos de especialistas para sessões colaborativas e (2) validação de heurísticas com os usuários de fato. Finalmente, uma análise comparativa dos resultados.
Methodology of Heuristics Creation	Hub and Čapková (2010)	Sete passos: grupo básico de heurísticas, especificação de requisitos em recursos, análise de ambiente, preparação da criação de heurísticas, criação das heurísticas, avaliação das heurísticas e proposta final.
Methodology to adapt usability heuristics	Franklin et al. (2014)	Nove passos: revisão, eliminação, Agrupamento de similares, Fusão de similares, agrupamento e adaptações, reassentamento e adaptação preliminares, grupos focais, resultado final, validação do grupo de heurísticas.

Guidelines for Design Science in Information Systems Research	Hevner et al. (2004)	Sete diretrizes: design como artefato, relevância do problema, avaliação de projeto, contribuições de pesquisa, rigor da pesquisa, design como processo de busca e comunicação de pesquisa.
--	----------------------	---

Fonte: Adaptado de Quiñones e Rusu, 2016.

Baseada na revisão desses estudos, a criação de heurísticas de usabilidade consiste em 2 passos: (1) extração da informação e (2) transformação da informação extraída em heurísticas. Para a extração das informações, 4 passos foram observados: (1) adotar uma ou mais teorias como base para identificar aspectos relevantes à interação dos usuários; (2) estudar o contexto de uso e identificar aspectos que foram relevantes para os usuários; (3) estudar e sintetizar problemas pertinentes de usabilidade já reportados e/ou heurísticas e *guidelines* existentes e (4) desenvolver um corpus de problemas de usabilidade e identificar problemas pertinentes.

Embora exista um padrão sobre como as informações para estabelecer heurísticas foram extraídas inicialmente, a forma como as informações extraídas foram transformadas em heurísticas não está tão clara. De fato, a maioria dos estudos não forneceu informações claras sobre como esse processo foi alcançado. (Hermawati e Lawson, 2015 p. 36)

De acordo com o estudo de Hermawati e Lawson (2015), três abordagens foram identificadas. A primeira envolveu a listagem de informações extraídas (diretrizes, problemas de usabilidade e heurísticas já existentes), omitindo quaisquer redundâncias e irrelevâncias e, em seguida, usando o resultado como conjunto final de heurísticas (Federoff, 2002; Zhang et al., 2003; Desurvire et al., 2004). Na segunda abordagem, as informações extraídas, que haviam passado por omissões de redundâncias e irrelevâncias, foram categorizadas para identificar temas e depois traduzidas em heurísticas. Uma variedade de métodos foi utilizada para auxiliar na categorização das informações extraídas, desde a solicitação de opiniões de especialistas até a técnica de classificação de cartões. (Yeratziotis et al., 2011a, 2011b; Al Roobaea et al.). A última abordagem envolveu a comparação das informações extraídas listadas com um conjunto geral de heurísticas, como Nielsen (1994) para identificar as modificações necessárias das existentes e/ou adição de

novas heurísticas. (Rusu et al., 2010; Paz et al., 2014; Inostroza et al., 2012a; Muñoz et al., 2011)

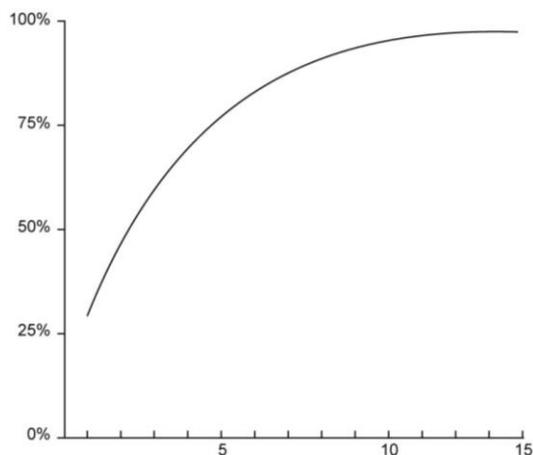
Outro estudo analisado foi o de Al-Razgan et. Al. (2014), em que foi apresentado um novo conjunto de heurísticas propostas para avaliar a usabilidade de *launchers* de *smartphones* para idosos. O processo metodológico para a geração dessas heurísticas consistiu em dois passos: (1) conversão de guidelines existentes em problemas de usabilidade e (2) agrupamento de problemas de usabilidade similares em categorias.

Para essa pesquisa, foi utilizada a seguinte abordagem: as diretrizes de acessibilidade do GuAMA serão categorizadas com intuito de identificar blocos de informações similares, bem como comparadas as similaridades com heurísticas de usabilidade e, após esse cruzamento, traduzidas em heurísticas de acessibilidade.

4.4 Avaliação com especialistas

Para a realização do experimento de pesquisa, foram listadas heurísticas, recomendações e princípios de usabilidade, a fim de cruzar essas informações e encontrar similaridades em suas descrições. O objetivo foi chegar a um conjunto de heurísticas adequadas ao paradigma de interação estudado e realizar uma avaliação heurística feita por especialistas. Buscou-se para esse experimento especialistas com pelo menos 2 anos de prática profissional na área de design de experiência do usuário. A quantidade de especialistas que realizou a avaliação foi de 10 designers de interação, de acordo com o gráfico 03 abaixo:

Gráfico 3 - Curva da proporção de problemas de usabilidade encontrados na avaliação heurística em relação à quantidade de especialistas envolvidos



Fonte: Adaptado de Preece et al, 2013

4.5 Teste com usuários

O objetivo principal do teste com usuários foi validar os achados da avaliação heurística. Além disso, foram observados os seguintes pontos:

- Descobrir problemas de usabilidade e acessibilidade nos assistentes virtuais por meio do uso com pessoas cegas;
- Identificar insights dos usuários durante o uso dessas aplicações;
- Encontrar as necessidades reais desses usuários no uso de assistentes virtuais;
- Perceber e mensurar o nível de satisfação dos usuários com os assistentes virtuais;
- Identificar os problemas de interação com os chatbots, suas causas e níveis de severidade;
- Obter insumos para melhorias na usabilidade desses produtos no que concerne aos problemas de acessibilidade.
- Perceber e mensurar o nível de satisfação dos usuários com os chatbots.

Após a realização dos testes, esperou-se ter uma visão geral do uso dos assistentes virtuais por pessoas com deficiência visual e seu grau de acessibilidade, a partir da análise das entrevistas e atividades realizadas.

Os testes foram realizados no Laboratório de Usabilidade do Projeto CIn-Samsung, na Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), onde foram utilizadas duas câmeras de filmagem e gravador de voz. As sessões contaram com a presença de dois pesquisadores do Projeto CIn-Samsung nos papéis de moderador e observador. Foi utilizado também o software Morae para a análise dos dados coletados.

Para a realização dos testes, foi necessário definir um perfil dos usuários com intuito de delimitar uma amostragem viável e que, ao mesmo tempo, fosse relevante estatisticamente quanto ao valor de sua contribuição para a pesquisa. Assim, optou-se por utilizar as seguintes características para o recrutamento da amostra para os testes:

Tabela 7 - Características gerais dos sujeitos

Grau de Deficiência	Faixa Etária	Uso de <i>Smartphones</i>	Residência	Grau de escolaridade
Cegos e Baixa Visão	15 a 64 anos	Utilizar ou já ter utilizado no dia a dia <i>smartphones</i> com os sistemas operacionais Android ou iOS	Zona Urbana	Alfabetizado

Fonte: A Autora, 2019.

Para a realização dos testes, foram recrutados 6 participantes dentro das características estabelecidas. Essa amostragem gerou evidências de origem qualitativa, pois o principal objetivo dos testes foi encontrar evidências que corroborassem com os achados da avaliação heurística. Caso fosse constatado que os resultados não fossem conclusivos e os objetivos do teste não fossem atingidos, poder-se-ia haver a necessidade de ampliar ou mudar o perfil da amostra.

4.6 Análise e conclusões parciais

Neste capítulo, foram apresentados os procedimentos metodológicos que foram utilizados na pesquisa para alcançar os objetivos propostos. Espera-se, ao fim dos experimentos e análise os resultados chegar ao objetivo central desta pesquisa, que

é fornecer um conjunto de recomendações para projetar assistentes virtuais acessíveis.

Com intuito de investigar a acessibilidade dos assistentes virtuais, heurísticas de usabilidade foram identificadas e selecionadas, bem como diretrizes de acessibilidade adequadas ao contexto de uso dos smartphones. O objetivo desta coleta foi fazer um cruzamento dessas heurísticas e diretrizes para gerar um conjunto que fosse capaz de abranger possíveis soluções para os problemas de acessibilidade e usabilidade dessas interfaces.

No capítulo seguinte, será mostrado o agrupamento das heurísticas de usabilidade com as diretrizes de acessibilidade. Este procedimento foi feito por meio de uma matriz em que essas heurísticas e diretrizes foram cruzadas a fim de encontrar similaridades nas suas recomendações. Por fim, tem-se um conjunto de heurísticas adequado ao padrão de interação dos chatbots e que foi utilizado no primeiro experimento, a avaliação heurística.

5 AGRUPAMENTO E CRUZAMENTO DAS HEURÍSTICAS

Nesta etapa da pesquisa, foi feito um cruzamento das heurísticas de usabilidade para que pudesse ser realizada a avaliação heurística das interfaces gráficas de chatbots. Para tanto, foi traçado um paralelo entre as principais heurísticas já listadas anteriormente na fundamentação teórica e requisitos de acessibilidade que serão abordados a seguir. O intuito foi gerar um conjunto de diretrizes que pudesse ser utilizado pelos especialistas na avaliação heurística e análise da acessibilidade dessas interfaces.

5.1 Heurísticas do GuAMA

Para gerar o conjunto de heurísticas que foi utilizado no experimento, o primeiro passo foi traduzir as diretrizes do Guia para o Desenvolvimento de Aplicações Móveis Acessíveis (GuAMA), citado no subcapítulo 3.4, em heurísticas. Apesar de o GUAMA ser subdividido em seções de Interface, Interação e Navegação, esta pesquisa sentiu a necessidade de desenvolver uma organização dessas diretrizes em forma de heurísticas, já que muitas delas tratam de regras mais gerais de usabilidade e acessibilidade. Sob a forma de heurísticas, fica mais fácil, para o especialista responsável pela avaliação de usabilidade, identificar os problemas de acessibilidade das interfaces analisadas.

Conforme já descrito no capítulo de metodologia, a geração das Heurísticas do GuAMA seguiu dois passos: (1) extração da informação e (2) transformação da informação extraída em heurísticas. Dessa forma, foram listadas as heurísticas sem fazer menção a redundâncias e irrelevâncias. Com isso, tem-se um conjunto grande de heurísticas, muitas vezes repetitivo. Em seguida, as diretrizes do GuAMA foram categorizadas com base na sua própria organização (Interface, Interação e Navegação), conforme mostra a Tabela 08, seguidas por blocos de informações ou problemas similares e depois traduzidas em heurísticas. Por fim, foi realizada a comparação das informações extraídas, listadas com um conjunto geral de heurísticas para identificar as modificações necessárias das existentes e/ou adição de novas heurísticas.

Tabela 8 - Seções do GuAMA e seus respectivos Requisitos

Seções do GuAMA	Requisitos do GuAMA Correspondentes
Interface	R01 a R25
Interação	R26 a R34, R47 e R48
Navegação	R35 a R44

Fonte: A Autora, 2019.

Após a análise, agrupamento e associação às heurísticas já estudadas, e foram geradas as Heurísticas do GuAMA (HG). Na tabela 09, podemos ver a associação com os requisitos do Guama correspondentes:

Tabela 9 - Tabela de associação das heurísticas de Acessibilidade (HA) e os Requisitos do GuAMA correspondentes

Heurística do GuAMA (HG)	Requisitos do GuAMA Correspondentes
HG01 - Design Minimalista	R01, R02, R03
HG02 - Rótulos e audiodescrição	R07, R08, R09, R10, R11, R12
HG03 - Área de Toque	R13, R14, R17, R18
HG04 - Arquitetura da Informação	R15, R16, R19, R20, R21, R22
HG05 - Consistência e Padrões	R23, R24, R25, R28
HG06 - Redução de Carga Cognitiva	R06, R27, R29, R30, R31, R32, R47
HG07 - Feedback	R33, R34, R40, R48
HG08 - Navegação e Controle do Usuário	R26, R35, R36, R37, R38, R39
HG09 - Ajuda	R41, R42, R43, R44, R45, R46

Fonte: A Autora, 2019.

Depois de executar as etapas sistemáticas anteriores, as heurísticas propostas foram escritas como sentenças interrogativas antes de sua descrição, porque as “sentenças interrogativas são mais intuitivas para responder e pontuar em comparação com sentenças declarativas.” (Chisnell et.al, 2006). Assim, estão descritas abaixo as Heurísticas do GuAMA, suas respectivas descrições e as sentenças às quais se pretendem responder com a avaliação:

HG01 - Design Minimalista: na interface devem ser privilegiados os componentes relevantes e com função comprovada, reduzindo a carga cognitiva do usuário com deficiência visual. O uso de cores na interface deve facilitar a identificação dos componentes de interação para usuários com baixa visão.

- Os elementos tipográficos são legíveis para pessoas com deficiência visual?

- Há opções para aumentar o tamanho da fonte?
- O texto tem contraste com o fundo da tela?
- É possível customizar as cores da interface, como, por exemplo, utilizar a inversão de cores?
- A quantidade de texto é apresentada somente pela informação mínima necessária?

HG02 – Rótulos e audiodescrição: todos os elementos da interface precisam estar com suas funções claramente descritas para o usuário com deficiência visual. A audiodescrição deve ser curta, objetiva, não redundante e precisa informar o tipo do componente selecionado e a ação que será realizada. Se a imagem for estática, ou seja, sem ação correspondente, sua descrição deve contextualizar, ao usuário cego, sobre o que aquela imagem representa.

- Os ícones estão claros, compreensíveis e rotulados?
- A descrição dos elementos de interação é clara?
- As funções mais importantes podem ser acessadas facilmente?
- O teclado é separado entre números e letras para entrada de dados?
- Há algum *feedback* audível indicando que há mais elementos de interface além dos que estão sendo mostrados?

HG03 – Área de Toque: a área de toque de cada componente deve ser suficientemente grande para que o usuário consiga identificá-lo na navegação da tela com o dedo. Deve-se evitar posicionar elementos de interface com espaçamento pequeno entre si, pois isso aumenta a possibilidade de toque não intencional em outros elementos próximos aos com que o usuário deseja interagir.

- Os botões são grandes o suficiente para serem clicados?
- Há espaço suficiente entre os botões para prevenir toque múltiplo ou toque em botão incorreto?
- Ícones ou imagens em botões ou áreas clicáveis contam com fácil identificação de sua ação?
- Os itens da interface se encaixam na postura natural da mão e do dedo?

HG04 – Arquitetura da Informação: a forma como a interface está organizada influi diretamente na sua rápida leitura e compreensão pelo usuário cego. A barra de ferramentas deve ser mantida fixa no topo da interface, bem como elementos importantes devem estar posicionados próximos às extremidades da tela, pois é nesses locais que os usuários cegos iniciam seu mapeamento. Listas ordenadas devem seguir alguma lógica fácil de ser reconhecida e formulários devem ter seus componentes distribuídos por linha, evitando o uso de colunas.

- As informações seguem uma sequência lógica?
- Informações similares estão bloqueadas em seções?
- A navegação por foco está ativada?
- O usuário cego sabe o que deve ser feito em sequência?

HG05 – Consistência e Padrões: manter a lógica de padrões utilizados para que não seja forçada uma memorização desnecessária, aumentando a carga cognitiva do usuário. Elementos de interação similares devem receber tratamento estético e funcional similares para facilitar a identificação do usuário. Utilizar elementos correspondentes ao mundo real, além de linguagem e conceitos conhecidos pelos usuários, a fim de gerar familiaridade.

- Os elementos de interação estão dispostos em posições já reconhecidas pelos usuários?
- Os elementos mais importantes estão na mesma posição em todas as telas?
- O menu principal de navegação existe de forma consistente em todas as telas?

HG06 - Redução de Carga Cognitiva: a interface deve fornecer recursos que reduzam a carga cognitiva e de memória do usuário por meio de componentes e ações claros, visíveis e de fácil acesso. Exemplo: atalhos e função auto-complete.

- A interface fornece atalhos para acesso direto às funções ou itens mais frequentes?
- A aplicação fornece suporte para lembrar funções facilmente?
- A tela agrupa funções semelhantes em um só lugar?

HG07 – Feedback: para toda ação do usuário, é necessário que a aplicação forneça um *feedback* de modo a garantir ao usuário que esta seja reconhecida pelo sistema. O sistema deve indicar se a ação foi realizada com sucesso ou erro.

- O design da interface gráfica e a organização ajudam a evitar erros?
- O usuário reconhece quando um erro acontece?
- Há mensagem de confirmação para ações críticas, como exclusão?

HG08 – Navegação e Controle do Usuário: fornecer aos usuários o máximo de controle possível das suas interações com o sistema, além de formas de sair de situações indesejadas e desfazer eventuais erros.

- As funções importantes são colocadas na parte superior da tela para evitar toques errados?
- O botão voltar sempre volta à página anterior?
- A interface fornece formas fáceis e claras de sair da tela ou de sair do estado indesejado?

HG09 – Ajuda: auxiliar os usuários a reconhecerem, diagnosticarem e sanarem erros com mensagens claras, indicando o melhor caminho para solucionar o problema.

Apesar da semelhança com as heurísticas de usabilidade já descritas na fundamentação teórica, especialmente as heurísticas de Nielsen, vê-se que os requisitos de acessibilidade aqui estudados têm um foco específico em aplicações móveis, ponto principal desta pesquisa. Além disso, há requisitos específicos referentes ao modo de navegação e interação do usuário cego com *smartphones*, diretrizes que não são contempladas em heurísticas de usabilidade tradicionais.

No próximo tópico, será feita uma comparação das heurísticas já exploradas anteriormente na fundamentação teórica, a fim de compará-las às Heurísticas do GuAMA geradas neste tópico.

5.2 Heurísticas de Acessibilidade

Após uma análise das heurísticas, foi possível constatar que várias dessas diretrizes são comuns entre si, muitas vezes até mesmo repetitivas. Para isso, é necessário fazer uma compilação abordando o que há de comum e as diferenciações entre elas.

Por meio da matriz exposta na Tabela 10, é possível identificar essas semelhanças nas heurísticas mais usuais: Heurísticas de Nielsen (H), Princípios de Usabilidade de Jordan (PU), Recomendações de Usabilidade de Schneidermann (RU), os Critérios Ergonômicos de Bastien e Scapin (CE) e com as Heurísticas do GuAMA (HG), todos já apresentados na fundamentação teórica desta pesquisa:

Tabela 10 - Tabela comparativa entre heurísticas de usabilidade e as Heurísticas do GuAMA

Heurísticas de Nielsen (H)	Princípios de Usabilidade de Jordan (PU)	Recomendações de Usabilidade de Schneidermann (RU)	Critérios Ergonômicos de Bastien e Scapin (CE)	Heurísticas do GuAMA (HG)
H1 Visibilidade do status do sistema	PU04 Feedback	RU03 Oferecer <i>feedback</i> informativo RU04 Diálogos que indiquem o término da ação	CE01 Condução	HG07 - Feedback
H2 Correspondência entre Sistema e mundo real	PU10 Previsibilidade		CE07 Significância do código	HG05 – Consistência e Padrões
H3 Liberdade e Controle do Usuário	PU06 Controle do Usuário	RU07 Suporte interno de controle	CE03 Controle explícito	HG08 – Navegação e Controle do Usuário
H4 Consistência e Padrões	PU01 Consistência	RU01 Esforço por consistência	CE06: Consistência	HG05 – Consistência e Padrões
H5 Prevenção de Erros	PU05 Prevenção e correção de erros	RU05 Prevenção de Erros		
H6 Reconhecer em vez de relembrar	PU08 Priorização de funcionalidade e informação	RU08 Reduzir a carga de curta memória	CE02 Carga de trabalho	HG06 – Redução de Carga Cognitiva
H7 Flexibilidade e Eficiência do uso	PU03 Consideração		CE04: Adaptabilidade	

	dos recursos do usuário			
H8 Estética e Design Minimalista	PU07 Clareza visual			HG01 - Design Minimalista
H9 Suporte ao usuário para reconhecimento, diagnóstico e recuperação de erros		RU06 Permitir reverter ações	CE05: Gestão de erros	HG09 – Ajuda
H10 Ajuda e Documentação				HG09 – Ajuda
	PU02 Compatibilidade		CE08: Compatibilidade	
	PU09 Transferência apropriada de tecnologia	RU02 Atender à usabilidade universal		
				HG02 - Rótulos e audiodescrição
				HG03 - Área de Toque
				HG04 - Arquitetura da Informação

Fonte: A Autora, 2019.

A partir desta matriz, podemos listar, abaixo, heurísticas que abarcam a maioria dos problemas de usabilidade a serem identificados na avaliação realizada pelos especialistas, incluindo problemas específicos de acessibilidade.

Heurísticas de Acessibilidade:

1. Design Minimalista
2. Rótulos e Audiodescrição
3. Área de Toque
4. Arquitetura da Informação
5. Feedback
6. Redução de Carga Cognitiva
7. Consistência e Padrões
8. Liberdade e Controle do usuário
9. Flexibilidade e Eficiência do uso

10. Compatibilidade
11. Atender à usabilidade universal
12. Gestão de Erros e Ajuda

A seguir, será feito o detalhamento do resultado da compilação de heurísticas de acessibilidade listadas acima.

5.3 Detalhando as Heurísticas de Acessibilidade

Neste tópico, serão detalhadas as heurísticas compiladas no tópico anterior. Foram organizadas de modo a garantir que o especialista responsável pela avaliação possa compreendê-las através de uma descrição e exemplos práticos. Assim, foram listadas seguindo a seguinte lógica de organização:

ID – Nome da Heurística

Descrição

Exemplos

Onde o ID será HA (Heurísticas de Acessibilidade), como forma de diferenciar das heurísticas já listadas anteriormente.

HA01 - Design Minimalista

Descrição: na interface, devem ser privilegiados os componentes relevantes e com função comprovada, reduzindo a carga cognitiva do usuário com deficiência visual. As informações exibidas devem ser lidas de forma rápida e fácil, sem dar margem a interpretações equivocadas, incluindo rotulagem e informações de feedback.

Exemplo: o uso de cores na interface deve facilitar a identificação dos componentes de interação para usuários com baixa visão e deve ser adequado aos usuários daltônicos. As fontes devem ter tamanho adequado para leitura, também considerando os usuários com baixa visão.

HA02 - Rótulos e audiodescrição

Descrição: todos os elementos da interface precisam estar com sua função claramente descrita para o usuário com deficiência visual. A audiodescrição deve ser

curta, objetiva, não redundante e precisa informar o tipo do componente selecionado e a ação que será realizada.

Exemplo: um botão deve ter seu nome e ação realizada, um campo de texto deve informar o que é esse campo e como deve ser preenchido. Numa imagem estática, ou seja, sem ação correspondente, sua descrição deve contextualizar o usuário cego sobre o que aquela imagem representa.

HA03 – Área de Toque

Descrição: a área de toque de cada componente deve ser suficientemente grande para que o usuário consiga identificá-lo na navegação da tela com o dedo. Deve-se evitar posicionar elementos de interface com espaçamento pequeno entre si, pois isso aumenta a possibilidade de toque não intencional em outros elementos próximos aos com que o usuário deseja interagir.

Exemplo: ícones e botões pequenos ou próximos demais dificultam a sua identificação pelos usuários cegos, bem como sua identificação no mapeamento da tela. Ícones próximos às bordas da tela também são dificilmente encontrados.

HA04 – Arquitetura da Informação

Descrição: a forma como a interface está organizada influi diretamente na sua rápida leitura e compreensão pelo usuário cego. Utilizar os elementos da interface em posicionamento padrão, de modo que sejam facilmente identificáveis na varredura da tela.

Exemplo: a barra de ferramentas deve ser mantida fixa no topo da interface, e elementos importantes devem estar posicionados próximo às extremidades da tela, pois é nesses locais que os usuários cegos iniciam seu mapeamento. Listas ordenadas devem seguir alguma lógica fácil de ser reconhecida e formulários devem ter seus componentes distribuídos por linha, evitando o uso de colunas.

HA05 – Feedback

Descrição: para toda ação do usuário é necessário que a aplicação forneça um *feedback* de modo a garantir ao usuário que esta seja reconhecida pelo sistema. O sistema deve indicar se a ação foi realizada com sucesso ou erro. Esse *feedback* deve ser de acordo com o tipo de ação, se mais frequentes ou não, pois isso infere diretamente no tipo de *feedback* dado.

Exemplo: se o usuário vai deletar alguma informação, o sistema deve fornecer um *feedback* em forma de confirmação. Se o usuário clica em um elemento que não tem ação, um som de erro pode ser emitido para informá-lo.

HA06 - Redução de Carga Cognitiva

Descrição: a interface deve fornecer recursos que reduzam a carga cognitiva e de memória do usuário por meio de componentes e ações claros, visíveis e de fácil acesso. As funcionalidades e informações mais importantes devem ser facilmente acessadas pelo usuário e essa priorização baseia-se na frequência com que determinadas funções são usadas ou de acordo com seu grau de importância.

Exemplo: os atalhos e a função auto-complete são formas de diminuir a carga cognitiva do usuário, já que agilizam o processo de interação.

HA07 – Consistência e Padrões

Descrição: manter a lógica de padrões utilizados para que não seja forçada uma memorização desnecessária, aumentando a carga cognitiva do usuário. Elementos de interação similares devem receber tratamento estético e funcional similares para facilitar a identificação do usuário. Utilizar elementos correspondentes ao mundo real, além de linguagem e conceitos conhecidos pelos usuários, a fim de gerar familiaridade.

Exemplo: utilizar sempre os padrões de sistema, que já são familiares do usuário.

HA08 – Liberdade e Controle do Usuário

Descrição: fornecer aos usuários o máximo de controle possível das suas interações com o sistema, além de formas de sair de situações indesejadas e desfazer eventuais erros. Usuários experientes querem ter a sensação de controle da interface e que essa responda aos seus comandos.

Exemplo: ações inesperadas, sequências tediosas ou longas demais, dificuldade para obter informações contribuem para ansiedade e insatisfação do usuário.

HA09 – Flexibilidade e Eficiência do uso

Descrição: o sistema deve se comportar conforme o contexto e as necessidades e preferências dos usuários, fornecendo formas de interação para usuários principiantes

e experientes, permitindo a customização e personalização de ações realizadas com frequência.

Exemplo: aplicações que já vêm com configurações que facilitem o uso por usuários iniciantes, mas que também permitam que usuários experientes explorem configurações mais avançadas.

HA10 – Compatibilidade:

Descrição: o funcionamento do sistema deve se adequar às expectativas dos usuários, com base em seu conhecimento anterior, havendo, assim, uma compatibilidade entre uma ação e os resultados desta ação. As características dos usuários (percepção e idade, bem como suas expectativas e práticas) devem ser compatíveis com as tarefas realizadas.

Exemplo: a forma de passar de uma tela para outra numa aplicação, seguindo a ordem natural de leitura. Botões de alerta com símbolos e cores estabelecidos no universo do usuário. Em uma aplicação cuja interação ocorre por meio da fala, é fundamental que o sistema possua um amplo vocabulário capaz de reconhecer contexto, não apenas palavras exatas, e fornecer *feedback* adequado à solicitação do usuário.

HA11 - Atender à usabilidade universal:

Descrição: o sistema deve ser acessível para pessoas com diferentes habilidades individuais, permitindo, assim, o acesso ao maior número possível de usuários. Deve ser simples e intuitivo, sem complexidades desnecessárias, além de respeitar hierarquia de informações pelo nível de importância. A informação textual deve ser legível, especialmente as de maior importância, bem como o uso de cores deve melhorar a visibilidade, e não o contrário.

Exemplo: os comandos mais usados devem ser exibidos com destaque. Botões de confirmação devem ser grandes e visíveis o suficiente para que o usuário não precise procurá-los. Menus também devem ser visíveis e com opções claras e objetivas.

HA12 – Gestão de Erros e Ajuda:

Descrição: prevenir e reduzir erros, além de fornecer formas de ajudar o usuário a reconhecer e se recuperar de erros de forma clara e objetiva. As ações do sistema

devem ser reversíveis, tanto quanto for possível, ou devem indicar o melhor caminho para solucionar o problema.

Exemplo: uma aplicação que rememora uma informação do usuário já inserida no sistema anteriormente é importante, mas é preciso informá-lo antes de prosseguir com alguma ação, para que ele não cometa algum erro. Confirmação de ações como apagar ou cancelar são importantes *feedbacks* para evitar erros.

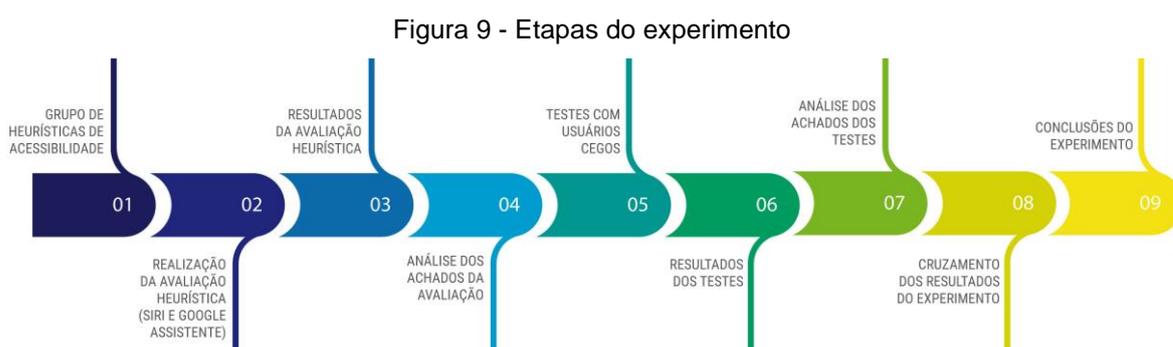
5.4 Análise e conclusões parciais

Após realizado esse cruzamento, temos um conjunto de heurísticas que tratam não somente de problemas de usabilidade, mas também de acessibilidade. Desta forma, os especialistas poderão realizar a avaliação heurística dos assistentes virtuais de forma mais completa, contemplando também questões de acessibilidade e os problemas encontrados por pessoas com deficiência visual na interação com smartphones. Após a realização do experimento, espera-se ter insumos para atingir o objetivo principal desta pesquisa, que é gerar um conjunto de recomendações de como projetar assistentes virtuais acessíveis.

No próximo capítulo será apresentado o estudo de caso: no primeiro experimento, uma avaliação heurística de dois assistentes virtuais realizada por 10 especialistas; na sequência, testes de usabilidade com usuários cegos com os mesmos assistentes virtuais. O objetivo do experimento, além de verificar a acessibilidade dos chatbots, também será de cruzar as informações e dados encontrados em cada etapa, chegando a uma conclusão mais precisa sobre o objetivo principal da pesquisa.

6 ESTUDO DE CASO

Sempre tendo em mente as questões de pesquisa, o estudo de caso tem como objetivo avaliar a acessibilidade de chatbots com foco em usuários cegos e entender como se dá essa interação por parte desses usuários. Assim, o estudo de caso consistiu em dois experimentos. O primeiro foi uma avaliação heurística que teve como base as heurísticas geradas com base na literatura, em conformidade com os guias de acessibilidade mais atualizados do mercado e utilizados exclusivamente para dispositivos móveis. O segundo foi um teste de usabilidade realizado com usuários cegos, com intuito de observar como esses usuários interagem com assistentes virtuais, validar os achados da avaliação heurística, além de encontrar outros problemas de acessibilidade.



Fonte: A Autora, 2019.

Os objetos de estudo deste experimento foram dois assistentes virtuais amplamente utilizados no mercado: Siri e Google Assistant. Siri é o assistente virtual do iOS e MacOS X, sistema operacional da Apple e exclusivo de seus dispositivos. O Google Assistant é uma aplicação disponível para os sistemas operacionais iOS e Android.

A escolha desses sistemas operacionais ocorreu pelo fato de serem os sistemas mais utilizados por 98,4% dos usuários de *smartphones*, segundo pesquisa da Startcounter em 2019.

Figura 10 - Assistentes virtuais Siri (à esquerda) e Google Assistant (à direita)



Fonte: A autora, 2019.

6.1 Experimento 1: Avaliação Heurística

Para a avaliação heurística, foram recrutados 10 especialistas divididos em 2 grupos: 5 para realizar a avaliação do Siri e 5 para o Google Assistant. O procedimento consistiu em 3 passos:

1. **Preparação:** apresentar as aplicações que serão avaliadas aos especialistas e quais os objetivos esperados da avaliação. Nesta fase, também são apresentadas as heurísticas que serão utilizadas para guiar a avaliação e como essa avaliação será conduzida.
2. **Avaliação:** nesta etapa, cada avaliador faz a inspeção das interfaces individualmente. Por se tratar de uma interface sem muitos elementos gráficos de interação, algumas atividades foram propostas com o intuito de guiar o usuário. Ao ser guiado, o especialista detecta problemas e relata-os, associando com as heurísticas de usabilidade que foram violadas (Rocha e Baranauskas, 2003).
3. **Consolidação:** após a fase de avaliação, cada especialista classifica os problemas encontrados de acordo com a heurística violada e atribui um grau de severidade para cada problema (ver escala na figura abaixo), levando em conta a natureza do problema, seu impacto na experiência e a persistência de cada erro. A partir dos problemas encontrados, é criada uma lista consolidada por todos os avaliadores.



O grau de severidade pode ser descrito da seguinte forma:

- 1) Problema sem importância: não afeta o uso
- 2) Cosmético: não há necessidade de solução imediata
- 3) Pequeno: problema de baixa prioridade (pode ser solucionado)
- 4) Grande: problema com alta prioridade (precisa ser resolvido)
- 5) Catastrófico: problema muito sério que deve ser resolvido de toda forma.

A gravidade de um problema também é medida pela combinação de três fatores:

- A frequência com que ocorre (é comum ou raro?)
- O impacto do problema (é fácil ou difícil de resolver?)
- A persistência do problema (o problema ocorre uma única vez ou repetidas vezes?)

Mesmo com as atividades propostas para guiar a interação, os especialistas ficaram livre para explorar a aplicação posteriormente, a fim de encontrar mais problemas de usabilidade e acessibilidade.

6.1.1 Objetivos da avaliação heurística

O objetivo principal desta avaliação é avaliar o grau de usabilidade e acessibilidade dos assistentes virtuais, de acordo com as Heurísticas de Acessibilidade em Chatbots.

Como objetivos específicos:

- Identificar problemas de usabilidade e acessibilidade nos assistentes virtuais;
- Apontar, em cada problema, a heurística violada;
- Aferir o grau de severidade de cada problema encontrado;
- Identificar soluções para os problemas encontrados.

6.1.2 Atividades

O protocolo de avaliação consistiu nos seguintes passos: (1) atividades para guiar o especialista e (2) navegação livre pelas aplicações. Ambos os passos tiveram como objetivo identificar problemas de usabilidade e acessibilidade, porém, as atividades guiadas foram importantes para que a exploração fosse mais direcionada, a fim de identificar o nível de autonomia e de consciência contextual que os assistentes têm e o que o usuário é capaz de realizar no *smartphone*, utilizando apenas o recurso de voz. Já que as interfaces dos assistentes têm poucos elementos gráficos de interação e a forma usual de interação é por voz, com uso do toque em alguns momentos, foram sugeridas atividades guiadas com intuito de explorar essa capacidade de realizar ações apenas por voz:

Tabela 11 - Lista de atividades sugeridas para guiar a avaliação heurística

Atividades Executadas	
A1	Ligação e Mensagens: checar se o assistente pode fazer ligações ou enviar mensagens sem intervenção humana: <ul style="list-style-type: none"> • Mandar uma mensagem para um contato da agenda • Mandar uma mensagem via WhatsApp para um contato da agenda • Fazer ligação para um contato da agenda
A2	Instalar e desinstalar uma aplicação.
A3	Interação com notificações: <ul style="list-style-type: none"> • Mostrar as notificações • Apagar Notificações
A4	Acessar configurações do aparelho: <ul style="list-style-type: none"> • Ativar o Wi-fi • Ativar Bluetooth • Ativar night shift / filtro de luz azul
A5	Abrir e interagir com aplicações: <ul style="list-style-type: none"> • Abrir o Youtube e pesquisar um clipe
A6	Criar um evento no calendário: <ul style="list-style-type: none"> • Criar um lembrete • Configurar o alarme
A7	Checar a previsão do tempo: <ul style="list-style-type: none"> • Tempo para o dia de hoje • Tempo de amanhã

A8	<p>Pesquisa contextual: nesta atividade, foram testadas as habilidades de conversação e a consciência contextual dos assistentes virtuais.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Quem foi David Bowie? • Com quantos anos ele morreu? • Qual a causa de sua morte?
-----------	--

Fonte: A Autora, 2019.

Para a realização das avaliações, foram usados *smartphones* com o sistema operacional Android na versão 9 para avaliar o Google Assistant e *Smartphones* com o sistema operacional iOS na versão 13.1 para avaliar o Siri.

6.1.3 Resultados

6.1.3.1 Google Assistant

A primeira aplicação avaliada pelos especialistas foi o Google Assistant. Para esta avaliação, a seguinte descrição de cenário foi exposta a cada participante:

O Google Assistant é o assistente virtual da Google desenvolvido para sistemas operacionais Android e iOS. Esse assistente permite que o usuário execute ações por meio de comandos de voz e/ou textos. O Google Assistant é um dos assistentes virtuais mais utilizados em smartphones na atualidade.

Dentre as ações que podem ser realizadas pelos assistentes virtuais, as ações internas do dispositivo, como fazer chamadas, enviar mensagens, configurar alarmes, inserir lembretes ou pesquisas contextualizadas, como previsão de tempo ou buscar algum endereço no mapa. Por meio deles, também é possível acionar uma aplicação externa como WhatsApp ou Google.

Para a utilização do Google Assistant, é necessário que o device esteja conectado à Internet e executar o gatilho de ativação “OK Google”.

Um total de 28 problemas foram encontrados pelos avaliadores. Na tabela 12, pode-se ver em detalhes cada um deles:

Tabela 12 - Problemas encontrados pelos especialistas durante a avaliação heurística do assistente virtual Google Assistant

Problema Encontrado	Heurística Violada	Grau de Severidade
Ativar filtro de luz azul. O assistente não consegue alterar as configurações do celular.	HA09 HA13	5
Não é possível gerenciar de qualquer forma as notificações (visualizar ou apagar).	HA08 HA09 HA11 HA12	4 5 5 3
Não é possível desinstalar um aplicativo através do assistente. É apenas disponibilizada a informação do passo-a-passo para desativá-lo.	HA08 HA12	4 3
Ao tentar instalar uma aplicação, o assistente deu respostas vagas, sem sentido. Indicou aplicações já instaladas no celular ou vídeos mostrando como usar o Google Play.	HA12	4
Abriu o Youtube e pesquisar um clipe. O assistente apenas apresenta uma página de busca no Google com as respostas ao pedido. Para reproduzir o vídeo, só com toque.	HA09	5
Assistente responde incorretamente e continua lendo a resposta independente de o usuário falar mais uma vez o gatilho "OK Google".	HA08	5
O assistente não consegue enviar a mensagem para um contato. Ao invés disso, ele cria um lembrete.	HA07	4
Ao ditar a mensagem para o assistente, não houve feedback, apenas foi repetida a mensagem ditada.	HA05	3
Não conseguiu entender o nome do contato para o qual deveria mandar a mensagem.	HA06	4
Assistente não confirma o nome do contato para o qual está sendo enviada a mensagem. A mensagem só apareceu na tela com a mensagem escrita "Você pode tentar de novo".	HA02 HA05	4 4
O idioma do assistente mudou para o inglês ao mostrar o resultado da busca.	HA10	3
Ao tentar acessar aplicativos pelo Google Play, o assistente abriu a página de filmes do Google Play.	HA09	4
Não conseguiu abrir um jogo já instalado, somente ao mudar o gatilho para o nome do jogo, após várias tentativas. Se usar o termo "jogar", ele abre o Google Play e mostra jogos não instalados.	HA07	3
Não há <i>feedback</i> auditivo para sinalizar que o usuário pode falar. O assistente não registrou o que foi falado.	HA05	3
Compreensão de palavras pelo assistente é limitada. O <i>feedback</i> auditivo resume as frases para mantê-las simples, quando deveria ater-se a manter a mensagem o mais próximo possível da fala verdadeira.	HA05 HA07 HA08 HA10 HA12	3 4 4 1 2
Mesmo quando a ordem é clara e direta, o assistente não ativa certos comandos, como entrar nas configurações com a fala. É preciso que o usuário selecione através de toque a opção.	HA09	4
Apesar do design minimalista, há variação entre a área dedicada de cada seção da tela: uma faixa de um tamanho para opções de ação, outra com ícones do assistente.	HA12	2

Todos os ícones estavam rotulados, mas o TalkBack pode acabar tendo sua fala reconhecida, caso o timbre de usuário registrado nas configurações do assistente seja similar ao dele.	HA02	4
	HA11	3

Fonte: A Autora, 2019.

6.1.3.2 Siri

A segunda aplicação avaliada pelos especialistas foi o Siri. Para esta avaliação, a seguinte descrição de cenário foi exposta a cada participante:

Siri é o assistente virtual da Apple desenvolvido para sistemas operacionais iOS e MacOS X. Esse assistente permite que o usuário execute ações por meio de comandos de voz. O Siri é um dos assistentes virtuais mais utilizados em smartphones na atualidade.

Dentre as ações que podem ser realizadas pelos assistentes virtuais, estão as ações internas do dispositivo, como fazer chamadas, enviar mensagens, configurar alarmes, inserir lembretes ou pesquisas contextualizadas, como previsão de tempo ou buscar algum endereço no mapa. Por meio deles, também é possível acionar uma aplicação externa como WhatsApp ou Google.

Para a utilização do Siri, é necessário que o device esteja conectado à Internet e executar o gatilho de ativação “E aí, Siri”.

Nesta segunda parte do experimento, um total de 34 problemas foram encontrados, conforme podemos ver na tabela 13:

Tabela 13 - Problemas encontrados pelos especialistas durante a avaliação heurística do assistente virtual Siri

Problema Encontrado	Heurística Violada	Grau de Severidade
Siri não interage com nenhuma ação de remoção. Remover aplicativos ou notificações não são ações possíveis de serem realizadas com o assistente virtual.	HA09	5
Não é possível instalar ou desinstalar apps pelo Siri apenas usando comando de voz. O assistente consegue fazer uma busca na App Store, mas não executa a ação de instalar sozinho. Também não pergunta ao usuário se quer que seja instalada a aplicação.	HA08	5
Siri não abre sites externos como Youtube nem aciona o app, mesmo estando instalado no celular. O gatilho só funciona se a	HA09	4

aplicação estiver instalada no celular e o usuário solicitar a sua abertura. Mas o Siri não consegue, sozinho, fazer um tocar vídeo do Youtube		
Não abriu o aplicativo do YouTube. Abriu algo semelhante a uma busca por clipes no navegador.	HA09	4
O retorno de buscas no Google não é lido. Usuário precisa utilizar o toque para prosseguir com a pesquisa.	HA05	5
Falta de <i>feedback</i> sonoro quando o sinal de internet está intermitente.	HA05	5
O assistente continua lendo as notificações mesmo quando o usuário pede para parar.	HA02 HA12	5
Assistente não lê conteúdo de mensagem antes de enviá-la a um contato. Usuário precisa pedir que o assistente leia antes de enviar.	HA05 HA09	3
Assistente faz ligação para um contato, mas não pede confirmação antes de realizar a ação.	HA05 HA09	3
O assistente não consegue apagar notificações.	HA09	3
Siri não consegue abrir e reproduzir aplicativos como Youtube ou Spotify.	HA10 HA05 HA02	4 2 4
Pesquisa contextual: o assistente não complementou a pesquisa anteriormente realizada.	HA12	3
O assistente ativou o wi-fi, mas não perguntou se gostaria de se conectar a uma rede específica.	HA08	1
Para ativar o <i>night shift</i> , o assistente não deu feedback se completou a ação ou não. Ao solicitar que desativasse e ativasse novamente esta função, ele respondeu que já estava ativado. Em suma: não respondeu de forma consistente nas duas solicitações.	HA05 HA08	1
Ao solicitar a criação de um lembrete, o assistente respondeu apenas “pronto” sem perguntar o horário.	HA05 HA09	2
Ao ligar para um contato com dois números, o assistente mostrou os dois para que fosse escolhido o correto, tendo sido um pouco difícil de acompanhar. O especialista só escolheu o correto porque estava vendo a tela.	HA09	2
Não foi possível cancelar uma ligação iniciada com o uso de comando de voz.	HA09	3
Dificuldade de o assistente identificar o nome de um dos contatos. Foi preciso cancelar a ação e repetir algumas vezes.	HA05 HA02	2
Siri teve bastante dificuldade para encontrar pessoas homônimas, entrando em loop.	HA05 HA02	4
O assistente teve dificuldade em entender o nome da aplicação, foi preciso repetir diversas vezes.	HA12	3
Não foi possível associar um alarme ao evento que tinha acabado de criar, apenas criar um novo alarme. Siri não guarda o contexto da ação que acabou de ser feita.	HA09	3
A mensagem do assistente não é clara em relação ao que ele não consegue fazer, a mensagem para o usuário é muito genérica.	HA05	4

Ao solicitar para Siri instalar um app é dito “ok, buscando ‘Angry Birds’ na App Store”, sem instalar a aplicação. A expectativa era uma resposta como “ok, buscando” ou “instalando...”	HA02 HA05 HA11	3
--	----------------------	---

Fonte: A Autora, 2019.

6.1.4 Média das ocorrências em cada assistente

Em relação à média das ocorrências em cada assistente, a tabela 14 mostra que o Siri teve mais violações do que o Google Assistant. No entanto, a quantidade de vezes que o Google Assistant violou alguma heurística foi maior do que o Siri, tendo ocorrências em 9 das 12 heurísticas de acessibilidade contra 7 ocorrências do Siri.

Tabela 14 - Número de problemas encontrados pelos especialistas nos dois assistentes virtuais avaliados

Heurística	Número de violações no Google Assistant	Número de violações no Siri
HA01 - Design Minimalista	0	0
HA02 - Rótulos e audiodescrição	2	5
HA03 – Área de Toque	0	0
HA04 – Arquitetura da Informação	0	0
HA05 – Feedback	4	11
HA06 - Redução de Carga Cognitiva	1	0
HA07 – Consistência e Padrões	3	0
HA08 – Liberdade e Controle do Usuário	4	3
HA09 – Flexibilidade e Eficiência do uso	5	10
HA10 – Compatibilidade	2	1
HA11 - Atender à usabilidade universal	2	1
HA12 – Gestão de Erros e Ajuda	5	3
Média Total	28	34

Fonte: A Autora, 2019.

6.1.5 Grau de severidade dos problemas encontrados

A tabela 15 abaixo mostra o número de violações de cada heurística e a média do grau de severidade:

Tabela 15 - Grau de severidade dos problemas encontrados

Heurística	Número de Violações	Média do grau de Severidade
HA01 - Design Minimalista	0	-
HA02 - Rótulos e audiodescrição	7	3,71
HA03 – Área de Toque	0	-
HA04 – Arquitetura da Informação	0	-
HA05 – Feedback	15	3,13
HA06 - Redução de Carga Cognitiva	1	4
HA07 – Consistência e Padrões	3	4,66
HA08 – Liberdade e Controle do Usuário	7	3,42
HA09 – Flexibilidade e Eficiência do uso	15	3,66
HA10 – Compatibilidade	3	2,66
HA11 - Atender à usabilidade universal	3	3,66
HA12 – Gestão de Erros e Ajuda	8	3,15
Média Total	62	3,56

Fonte: A Autora, 2019.

Um total de 62 problemas foram encontrados nos dois assistentes virtuais. Em relação à quantidade de ocorrências em cada heurística, as que mais tiveram problemas relacionados foram a HA05 – Feedback e a HA09 – Flexibilidade e eficiência do uso, totalizando 30 problemas que violam essas duas heurísticas. Na sequência, a HA02 – Rótulos e audiodescrição e HA08 – Liberdade e Controle do Usuário foram as que tiveram mais violações, 7 ocorrências em cada, totalizando 14 ocorrências.

Algumas heurísticas não foram violadas, como é o caso da H01 – Design Minimalista, HA03 – Área de Toque e HA04 – Arquitetura da Informação. Isso ocorre devido à natureza da interface, que não é essencialmente gráfica. Apesar de terem uma interface gráfica, a interação do usuário não se dá essencialmente por ela, e sim pelo uso da voz.

Já a média do grau de severidade ficou em 3,56 (pequeno) ou seja, na média, os problemas são de baixa prioridade ou podem ser solucionados.

6.1.6 Análise e síntese dos resultados

Os dois assistentes virtuais, de maneira geral, violaram as mesmas heurísticas. Algumas atividades foram realizadas com êxito nos dois assistentes, outras foram realizadas em um e não no outro. Mas, de modo geral, eles apresentaram os mesmos problemas. Abaixo, serão listadas as atividades propostas e os problemas encontrados em cada um dos assistentes:

Tabela 16 - Resultados encontrados por atividade

A1	Ligação e Mensagens: checar se o assistente pode fazer ligações ou enviar mensagens sem intervenção humana. <ul style="list-style-type: none"> • Mandar uma mensagem para um contato da agenda • Mandar uma mensagem via WhatsApp para um contato da agenda • Fazer ligação para um contato da agenda
Google Assistant	Não entendimento da ação sugerida: <ul style="list-style-type: none"> • O assistente não consegue enviar a mensagem para um contato. Ao invés disso, ele cria um lembrete. • Não conseguiu entender o nome do contato para o qual deveria mandar a mensagem Falta de Feedback: <ul style="list-style-type: none"> • Ao ditar a mensagem para o assistente, não houve feedback, apenas foi repetida a mensagem ditada. • Não confirmar o nome do contato antes de enviar a mensagem. A mensagem aparece na tela, mas não é lida pelo assistente.
Siri	Falta de Feedback: <ul style="list-style-type: none"> • Assistente não lê conteúdo de mensagem antes de enviá-la a um contato. Usuário precisa pedir que o assistente leia antes de enviar. • Assistente faz ligação para um contato, mas não pede confirmação antes de realizar a ação.

A2	Instalar e desinstalar uma aplicação.
Google Assistant	O assistente não consegue instalar aplicativos no celular sem que o usuário interaja por toque.
Siri	Não é possível instalar ou desinstalar apps pelo Siri apenas usando comando de voz. O assistente consegue fazer uma busca na App Store, mas não executa a ação de instalar sozinho. Também não pergunta ao usuário se quer que seja instalada a aplicação.

A3	Interação com notificações: <ul style="list-style-type: none"> • Mostrar as notificações • Apagar Notificações
Google Assistant	O assistente não consegue ler as notificações do celular

Siri	O assistente mostra e lê as notificações, mas não consegue apagá-las.
-------------	---

A4	Acessar configurações do aparelho: <ul style="list-style-type: none"> • Ativar o Wi-fi • Ativar Bluetooth • Ativar night shift / filtro de luz azul
Google Assistant	O assistente consegue ativar o wi fi e o bluetooth, mas não ativa o filtro de luz azul.
Siri	O Assistente consegue realizar todas as configurações sugeridas pelos usuários.

A5	Abrir e interagir com aplicações: <ul style="list-style-type: none"> • Abrir o YouTube e pesquisar um clipe
Google Assistant	Dependendo do gatilho acionado pelo usuário, ele faz uma busca no Google pelo artista sugerido. Mas, de maneira geral, ele consegue interagir com a aplicação instalada no celular e abre o clipe sugerido sem problemas
Siri	O assistente não interage com a aplicação do Youtube instalada no celular. Ele faz uma pesquisa no Google por clipes daquele artista.

A6	Criar um evento no calendário: <ul style="list-style-type: none"> • Criar um lembrete • Configurar o alarme
Google Assistant	O Assistente consegue criar um lembrete e ativar o alarme.
Siri	O Assistente consegue criar um lembrete e ativar o alarme.

A7	Checar a previsão do tempo: <ul style="list-style-type: none"> • Tempo para o dia de hoje • Tempo de amanhã
Google Assistant	O Assistente consegue checar a previsão do tempo para o dia corrente e o próximo.
Siri	O Assistente consegue checar a previsão do tempo para o dia corrente e o próximo.

A8	Pesquisa contextual: nesta atividade, foram testadas as habilidades de conversação e a consciência contextual dos assistentes virtuais. <ul style="list-style-type: none"> • Quem foi David Bowie? • Com quantos anos ele morreu? • Qual a causa de sua morte?
Google Assistant	O Assistente consegue realizar uma pesquisa em sequência, entendendo o que foi pesquisado anteriormente e respondendo conforme o contexto.
Siri	O Assistente não consegue realizar uma pesquisa que dependa de contexto.

Das heurísticas mais violadas, a HA09 (Flexibilidade e Eficiência do Uso) e a HA05 (Feedback) foram as que obtiveram mais ocorrências, 15 cada uma.

Devido à limitação da avaliação em utilizar apenas o comando de voz, os usuários não puderam finalizar certas atividades com êxito, a menos que utilizassem, também, o toque para isso. Dessa forma, os assistentes não dão total autonomia para um usuário com limitações físicas, como os com deficiência visual, violando muitas vezes a HA09.

Outro problema relatado com frequência pelos especialistas foi a questão do *feedback* audível. Assim, a outra heurística mais violada foi a de Feedback, HA05. Para toda ação do usuário é necessário um *feedback* sonoro que garanta ao usuário que seu gatilho foi ouvido pelo assistente ou que sua solicitação foi reconhecida de maneira correta. Se o usuário solicita algo ao assistente, ele deve fornecer o *feedback* exato do que foi pedido. Isso garante segurança e autonomia por parte de quem utiliza esse sistema.

Ainda relacionado ao problema de feedback, a heurística HA08 (Liberdade e Controle do Usuário) também contou com algumas ocorrências. Se o assistente não fornece total autonomia ao usuário ou formas de sair de situações indesejadas, como, por exemplo, alguma ação que o assistente não pôde realizar sozinho, ele vai se frustrar e dificilmente irá utilizar a aplicação novamente. Os usuários querem ter a sensação de controle da interface e que o sistema responda aos seus comandos de forma correta. Caso não consigam, deve ser fornecido o *feedback* adequado.

A HA02 (Rótulos e Audiodescrição) também tem relação com feedback audível, já que todos os elementos da interface devem estar claramente descritos para o usuário com deficiência visual. Essa heurística é mais relacionada ao leitor de telas, mas, no uso de um assistente virtual, cuja interação se dá por voz, a audiodescrição de todos os elementos passíveis de interação, elementos textuais e visuais precisa estar descrita para que o usuário tenha a compreensão do que está acontecendo e saber agir a partir daquele momento. Mesmo que algumas ações dependam da interação por gesto, o usuário precisa estar ciente disto.

Alguns problemas também são relacionados à prevenção de erros e ajuda ao usuário, violando a heurística HA12 (Gestão de Erros e Ajuda). O assistente deve fornecer formas claras e objetivas de ajudar o usuário a reconhecer e se recuperar de erros. Caso não seja possível, é imprescindível que seja fornecido um *feedback* claro dessa impossibilidade.

De forma mais pontual, outras duas heurísticas também foram violadas durante as avaliações: a HA07 (Consistência e Padrões) e a HA10 (Compatibilidade). A HA07 refere-se a manter a lógica dos padrões durante todo o uso, para evitar uma memorização desnecessária por parte do usuário e, com isso, aumentar sua carga cognitiva. A HA10 refere-se ao funcionamento da aplicação ser adequado ao que o usuário espera dela, adequando-se às suas expectativas, e havendo compatibilidade entre ação e resposta. No caso de um assistente virtual, cuja interação ocorre por meio da fala, é fundamental que o sistema seja capaz de reconhecer contexto e não apenas palavras exatas, além de fornecer *feedback* adequado à solicitação do usuário. A tabela 17 abaixo faz uma síntese dos problemas encontrados na primeira parte do experimento:

Tabela 17 - Síntese dos problemas encontrados e possíveis soluções

	Problemas encontrados	Possíveis soluções
Autonomia para o Usuário	O assistente não consegue instalar uma aplicação sozinho, sem que haja interação por toque por parte do usuário.	Esse problema provavelmente acontece por uma questão de segurança (não instalar nada sem o consentimento do usuário) ou por uma barreira para impedir o acesso a informações e à gestão de apps (dados sensíveis). Porém, se a solicitação surge de uma necessidade do usuário, o assistente deveria dar opções de ação para que o usuário tenha poder de escolha e, com isso, maior autonomia.
	Assistente ignora gatilho do usuário e continua lendo um retorno incorreto.	Ao acionar o gatilho “OK Google” ou “E aí, Siri”, o assistente deve interromper a leitura dos resultados. Entende-se que se o usuário ativa o gatilho novamente é porque deseja-se realizar uma nova pergunta ou pesquisa.

	A compreensão de palavras pelo Assistente é limitada. Há inconsistência e maior esforço do usuário ao tentar que sua frase real seja transmitida, o que diminui o seu controle sobre a própria fala.	Melhorar a capacidade de compreensão de termos, sotaques e especificidades da própria fala do usuário por parte do assistente.
	Mesmo quando a ordem é clara e direta, o assistente não ativa certos comandos, como entrar nas configurações com a fala. É preciso que o usuário selecione essa opção por meio de toque.	O assistente deve dar opções de ação para que o usuário tenha poder de escolha e, com isso, maior autonomia.
Feedback Audível	Falta de <i>feedback</i> para o usuário em relação ao que está apresentado visualmente na tela.	O assistente deve fornecer feedback audível sempre que um resultado para uma solicitação aparecer na tela, mesmo que já tenha o retorno visual.
	Falta de <i>feedback</i> audível de que o assistente entendeu quando o usuário faz alguma solicitação.	Em alguns casos, o assistente não retorna com um feedback sonoro de que o gatilho do usuário foi compreendido. Mais uma vez, esse retorno precisa ser além do visual.
	Ausência de <i>feedback</i> audível para sinalizar que o usuário pode falar.	Sem esse feedback, o usuário cego não consegue saber se o que ele disse foi registrado ou não pelo assistente, bem como a hora de acionar o gatilho.
	O <i>feedback</i> do assistente em relação ao que ele não consegue fazer não é muito claro. A mensagem para o usuário é muito genérica.	O sistema deveria propor, de forma contextual, uma solução para isso, podendo, inclusive, informar formas alternativas de resolver a questão do usuário.
	O <i>feedback</i> audível resume as frases para mantê-las simples.	O assistente deveria ater-se a manter a mensagem o mais próximo possível da fala verdadeira.
Interação com configurações do smartphone	O assistente não consegue ler nem apagar as notificações do celular.	Novamente, esse caso pode ser um limite de acesso imposto pelo smartphone por questões de segurança. Para dar maior autonomia ao usuário, o assistente poderia confirmar a ação de leitura e ou exclusão de notificações.
	Ativar wi-fi sem perguntar em qual rede o usuário deseja se conectar.	O assistente entende que o usuário gostaria de se conectar a uma rede wi-fi conhecida,

		porém, para dar mais autonomia ao usuário, o assistente deveria confirmar essa ação.
	O filtro de luz azul do Android não foi acionado pelo assistente.	O assistente precisa melhorar a interação com ações simples de configuração do aparelho.
Interação com aplicações	O assistente não forneceu <i>feedback</i> nem do texto que foi ditado pelo usuário nem uma confirmação de que a mensagem fora enviada.	O usuário precisa de feedback e confirmação de toda ação que o assistente pode realizar por ele.
	A interação com algumas aplicações instaladas no celular é falha ou inexistente. O exemplo do YouTube é bem claro neste aspecto.	O assistente deve melhorar a interação com aplicações do celular, oferecendo maior liberdade ao usuário e facilitando tarefas simples do cotidiano. Caso não seja possível essa interação, deve-se deixar claro para o usuário.
Consistência nas interações	O assistente mudou o idioma falado para inglês.	O assistente precisa manter a consistência, tanto nos resultados dos gatilhos acionados pelos usuários, como na língua falada.
Consciência Contextual	O Google Assistant responde bem a uma pesquisa contextual, ou seja, consegue compreender que uma segunda pesquisa sobre o mesmo assunto está sendo realizada pelo usuário. Já o Siri não consegue entender quando a natureza da pesquisa é contextual.	O assistente precisa ter a inteligência para reconhecer quando uma pesquisa é contextual e responder de acordo.

Fonte: A Autora, 2019.

A seguir, será relatado todo o processo de execução dos testes com os usuários cegos, bem como os resultados das atividades realizadas.

6.2 Experimento 2: Teste com Usuários

O teste de usabilidade tradicional é realizado com os usuários por meio de tarefas pré-definidas, buscando evidências empíricas para melhorar a usabilidade de uma interface (GOULD; LEWIS, 1985). Geralmente, é realizado em ambiente controlado, como um laboratório, mas pode ser feito no contexto do dia-a-dia do usuário, caracterizando-se, nesse caso, como uma técnica etnográfica.

Os testes foram realizados no Laboratório de Usabilidade do Projeto CIn-Samsung, na Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Para registro, os testes foram filmados com duas câmeras de filmagem e gravados com gravador de voz. Contou com a presença de mais dois pesquisadores do Projeto CIn-Samsung nos papéis de moderador e observador. Os testes também foram registrados no software Morae para uma melhor análise dos dados coletados.

O experimento foi realizado com uso uma técnica combinada: entrevista situada com teste de usabilidade. A entrevista situada busca compreender o fluxo de pensamento e ação das pessoas que estão sendo observadas através de suas explicações e relatos sobre o que estão realizando. A entrevista foi feita por meio de um questionário semiestruturado, com intuito de entender as necessidades, sentimentos e comportamentos dos usuários e algumas tarefas pré-definidas com a observação, cujo objetivo é compreender a ação da atividade em si. Para a melhor captura desses relatos, a entrevista seguiu um roteiro natural, com questões abertas e tópicos a serem explorados. As perguntas foram ajustadas de acordo com o contexto, dando abertura ao usuário a abordar dados importantes sobre o uso do produto.

Esta fase do experimento contou com os seguintes passos:

- Aplicação dos testes de usabilidade e da entrevista situada, contando com a coleta de dados, com intuito de validar o experimento 1 de avaliação heurística;
- Compilação dos dados, que foram transcritos e descritos;
- Análise e interpretação dos dados, utilizando uma abordagem qualitativa de análise e interpretação;
- Consolidação e considerações finais, quando será apresentada uma compilação dos achados dos testes e insights dos usuários.

6.2.1 Objetivos dos testes

O objetivo principal dos testes com usuários é validar os achados da avaliação heurística em relação à usabilidade e acessibilidade dos assistentes virtuais, na qual foram utilizadas as Heurísticas de Acessibilidade, já apresentadas neste trabalho. Como objetivos específicos:

- Descobrir problemas de usabilidade e acessibilidade nos assistentes virtuais, por meio do uso com pessoas cegas;
- Identificar insights dos usuários durante o uso dessas aplicações;
- Encontrar as necessidades reais desses usuários no uso de assistentes virtuais;
- Obter insumos para melhorias na usabilidade desses produtos, no que concerne aos problemas de acessibilidade.

6.2.2 Roteiro do teste

Para realizar o teste, cada participante se dirigiu ao Laboratório de Usabilidade do Projeto CIn Samsung, na UFPE. Lá, em cada sessão, foi explicado pelo moderador como ocorreria a sessão. E seguida, foi lido o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), assinado por cada participante. Para cada um, foram feitas perguntas de teor demográfico e sobre o uso de *smartphones*. Após essa introdução, foi explicado como seria realizado o teste. Cada participante sempre inicia as atividades dizendo em voz alta o que está fazendo. A sessão continua até que todas as atividades sejam realizadas. Ao final, perguntas foram feitas a respeito das tarefas realizadas.

Assim como na avaliação heurística, o roteiro do teste foi baseado em atividades comuns de uso de *smartphones*, porém, dentro do contexto de uso de assistentes virtuais. Para isso, as seguintes atividades foram solicitadas:

- Ativar o wi-fi;
- Enviar uma mensagem de texto pelo WhatsApp;
- Instalar um aplicativo;
- Fazer uma busca no Google;
- Criar um lembrete;
- Pesquisar um vídeo no YouTube.

6.2.3 Análise dos dados

Na fase de coleta de dados, o roteiro seguiu três momentos (1) conversa inicial, com o intuito de “quebrar o gelo”, seguida da leitura do TCLE; (2) realização das atividades, observação e avaliação da interação do usuário com o Assistente Virtual, e (3) perguntas pós-teste.

A análise dos dados se baseou em observação sobre (1) os caminhos que cada participante seguiu durante a realização de uma tarefa; (2) os problemas encontrados; (3) comentários, insights e recomendações dos usuários e (4) respostas às perguntas ao final da sessão. As métricas utilizadas para análise das atividades dos testes foram:

1. **Conclusão da tarefa:** o cenário é concluído com êxito quando o participante indica que encontrou a resposta ou completou o objetivo da tarefa.
2. **Erros críticos:** houve desvios na conclusão da atividade e o participante não poderá concluir a tarefa.
3. **Erros não críticos:** erros que podem ser recuperados pelo participante e não influem no êxito da conclusão da tarefa.
4. **Taxa livre de erros:** porcentagem de participantes do teste que concluem a tarefa sem erros (erros críticos ou não críticos).
5. **Tempo de conclusão:** a quantidade de tempo que o participante leva para concluir a tarefa.
6. **Nível de dificuldade:** baseado no tempo e na facilidade de conclusão, essa métrica pode ser classificada como Sem Dificuldade, Baixo, Médio e Alto.
7. **Medidas subjetivas:** relatos dos participantes no que concerne a satisfação, facilidade de uso, facilidade de encontrar informações, etc.
8. **Recomendações:** Do que os participantes mais gostaram e do que menos gostaram na aplicação, além de recomendações de melhoria.

6.2.4 Amostra dos participantes

Para a realização dos testes, foram recrutadas 6 (seis) pessoas com deficiência visual total. Em relação à experiência com sistemas operacionais Android e iOS, metade da amostragem possui experiência com Android e a outra metade com iOS, compondo,

assim, uma amostragem heterogênea em relação ao uso de *smartphones*, conforme mostra a tabela 14:

Tabela 18 - Dados demográficos e experiência prévia dos participantes com *smartphones*

Participante	Origem da deficiência e nível de cegueira	Idade	Gênero	Grau de escolaridade	Smartphone e sistema operacional atuais	Tempo de uso
1	Nascença	37	Feminino	Fundamental completo	Samsung J5 e Moto Z2	4 anos
2	Nascença (Retino blastoma bilateral)	32	Feminino	Pós-graduação (em andamento)	LG K10 Pro	5 anos
3	Poucos dias de vida (retino blastoma bilateral)	42	Masculino	Pós-graduação	Iphone 6S Plus	6 anos
4	Aos 15 anos (Descolamento da retina)	54	Masculino	Superior completo	Iphone 5S	5 anos
5	Poucos meses de vida (Atrofia do nervo ótico)	33	Masculino	Ensino médio completo	Iphone SE	4,5 anos
6	Nascença (glaucoma congênito)	28	Masculino	Ensino médio completo	Moto G4 Plus	4 anos

Fonte: A Autora, 2019.

Todos os usuários nasceram cegos ou perderam a visão muito cedo, o que implica um início de uso de *smartphones* já com perda total da visão, bom como a interação com esses dispositivos apenas com toque e áudio. Todos possuem experiência de uso de mais de 4 anos, o que os torna aptos à utilização de *smartphones* sem auxílio de terceiros.

Em relação ao uso de comandos de voz, 100% dos participantes declaram utilizar com frequência. O uso de comandos de voz os auxilia em diversas situações do cotidiano, como digitar textos, fazer ligações, realizar pesquisas e buscar contatos no celular. No que concerne ao uso de assistentes virtuais, todos conhecem, com apenas um dos usuários não os utilizando no dia a dia por falta de oportunidade, apesar de gostar e utilizar muito o recurso do comando de voz.

O perfil dos usuários demonstra que o conhecimento e uso de comandos de voz e assistentes virtuais existem, sendo recursos que fazem parte do cotidiano dessas pessoas, colaborando com a importância desta pesquisa ao tentar entender como essa interação é feita, bem como quais problemas de acessibilidade existem e podem ser melhorados.

6.2.5 Participantes e Atividades executadas

Conforme já mencionado, as atividades realizadas durante os testes estão expostas na tabela 15:

Tabela 19 - Lista de atividades dos testes com usuários

Atividades Executadas	
A1	Ativar o wi-fi
A2	Enviar uma mensagem de texto pelo WhatsApp
A3	Instalar um aplicativo
A4	Fazer uma busca no Google
A5	Criar um lembrete
A6	Pesquisar um vídeo no Youtube

Fonte: A Autora, 2019.

A tabela 16 faz referência ao sistema operacional utilizado por cada participante nos testes:

Tabela 20 - Sistemas operacionais utilizados pelos participantes durante os testes

Participante	Sistema Operacional
1	Android
2	Android
3	iOS
4	iOS
5	iOS

6	Android
---	----------------

Fonte: A Autora, 2019.

A seguir, serão analisados os resultados dos testes de acordo com as métricas estabelecidas e já listadas anteriormente.

6.2.6 Análise dos resultados

6.2.6.1 Conclusão da tarefa

As atividades tiveram tempos bastante distintos para conclusão, variando de poucos segundos a vários minutos. Todos os participantes completaram a tarefa 1 e 2 com êxito, 4 participantes concluíram as tarefas 4 e 5, e metade dos participantes completaram a tarefa 6.

Nenhum dos participantes completou a tarefa 3 (instalar um aplicativo). Vale salientar que essa atividade não foi concluída por falha dos próprios assistentes virtuais, devido ao fato de não serem capazes de realizar a ação proposta sem a utilização de intervenção do usuário por meio de toque. Na tabela 21, podemos ver as atividades que foram concluídas com êxito e as que não foram:

Tabela 21 - Tabela com as atividades concluídas com êxito pelos participantes e os respectivos percentuais de taxas de conclusão

Participante	A 1	A 2	A 3	A 4	A 5	A 6
1	✓	✓	x	✓	✓	✓
2	✓	✓	x	x	✓	✓
3	✓	✓	x	✓	✓	x
4	✓	✓	x	✓	✓	x
5	✓	✓	x	✓	x	x
6	✓	✓	x	x	x	✓
Sucesso	6	6	0	4	4	3

Taxas de Conclusão	100%	100%	0%	66.6%	66.6%	50%
--------------------	-------------	-------------	-----------	--------------	--------------	------------

Fonte: A Autora, 2019.

6.2.6.2 Tempo de conclusão

A atividade 3 não foi executada com êxito por todos os participantes, levando-os a passar mais tempo na tentativa de concluí-la. Conforme já relatado, essa atividade possuía a restrição completa dos assistentes de ser realizada apenas por voz, levando à falha na sua conclusão por todos os participantes.

A atividade que exigiu menor tempo para conclusão foi a atividade 1, levando uma média de 34.16 segundos para ser realizada. Mesmo sendo uma atividade sem dificuldade ou de baixa dificuldade, o participante 4 encontrou certa dificuldade na sua realização. A tarefa 5 também contou com uma média baixa e foi, de modo geral, uma atividade realizada com baixa dificuldade, exceto pelo participante 5, que levou um tempo muito maior que os demais, por falha do assistente virtual (o assistente dá um *feedback* positivo de tarefa realizada, mas não conclui a tarefa de fato).

O problema encontrado na atividade 3 exigiu que os participantes fizessem várias tentativas de realizá-la com êxito, levando mais tempo para concluir (média de 249 segundos), fazendo com que a média de tempo geral de conclusão de todas as atividades subisse. No entanto, as médias dos tempos de conclusão variaram de 34.16 a 249 segundos (mais de 4 minutos), na maioria das vezes, com uma média de 104,8 segundos (menos de 1 minuto). A tabela 22 mostra os tempos de realização de cada atividade em segundos:

Tabela 22 - Tabela com o tempo de conclusão de cada atividade em segundos

Participante	A1	A 2	A 3	A 4	A 5	A 6
1	16	145	144	59	19	21
2	15	42	452	214	18	16
3	13	53	242	83	78	79

4	100	106	446	88	55	207
5	22	74	46	35	199	196
6	39	80	164	156	13	38
Média Total em segundos	34.16	83.33	249	105.83	63.66	92.83

Fonte: A Autora, 2019.

6.2.6.3 Nível de Dificuldade

Os níveis de dificuldade das atividades foram classificados de acordo com a facilidade ou dificuldade no desempenho e execução de cada atividade por cada participante. Na tabela 23, observa-se o nível de dificuldade de cada participante, de acordo com a atividade:

Tabela 23 - Tabela com o nível de dificuldade de cada atividade

Participante	A 1	A 2	A 3	A 4	A 5	A 6
1	Sem Dificuldade	Alto	Alto	Baixo	Sem Dificuldade	Sem Dificuldade
2	Sem Dificuldade	Sem Dificuldade	Alto	Alto	Sem Dificuldade	Sem Dificuldade
3	Sem Dificuldade	Sem Dificuldade	Alto	Baixo	Médio	Baixo
4	Alto	Médio	Alto	Médio	Sem Dificuldade	Alto
5	Baixo	Baixo	Alto	Baixo	Alto	Alto
6	Baixo	Baixo	Alto	Médio	Sem Dificuldade	Sem Dificuldade
Média do Nível de Dificuldade	Muito Baixo	Baixo	Alto	Médio	Baixo	Médio

Fonte: A Autora, 2019.

Pode-se observar, conforme já relatado, que a atividade 3 foi a que apresentou o maior nível de dificuldade de realização, devido à restrição do assistente em concluir a ação proposta. O tempo alto para a tentativa de realização e as várias tentativas, sem êxito, de conclusão, aumentaram o grau de dificuldade dessa tarefa, mesmo já tendo sido

identificado que o erro em questão não veio dos usuários. No caso da atividade 6, houve uma dificuldade maior nos usuários de iOS para a conclusão da tarefa.

6.2.6.4 Erros críticos e não críticos

Algumas falhas ocorreram durante os testes por problemas com os próprios assistentes virtuais e conflitos com o leitor de telas nativo. Dos problemas mais comuns ocorridos:

- Conflito entre o assistente virtual e o leitor de telas (ocorreu 7 vezes durante a realização dos testes), conforme tabela 24:

Tabela 24 - Erros relacionados a conflitos entre assistente virtual e leitor de telas

A 1	A 2	A 3	A 4	A 5
O assistente virtual apresenta um resultado, mas não emite <i>feedback</i> .	O assistente virtual escuta o gatilho do usuário, mas não realiza a ação.	<ul style="list-style-type: none"> • O assistente virtual apresenta um resultado, mas não lê para o usuário; • O assistente virtual deixa de escutar o comando do usuário muito rápido; • O assistente sugere uma ação que exige interação por toque, mas não emite <i>feedback</i> sobre isso. 	O assistente virtual deixa de escutar o comando do usuário muito rápido.	O assistente virtual não emite <i>feedback</i> pela ação realizada.

Fonte: A Autora, 2019.

- O assistente virtual não emite *feedback* para o usuário sobre ação realizada (ocorreu 9 vezes durante os testes), como mostra tabela 25:

Tabela 25 - Erros relacionados a *feedback*

A 2	A 5
O assistente virtual não confirma o texto ditado pelo usuário	O assistente virtual não emite <i>feedback</i> pela ação realizada. Indica que “vai lembrar disso”, dando ao usuário o entendimento de conclusão da atividade, porém, sem completar a ação (criar lembrete).

Fonte: A Autora, 2019.

6.2.7 Síntese dos resultados

Tabela 26 - Síntese dos resultados dos testes

Atividade 1 – Ativar o wi-fi		
Tempo e grau de dificuldade	Comandos utilizados	Síntese
<p>Maior tempo: 100s Menor tempo: 13s</p> <p>Nível de dificuldade: Muito Baixo</p>	<ul style="list-style-type: none"> • “Ativar conexão wi-fi”; • “Ativar wi-fi” 	<p>Atividade comum no cotidiano dos usuários e de baixa complexidade, o resultado esperado era que fosse uma atividade fácil de ser executada e concluída com êxito por todos os participantes. No entanto, as dificuldades encontradas pelos participantes remetem muito mais à pouca prática de uso dos assistentes virtuais no dia a dia do que uma dificuldade no seu uso. Houve o esquecimento de acionar o gatilho do assistente virtual antes de fazer a solicitação da atividade, ou a houve solicitação da atividade antes de receber <i>feedback</i> de que o assistente estava pronto para ouvi-lo. Das dificuldades provenientes do assistente virtual, observou-se o conflito com o leitor de telas e falta de <i>feedback</i> quando apresentado um resultado de solicitação do usuário.</p>

Atividade 2 - Enviar uma mensagem de texto pelo WhatsApp		
Tempo e grau de dificuldade	Comandos utilizados	Síntese
<p>Maior tempo: 106s Menor Tempo: 42s</p> <p>Nível de dificuldade: Muito Baixo</p>	<ul style="list-style-type: none"> • “Enviar mensagem para (nome do contato) pelo Whatsapp”; • “Enviar Whatsapp para o pesquisador”; • “Enviar uma nova mensagem pelo Whatsapp para (nome do contato)”; • “Escrever mensagem para o (nome do contato)”; • “Quero enviar uma mensagem para (nome do contato) no aplicativo Whatsapp”; • “Enviar mensagem via Whatsapp para o (nome do contato)” 	<p>Apesar de comum no cotidiano dos participantes, a atividade exigia que essa ação fosse realizada por meio do assistente virtual. Como a tarefa dependia da execução de uma aplicação externa (o WhatsApp), esperava-se um nível de complexidade um pouco mais alto. Porém, a dificuldade geral foi baixa. Dentre as principais dificuldades encontradas, mais uma vez, a ausência do gatilho para abrir o assistente virtual ou a solicitação da ação pelos usuários ocorrendo antes do <i>feedback</i> do assistente virtual. Um dos usuários solicitou a ação sem mencionar o aplicativo pelo qual a mensagem seria enviada. Em relação aos problemas encontrados por falha dos assistentes, o Google Assistant não forneceu <i>feedback</i> nem do texto que foi ditado pelo usuário nem uma confirmação de que a mensagem fora enviada.</p>

Atividade 3: Instalar um aplicativo

Tempo e grau de dificuldade	Comandos utilizados	Síntese
<p>Maior tempo: 452s Menor Tempo: 46s</p> <p>Nível de dificuldade: Alto</p>	<ul style="list-style-type: none"> • “Instalar aplicativo Banco do Brasil”; • “Instalar o aplicativo do Banco do Brasil”; • “Instalar aplicativo BB”; • “Quero instalar o aplicativo Bradesco”; • “Baixar aplicativo do Banco do Brasil”; • “Abrir Playstore e baixar aplicativo Banco do Brasil”; • “Abrir Playstore instalar aplicativo do Banco do Brasil” 	<p>A atividade não foi concluída com êxito por nenhum dos participantes. Porém, mesmo sabendo que a tarefa não poderia ser concluída com êxito apenas com o uso do assistente virtual, ela foi mantida por ser interessante observar a reação dos participantes ao não conseguirem realizar uma tarefa solicitada. Assim, os participantes passaram muito tempo tentando realizar a ação solicitada, mesmo sem sucesso, na tentativa de encontrar uma forma qualquer de concluí-la, levando-os, assim, a uma sensação de frustração. Mais uma vez, por parte do assistente virtual, há conflito com o leitor de telas e a falta de <i>feedback</i> para o usuário, em relação ao que está apresentado visualmente na tela de resultados.</p>

Atividade 4: Fazer uma busca no Google

Tempo e grau de dificuldade	Comandos utilizados	Síntese
<p>Maior tempo: 214s Menor Tempo: 435s</p> <p>Nível de dificuldade: Médio</p>	<ul style="list-style-type: none"> • “Qual a previsão do tempo amanhã na cidade de Recife?” • “Qual a previsão do tempo em Recife amanhã?” • “Qual a previsão do tempo para amanhã?” • “Previsão do tempo amanhã” • “Qual a previsão do tempo para amanhã em Recife dia 14 do 8 de 2018.” • “Qual o restaurante mais próximo da pracinha de Boa Viagem” (Ilha Sertaneja); • “Qual o restaurante mais próximo da praça de Boa Viagem” (Chica Pitanga); • “Qual restaurante mais próximo da pracinha de Boa Viagem” (Pimenta de Cheiro); • “Qual o restaurante fica mais próximo da praça de 	<p>A atividade contava com dois momentos. No primeiro, o participante deveria checar a previsão de tempo para o dia seguinte. Em seguida, sabendo onde estaria no dia seguinte, fazer uma pesquisa sobre o restaurante mais próximo desta localidade. Dentre as dificuldades encontradas pelos participantes, mais uma vez, a solicitação de ação surge antes de se ter <i>feedback</i> de prontidão do assistente virtual.</p>

	Boa Viagem em Recife” (Papa Capim).	
--	--	--

Atividade 5: Criar um lembrete		
Tempo e grau de dificuldade	Comandos utilizados	Síntese
<p>Maior tempo: 199s Menor Tempo: 13s</p> <p>Nível de dificuldade: Baixo</p>	<ul style="list-style-type: none"> • “Me lembre de ligar amanhã para (nome do contato) às 9h da manhã” • “Lembre-me de ligar para (nome do contato) amanhã às 9h” • “Adicionar um novo lembrete amanhã às nove reunião com (nome do contato)”. • “Lembrar de fazer contato com o (nome do contato) amanhã às 9h” 	<p>Por se tratar de uma atividade comum do cotidiano dos usuários, foi considerada uma tarefa de baixa complexidade. No entanto, por conflitos entre o leitor de telas e o assistente virtual, além da falta de <i>feedback</i> para o usuário, dois participantes não conseguiram concluir a atividade com êxito. Por parte dos usuários, a solicitação da ação antes do <i>feedback</i> do gatilho foi a principal dificuldade encontrada.</p>

Atividade 6: Pesquisar um vídeo no YouTube		
Tempo e grau de dificuldade	Comandos utilizados	Síntese
<p>Maior tempo: 207s Menor Tempo: 16s</p> <p>Nível de dificuldade: Médio</p>	<ul style="list-style-type: none"> • “Assistir vídeo de lançamento do Galaxy S9 no Youtube.” • “Samsung S9 no Youtube.” • “Procure no Youtube e mostre Samsung S9.” • “Abrir Youtube em um vídeo do Samsung Galaxy S9.” 	<p>A tarefa dependia da execução de uma aplicação externa (o YouTube), e, mais uma vez, esperava-se algum tipo de dificuldade na sua execução. Houve dificuldade em executar essa atividade no Siri, devido à incompatibilidade de plataforma (iOS x Android). Mesmo o usuário tendo usado o gatilho “assistir no YouTube”, o assistente direciona a busca para o navegador, ao invés de fazer a comunicação com a aplicação ou com o próprio site do YouTube. Por parte dos usuários, as principais dificuldades foram a solicitação de ação antes do gatilho do assistente virtual e a forma adequada de fazer a solicitação.</p>

Fonte: A Autora, 2019.

6.2.8 Recomendações e feedbacks dos participantes

De maneira geral, os participantes relataram que se sentiram bem ao utilizar os assistentes virtuais. Todos (100%) avaliaram como positiva a experiência de uso, gostaram e acharam prazeroso utilizar os assistentes. Aprender novos empregos para

os assistentes, em especial em atividades corriqueiras, como o envio de mensagens pelo WhatsApp, foi a principal vantagem relatada. Outro aspecto positivo exposto pelos participantes é a forma intuitiva de funcionar que pode ser muito útil para usuários que ainda não têm domínio do leitor de telas. De maneira geral, foi relatado que o grande aspecto positivo dos assistentes é melhorar a acessibilidade dos *smartphones* para pessoas com deficiência visual.

Alguns relataram frustração e sensação de impotência ao não conseguirem realizar algumas tarefas, mesmo sabendo que a falha não foi deles, e sim dos assistentes virtuais.

De maneira geral, os usuários avaliaram os assistentes virtuais como muito bons, obtendo uma média geral de 8,41, como mostra tabela 27.

Tabela 27 - Grau de satisfação dos usuários com os assistentes virtuais

Participante	1	2	3	4	5	6
Grau de Satisfação no uso dos Assistentes Virtuais (0 a 10)	9	7	8	8	10	8,5
Média Geral	8,41					

Fonte: A Autora, 2019.

Dentre as vantagens e aspectos positivos, destacam-se o auxílio a pessoas com deficiência visual, em especial para aquelas que estão começando a usar *smartphones*.

Como ponto de melhoria, foi citada a possibilidade de realização de uma ação usando apenas o comando de voz. Algumas atividades exigiam também a interação por toque para sua conclusão, e isso é um fator de dificuldade em relação à acessibilidade. Outro ponto de melhoria citado foi aperfeiçoar a integração com aplicativos externos, tornando as solicitações mais rápidas e práticas para o usuário.

A falta de *feedback* por parte dos assistentes em situações em que acontece um impasse na interação, seja pela necessidade de uso de toque, seja pela necessidade

de complementar a solicitação, foi um aspecto de melhoria geral. Esse foi um ponto que causou bastante frustração nos usuários, gerando um pouco de desconfiança no uso dos assistentes virtuais.

A atividade que não pôde ser concluída por falha dos assistentes virtuais gerou bastante frustração, tornando-se um ponto urgente de melhoria. Hoje, as pessoas querem praticidade e agilidade. Instalar aplicações é algo que fazemos de forma corriqueira. O assistente virtual deveria facilitar a ação e não dificultá-la.

Como sugestão de funcionalidades, foi proposta a integração com aplicativos, permitindo a utilização de forma global do *smartphone* por meio do assistente virtual. Além da possibilidade de instalação de aplicativos, isso iria melhorar outras tarefas, como ativação leitor de tela, leitura de e-mails e mensagens, pesquisa na web, leitura de imagens, funções de comando de vídeos, como poder reproduzir ou parar, solicitar um Uber, etc.

A avaliação da acessibilidade dos assistentes virtuais foi, de modo geral, positiva. Todos os participantes afirmaram que o assistente virtual pode ser útil no dia a dia. Com alguns aprimoramentos e melhorias, pode se tornar uma ferramenta a mais no auxílio a pessoas com deficiência.

No próximo tópico, será feita a conclusão dos resultados encontrados, tanto na avaliação heurística como nos testes com os usuários. Os achados de ambos os experimentos serão mostrados de forma conjunta, com intuito de responder às questões de pesquisa e atingir os objetivos iniciais deste trabalho.

6.3 Discussão sobre os experimentos

Esta pesquisa parte da hipótese de que os assistentes virtuais podem ser extremamente úteis para pessoas com deficiência visual. A partir desta hipótese, surgem as questões de pesquisa:

- Chatbots são acessíveis para os usuários cegos?
- Como esses usuários interagem com essas interfaces?

Com o intuito de validar a hipótese e de responder às duas questões que nortearam esta pesquisa, foram realizados dois experimentos: a avaliação heurística, feita por especialistas, e os testes com os próprios usuários cegos. Também foi objetivo do estudo de caso verificar se, utilizando para as avaliações um novo conjunto de heurísticas, os resultados dos experimentos convergem.

Em ambos os experimentos, foram utilizados os mesmos assistentes virtuais: Google Assistant e Siri. Após a realização do experimento, temos uma lista de questões encontradas, tanto na avaliação heurística quanto nos testes com usuários cegos que, basicamente, dizem respeito a três grandes questões - feedback, autonomia para o usuário e inteligência do assistente:

Tabela 28 - Síntese dos problemas encontrados no experimento

Feedback	Autonomia para o usuário	Inteligência do Assistente Virtual
O assistente virtual apresenta um resultado na tela, mas não emite feedback sonoro.	O assistente não consegue instalar aplicações de forma autônoma, sem que haja interação por toque por parte do usuário.	O Google Assistant responde bem a uma pesquisa contextual, ou seja, consegue compreender que uma segunda pesquisa sobre o mesmo assunto está sendo realizada pelo usuário. Já Siri não consegue entender quando a natureza da pesquisa é contextual.
O assistente virtual escuta o gatilho do usuário, mas não realiza a ação.	O assistente às vezes ignora gatilho do usuário e continua lendo um retorno incorreto.	Um mesmo gatilho muitas vezes se comporta de maneira diferente em situações diferentes.
O assistente virtual apresenta um resultado, mas não o lê para o usuário.	O assistente não consegue gerenciar as notificações do celular (ler e apagar)	Usuários novos podem sentir dificuldade até conseguirem se comunicar com o assistente. É necessário um ajuste na forma de construção de sentenças, que devem ser despidas, sem sotaque, vícios e figuras de linguagem. Um usuário com um léxico mais reduzido pode não conseguir criar uma comunicação adequada

		com o assistente, havendo frustração.
O assistente virtual deixa de escutar o comando do usuário muito rápido.	O assistente não confirma certas ações, como ativar wi-fi sem perguntar em qual rede o usuário deseja entrar.	
O assistente sugere uma ação que exige interação por toque, mas não emite <i>feedback</i> sobre isso.	O filtro de luz azul do Android não é acionado pelo assistente.	
O assistente virtual não emite <i>feedback</i> pela ação realizada.	A interação com algumas aplicações instaladas no celular é falha ou inexistente. O exemplo do YouTube é bem claro neste aspecto.	
O assistente virtual não confirma o texto ditado pelo usuário.	Mesmo quando a ordem é clara e direta, o assistente não ativa certos comandos, como entrar nas configurações com a fala. É preciso que o usuário selecione essa opção por meio de toque.	
O assistente não fornece uma confirmação de que uma mensagem fora enviada.	A compreensão de palavras pelo assistente é limitada. Há inconsistência e maior esforço do usuário ao tentar que sua frase real seja transmitida, o que diminui o seu controle sobre a própria fala.	

Fonte: A Autora, 2019.

Os problemas encontrados na avaliação heurística podem ser fatores de dificuldade no uso por pessoas cegas. A instrução inicial dada a todos os especialistas é que utilizassem apenas o comando de voz e realizassem todas as interações sem o uso do toque. Isso porque a intenção foi, além de avaliar o grau de acessibilidade desses assistentes, entender o nível de autonomia que os usuários podem ter no seu uso.

O primeiro problema é a questão do *feedback*, relatado por diversos especialistas em atividades distintas. Esse é um problema grave, que precisa ser melhorado no processo de atualização dessas aplicações. Para o usuário vidente (que enxerga) esses podem ser problemas pequenos e facilmente contornáveis, visto que o *feedback* visual é rapidamente compreendido. Mas, para um usuário cego, é um fator dificultante.

Em seguida, a questão da autonomia para o usuário. Ações que poderiam ser facilmente realizadas pelo assistente são barradas por limitações às vezes técnicas, e outras por entender que estas execuções podem afetar a segurança do usuário. Vale analisar cada cenário isoladamente para averiguar se o impedimento por parte do sistema para realizar ações de forma mais autônoma afeta ou não a segurança do usuário.

O mesmo é válido para a interação com aplicações que estão instaladas no *smartphone*, que muitas vezes é interrompida ou não concluída por limitações do próprio sistema. Siri ainda não consegue tocar uma música específica no Spotify, mas acredita-se que seu desenvolvimento esteja trabalhando com essa integração, pois é uma ação bastante comum no cotidiano das pessoas.

Por fim, a questão da consciência contextual dos assistentes, visto que Siri ainda não possui tal capacidade. Este é um ponto bastante importante no caso de uma busca por informações sequenciais no navegador, ação bastante usual no cotidiano dos usuários. A própria inteligência dos assistentes precisa ser melhorada para que a comunicação com os usuários se torne mais fluida.

Por outro lado, os assistentes virtuais são intuitivos e, mesmo para usuários iniciantes, são fáceis de usar, permitindo uma curva de aprendizado bem elevada. Usuários novos podem sentir um pouco dificuldade no ajuste da forma de falar até conseguirem se comunicar com o assistente. Essa necessidade de ajuste na forma como a sentença é falada para o assistente, sem vícios de linguagem, pode ser um aspecto de dificuldade, mas é rapidamente solucionado com a experiência de uso.

Ainda necessitam de muitas melhorias no que diz respeito aos conflitos com leitores de tela e em relação a *feedback* ao usuário, carecendo de uma melhora no retorno do que está sendo executado em tela. A integração com aplicativos externos é algo que precisa ser melhorado de forma urgente, pois se percebeu que certas ações ficaram inconclusivas, gerando frustração para os usuários. Além disso, essa integração facilitaria muitas atividades cotidianas dessas pessoas. Os assistentes virtuais podem ajudar os usuários a sair de situações indesejadas, quando o *feedback* adequado é fornecido nessas situações.

6.4 Recomendações

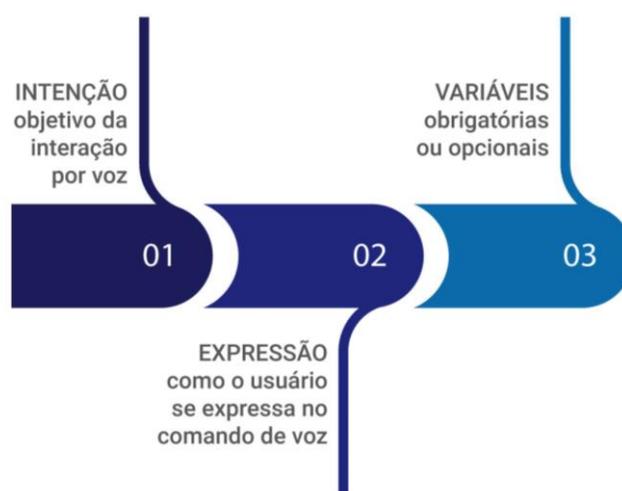
Interfaces de voz são muito diferentes das interfaces gráficas de usuário, então as mesmas diretrizes de design não podem ser aplicadas no projeto destas interfaces. Nas interfaces de usuário por voz, é possível utilizar recursos visuais, mas eles não devem ser o foco da interação. E, por se tratar de uma interação primordialmente por voz, os usuários não terão indicações claras sobre o que a interface pode fazer ou quais são suas opções.

“A fala é o meio fundamental da comunicação humana. Mesmo quando outras formas de comunicação - como escrita, expressões faciais ou linguagem de sinais - seriam igualmente expressivas (ouvintes) em todas as culturas persuadir, informar e construir relacionamentos principalmente através da fala.” (Nass, Brave, 2007)

Nass e Brave (2007) ainda argumentam que os usuários, em certa medida, relacionam-se com as interfaces de voz da mesma maneira que se relacionam com outras pessoas. Assim, as expectativas dos usuários em relação a uma interface de voz são, de um certo modo, as mesmas de uma conversa real, sabendo que a frustração será grande caso algo não ocorra como eles esperam.

Para projetar assistentes virtuais acessíveis e com boa usabilidade, precisamos, primeiro, ter em mente os seguintes pontos:

Figura 11 - Aspectos de uma conversa com uma interface por voz



A intenção é o objetivo mais amplo que o usuário deseja alcançar com aquele comando de voz. Pode ser desde a execução de uma tarefa muito específica (ligar o wi-fi) ou outras mais amplas e vagas (uma pesquisa sobre um artista). No caso de solicitações que necessitem de mais informações do usuário, o assistente pode pedir para especificar mais a tarefa.

A expressão é a forma como o usuário comunica o que deseja fazer, ou seja, é seu comando de voz propriamente dito.

As variáveis são complementos necessários ao entendimento da solicitação do usuário. Solicitações como “quero ouvir uma música no Youtube” ou “quero enviar uma mensagem no WhatsApp” necessitam de outras variáveis, tais como “qual artista você quer ouvir?” ou “para quem você quer enviar a mensagem?”, e o assistente virtual precisa estar pronto para solicitar essas informações adicionais.

Assim, com os achados desta pesquisa e com os resultados encontrados no experimento, é possível propor recomendações para projetar assistentes virtuais acessíveis. São recomendações que não passaram por uma validação científica, mas que partem da observação pessoal da pesquisadora em torno dos experimentos realizados. Essas recomendações seguem os seguintes princípios:

1. **Rapidez:** após o gatilho ou solicitação do usuário, o retorno do assistente virtual deve ocorrer o mais rápido possível, mesmo que isso signifique interromper uma ação atual.
2. **Transitoriedade:** o som emitido pelo assistente para mostrar que está pronto para ser ouvido pelo usuário deve ser rápido e claro, indicando que o usuário pode falar. É importante que esse *feedback* seja rápido, para que não haja conflito com o que o usuário falará na sequência.
3. **Clareza:** o usuário deve saber exatamente quando sua solicitação está sendo ouvida pelo assistente.
4. **Consistência:** o *feedback* do assistente deve ser o mesmo, de acordo com o tipo de solicitação. Diferenças no retorno ou no *feedback* sonoro confundem os usuários e geram frustração.

5. **Autonomia:** sempre que for possível, o assistente deve realizar todas as ações propostas pelo usuário. A proatividade em executar uma ação, desde que de forma explícita e com *feedback* claro, é um princípio importante, que fornece autonomia para o usuário.
6. **Precisão:** os usuários precisam de informações suficientes para concluir sua tarefa, mas sem sobrecarga cognitiva. No caso de uma interface conversacional, cuja interação primordial se dá por voz, ainda considerando questões de acessibilidade, palavras são tudo o que há para se comunicar. Isso torna a tarefa de transmitir informações e dados complexos bastante difícil, pois é necessário ser preciso e sucinto na comunicação.
7. **Distinção:** para cada tipo de retorno do assistente virtual, um tipo de som diferente deve ser emitido para não causar confusão na compreensão pelo usuário.
8. **Sugestão:** ao se deparar com uma ação que dependa de interação do usuário, seja por voz ou gestos, o assistente deve fornecer *feedback* sonoro de forma clara, oferecendo sugestões de ação possíveis para o usuário prosseguir na interação.
9. **Inteligência:** o assistente deve ter inteligência suficiente para compreender contexto. Deve ser capaz de identificar o contexto de solicitação do usuário e trazer retorno adequado. Seja numa busca por informações com várias solicitações, seja na interação com aplicações, o assistente precisa compreender o contexto de uso do usuário e fornecer opções e resultados condizentes. Além disso, com a utilização do assistente, ele deve ser capaz de aprender com interações corriqueiras do usuário e sugerir ações quando ocorrer o uso de funcionalidades do *smartphone*.
10. **Ajuda:** usuários iniciantes podem se sentir confusos ou inseguros. Sugestões de interação são importantes não somente para usuários neófitos, mas para as situações em que, mesmo os usuários experientes se sintam incapazes de sair de uma situação. O assistente sempre deve oferecer formas de sair de situações adversas.

Essas recomendações são apenas um guia de boas práticas para projetos de assistentes virtuais acessíveis. Outras questões podem surgir, oriundas de problemas futuros, advindas da melhoria desses sistemas e de maior adesão de usuários. O

importante é, sempre, seguir o ciclo de desenvolvimento de um sistema de forma iterativa, incluindo os usuários nas fases de descobertas e testes, voltando ao início do ciclo sempre que um ponto de melhoria for encontrado.

6.5 Conclusões do capítulo

O objetivo geral desta pesquisa é fornecer um conjunto de recomendações para projetar assistentes virtuais acessíveis. Para atingir esse objetivo, alguns objetivos específicos fizeram-se necessários:

- Gerar, de forma sistemática, um conjunto de heurísticas de acessibilidade para avaliação dos assistentes virtuais;
- Investigar a acessibilidade dos assistentes virtuais para pessoas com deficiência visual, no contexto de uso de smartphones, por meio de avaliação heurística e testes com usuários cegos.
- Observar o nível de satisfação e agradabilidade dos usuários cegos no uso dos assistentes virtuais, além de investigar suas dificuldades de interação, quais as causas e níveis de severidade;
- Desenvolver um conjunto de recomendações para projetar assistentes virtuais acessíveis.

Com a pesquisa do estado da arte e a fundamentação teórica que embasou este trabalho, foi possível atingir todos os objetivos iniciais. Para a realização do primeiro experimento, foi gerado um conjunto de heurísticas de forma sistemática. O experimento foi realizado e conseguiu-se chegar a um resultado válido, que confirma a hipótese inicial e responde às questões de pesquisa.

Podemos concluir com os experimentos que os problemas de usabilidade e acessibilidade encontrados pelos especialistas são os mesmos encontrados nos testes com os usuários. Problemas relatados pelos especialistas como graves, no que diz respeito ao uso por pessoas com deficiência visual, coincidem com o que foi relatado pelos usuários que participaram dos testes de usabilidade. Com a realização dos testes, análise dos dados e entrevistas com os usuários, é possível ter uma conclusão a respeito da acessibilidade dos assistentes virtuais em consonância com

a avaliação heurística. Por fim, apesar de vários problemas relatados, pode-se concluir que, de modo geral, os assistentes virtuais podem ser muito úteis no cotidiano, especialmente para usuários com deficiência visual.

7 CONCLUSÕES

Esta pesquisa inicia-se a partir da percepção sobre a forma de interação de pessoas cegas com *smartphones*. Uma interação que se dá por meio da fala (tanto de *input* do usuário como de *output* do sistema) e por gestos, de forma muito particular. Ainda assim, a compreensão e o entendimento de uma interface ocorrem por meio do que é dito sobre ela; a forma como o usuário cego “enxerga” essas interfaces depende, quase que exclusivamente, da maneira como o *smartphone* as descreve e de seus elementos de interação.

Ao mesmo tempo em que há essa percepção sobre o paradigma de interação das pessoas cegas com *smartphones*, surge o entendimento de que assistentes virtuais estão se lançando no mundo atual para nos auxiliar em tarefas cotidianas. Mais do que isso: eles podem ser extremamente úteis para pessoas com deficiência visual. A partir desta hipótese, surgem as questões de pesquisa:

- Chatbots são acessíveis para os usuários cegos?
- Como esses usuários interagem com essas interfaces?

Tendo como norte estas questões, inicia-se uma busca pelo estado da arte em interfaces conversacionais e acessibilidade.

Em princípio, foi feita uma revisão sistemática da literatura em duas fases. A primeira, uma pesquisa específica por *strings* relacionadas a acessibilidade e chatbots, em que não foram encontrados estudos específicos sobre esse cruzamento de palavras-chave, reforçando a ideia de se pesquisar algo dentro dessa temática.

Na segunda etapa da pesquisa, foram incluídas novas palavras-chave e geradas novas *strings* de busca, com intuito de complementar a pesquisa preliminar. Essa segunda etapa proporcionou vários achados relativos a abordagens de avaliação de usabilidade utilizando heurísticas, requisitos e recomendações para identificar problemas de usabilidade e acessibilidade de interfaces gráficas.

Dentro dessa revisão, também foram pesquisados trabalhos acadêmicos relacionados a interfaces multimodais, levando em consideração que as interfaces dos assistentes virtuais podem ter vários modos de interação, incluindo voz, gestos e textos.

Na revisão da literatura, chegou-se à conclusão de que a avaliação heurística ainda é um dos métodos de validação de interfaces mais utilizados. Essa avaliação pode ser realizada com um conjunto de heurísticas clássicas, como as de Nielsen, ou mesmo com a criação de um novo conjunto de heurísticas que atendam ao modo de interação de determinado tipo de interface. Isso corroborou com a intenção de gerar um novo conjunto de heurísticas, tendo como base heurísticas clássicas de usabilidade e requisitos de acessibilidade, bem como e com objetivo de abarcar, além dos problemas de usabilidade dos assistentes virtuais, questões relativas à acessibilidade dessas interfaces.

7.1 Resultados da Pesquisa

Partindo da hipótese de que os assistentes virtuais podem ser extremamente úteis para pessoas com deficiência visual, pode-se concluir, com esta pesquisa que, sim, eles são úteis no cotidiano dessas pessoas. Muitos usuários ainda agem com desconfiança a respeito de uma nova tecnologia e têm medo de fazer algo errado com ela. Por isso, é importante que os assistentes virtuais melhorem em diversos aspectos já citados nos resultados da avaliação heurística e dos testes com usuários com intuito de gerar uma confiança maior no uso dessas interfaces. De maneira geral, os pontos de melhoria são:

- *Feedback* audível de tudo que acontece na tela do assistente, sejam resultados de uma solicitação do usuário, seja de algo que o assistente não consegue encontrar na sua busca;
- Mais autonomia para os usuários. Isso se dá com a proatividade em resolver problemas, desde que haja *feedback* claro para o usuário antes de executar qualquer ação. Ações simples, como mudar as configurações do aparelho, instalar aplicações ou mesmo a interação com aplicações existentes são atividades que os usuários querem que o assistente faça por eles;

- Melhorar a inteligência por trás do assistente, para que ele consiga manter uma conversa fluida com o usuário. Ao invés de fazer uma nova pesquisa, o assistente deve entender o contexto da pesquisa anterior e complementá-la.

Algumas recomendações podem ser decorrentes do próprio experimento, realizado a partir da própria observação da pesquisadora, dos especialistas e dos usuários cegos que realizaram os testes:

1. Melhorar o entendimento do que está sendo dito pelo usuário;
2. Não depender de internet para a sua utilização, especialmente para interagir com funções básicas do *smartphone*, como controle de volume, pesquisar contatos, acessar a calculadora, etc;
3. O leitor de telas entra em conflito com o assistente quando está acionado. Para que não haja conflito no entendimento, o leitor de telas poderia ficar em silêncio ou desabilitado durante o uso do assistente virtual;
4. Pessoas com deficiências auditivas não são atendidas pelos assistentes de voz;
5. O assistente poderia interagir com o usuário de acordo com o contexto do uso. De acordo com o tipo de aplicação, com que o usuário deseje interagir ou o tipo de solicitação que irá fazer, o assistente virtual poderia sugerir ações relacionadas àquele contexto;
6. Ao perceber que o usuário está repetindo uma mesma solicitação, o assistente virtual deve reconhecer esta repetição e oferecer ajuda;
7. Quando a solicitação do usuário envolver palavras homófonas, o contexto da solicitação deve ser analisado para oferecer ao usuário opções de escolha;
8. Ao ser acionado o gatilho do assistente, mesmo que ele esteja realizando a busca de uma solicitação anterior, ele deve parar e escutar a nova solicitação do usuário;
9. Sempre ler para o usuário os resultados de uma busca, mesmo que esses apareçam visualmente na tela;
10. Identificar quando uma busca é contextual, com várias solicitações seguidas com base no mesmo assunto ou tema, e atender de acordo com o contexto.
11. Sempre fornecer *feedback* audível claro e conciso de tudo que está ocorrendo no sistema. Isso inclui não somente resultados de uma pesquisa, mas, também, falhas do assistente;

12. Sempre confirmar uma ação que inclua um texto ditado pelo usuário (envio de mensagens ou envio de e-mail, por exemplo) antes de concluir a solicitação.

Assim, voltamos às perguntas de pesquisa.

Chatbots são acessíveis para os usuários cegos? Sim, os chatbots ou assistentes virtuais cuja interação se dá por comandos de voz (VUI) são acessíveis para usuários cegos. Alguns pontos de melhoria precisam ser implementados e acredita-se que, em muito breve, eles poderão substituir várias ações corriqueiras dos usuários de forma autônoma e inteligente. No experimento, observou-se que os assistentes virtuais são mais fáceis de interagir do que a forma tradicional de navegação por interfaces gráficas às quais os usuários cegos estão habituados, por meio de gestos, mapeando a tela ou utilizando a navegação por foco (gesto tab). Está claro que as VUI não substituirão essa forma de interação, mas, para algumas ações e atividades mais simples, elas são capazes de auxiliar muito pessoas com deficiência visual utilizando apenas comandos de voz.

Como os usuários cegos interagem com essas interfaces? Observou-se no experimento que os usuários interagem com essas interfaces de forma muito fluida, pois já têm familiaridade com interação por voz. Toda interação dos usuários cegos com smartphones com usuários cegos se dá por leitores de tela. Eles já têm o hábito de fazer algumas solicitações por meio de voz, como enviar mensagens ou fazer buscas na internet. Os assistentes por voz têm a vantagem de precisar de pouca ou quase nenhuma interação por gestos, podendo ser capazes de realizar diversas tarefas de maneira autônoma.

Desta forma, pode-se concluir que, com melhorias nas atualizações desses sistemas, em um futuro muito próximo, eles poderão se tornar o braço de direito, não somente de pessoas com deficiência visual, mas também pessoas com deficiência física e idosos.

Outro ponto que deve ser abordado nesta pesquisa é a necessidade de gerar um novo conjunto de heurísticas para realizar a avaliação com especialistas. Já foi dito no capítulo 5 que essa necessidade se deu pela natureza das questões de pesquisa, o tipo de objeto estudado e o enfoque em determinado recorte de usuários. As heurísticas utilizadas amplamente em inspeções cobrem praticamente a totalidade de

problemas de usabilidade já conhecidos, sendo possível realizar avaliações heurísticas com este fim. Porém, como o foco desta pesquisa é em acessibilidade de pessoas cegas, sentiu-se a necessidade de incluir problemas específicos deste grupo de usuários, problemas não cobertos pelas heurísticas tradicionais.

O que se pode concluir é que a avaliação heurística e os testes com usuários tiveram resultados convergentes, conforme já discutido. E isso corrobora com a necessidade primária desta pesquisa em gerar um novo conjunto de heurísticas tendo como base a natureza dos problemas enfrentados por pessoas cegas na interação com smartphones, não somente de usabilidade, mas também de acessibilidade.

7.2 Trabalhos futuros

Para trabalhos futuros, sugere-se desenvolver metodologias mais robustas para geração de novas heurísticas para domínios específicos. Já existem muitos estudos nesse sentido (Rusu et al., 2011 e 2017), porém, especificamente para questões de acessibilidade, acredito que seja importante desenvolver procedimentos metodológicos mais consistentes para o desenvolvimento de heurísticas. As metodologias analisadas sugerem passos bastante úteis para a geração de novas heurísticas, porém, falta uma metodologia que possa ser replicada de forma sistemática, com etapas formais de procedimentos e métodos a serem seguidos. Também não existe, atualmente, um protocolo formal para a validação de novas heurísticas. O que normalmente ocorre é a comparação com heurísticas clássicas, como as de Nielsen, ou outra mais específica para o padrão de interação do sistema em questão. A criação de um protocolo de validação de novas heurísticas é uma sugestão para trabalhos futuros.

Outra sugestão para somar a esta pesquisa é a ampliação do guia de recomendações, com base em mais testes, além de avaliações de outros tipos de aplicações, com foco em acessibilidade e usuários cegos. Gerar um guia sólido, com processos e recomendações baseados em metodologias mais formais, é outra contribuição futura importante.

7.3 Considerações finais

A principal contribuição desta pesquisa, não somente para a linha de pesquisa de ergonomia, englobando disciplinas como usabilidade e acessibilidade, mas também para o design como um todo, foi o aprofundamento da análise sobre como pessoas cegas interagem com smartphones, bem como quais são suas dificuldades e desafios. Ao mesmo tempo, partindo de uma hipótese de que os assistentes virtuais podem auxiliar essas pessoas no uso do smartphone, foi importante investigar se esses assistentes são acessíveis ou não. O papel do designer, além de projetar experiências melhores, também é de inclusão. Projetar para pessoas vai além de entender suas dores e necessidades: é resolver seus problemas e aumentar a quantidade de pessoas beneficiadas com o uso do produto ou sistema.

Outra contribuição para o design e para a área de ergonomia foi a geração de heurísticas de acessibilidade, possibilitando que os especialistas que não tenham intimidade com requisitos e recomendações de acessibilidade possam avaliar aplicações levando em consideração problemas de usabilidade e acessibilidade.

Somente desta forma, projetando para as pessoas, testando, avaliando e ouvindo seus *feedbacks*, é que um produto pode ser realmente centrado nas pessoas e não somente em regras de negócios. Pensar nas pessoas que utilizarão aquele produto ou sistema, incluindo aquelas para quem o sistema pode ser de extrema utilidade no seu cotidiano, é a melhor forma de garantir que ele vá atender às suas necessidades e sanar suas dores.

Fala-se muito que o design deve ser a prática da empatia. Empatia é a capacidade de identificação com o outro, de se colocar no lugar do outro. É preciso ir além da empatia: é necessário praticar a alteridade. Colocar-se no lugar do outro, mas numa relação horizontal, baseada na valorização das diferenças existentes e no diálogo, na escuta. Sentir, de verdade, as dores dos usuários, conhecer e ouvir as pessoas para as quais se está projetando um sistema ou produto são os elementos-chave que fazem com que o designer seja agente de mudança e de melhoria na vida das pessoas.

REFERÊNCIAS

- ABDUL-KADER, A., WOOD, J. **Survey on Chatbot Design Techniques in Speech Conversation Systems**. In (IJACSA) International Journal of Advanced Computer Science and Applications, Vol 6, N. 7, pp. 72-80 (2015)
- AL-RAZGAN, Muna S.; AL-KHALIFA, Hend S.; AL-SHAHRANI, Mona D. **Heuristics for Evaluating the Usability of Mobile Launchers for Elderly People**. In: Marcus A. (eds) Design, User Experience, and Usability. Theories, Methods, and Tools for Designing the User Experience. DUXU 2014. Lecture Notes in Computer Science, vol 8517. Cham: Springer, 2014.
- BASTIEN J. M. Christian, SCAPIN, Dominique L. **Ergonomic Criteria for the Evaluation of Human-Computer Interfaces (v. 2.1)**. Technical Report No. 156, 1993.
- BOTELHO, L. L. R.; CUNHA, C. C. A.; MACEDO, M. **O método da revisão integrativa nos estudos organizacionais**. Belo Horizonte, Gestão e Sociedade. 2011.
- CASTRO, Fernanda, TEDESCO, Patrícia; ALVES, Havana, QUINTINO, J., STEFFEN, J., OLIVEIRA, F., SOARES, F., SANTOS, A.L.M, SILVA, F.Q.B. **Developing a Corporate Chatbot for a Customer Engagement Program: a Roadmap**. 2017.
- CHISNELL, D.E., REDISH, J.C.G., LEE, A.M.Y.: **New Heuristics for Understanding Older Adults as Web Users**. Technical Communication 53(1), 39–59. Washington, 2006.
- CUNNINGHAM, Katie. **Accessibility Handbook**. California; O'Reilly, 2012.
HELLER, Steven; VIENNE, Veronique. **Citizen Designer**. Nova York: Allworth Press, 2003.
- EPSTEIN, Robert, ROBERTS, Roberts, BEBER, Grace (Editors). **Parsing the Turing Test: Philosophical and Methodological Issues in the Quest for the Thinking Computer**. Springer: New York, 2009
- FGV. Pesquisa Anual do Uso de TI nas Empresas, FGVcia: Centro e Tecnologia de Informação Aplicada da EAESP, 30ª edição, 2019. Disponível online em: <https://eaesp.fgv.br/ensinoeconhecimento/centros/cia/pesquisa>. Acesso em 20 de Setembro de 2019.
- GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. - 4. ed. - São Paulo: Atlas, 2002.
- GÓMEZ, Rosa Yáñez; CABALLERO, Daniel Cascado; SEVILLANO, José-Luis. **Heuristic Evaluation on Mobile Interfaces: A New Checklist**. The Scientific World Journal, 2014. Disponível online em

<https://www.hindawi.com/journals/tswj/2014/434326/abs/> (Acesso em 20 de Setembro de 2019)

GOULD, John D; LEWIS, Clayton. Designing for Usability: Key Principles and What Designers Think. **Commun. ACM**, v. 28, n. 3, p. 300–311, 1985. Disponível em: <<http://doi.acm.org/10.1145/3166.3170>>.

HASSENZAHL, Marc. **User Experience and Experience Design**. In The Encyclopedia of Human-Computer Interaction, 2nd Ed. The Interaction Design Foundation, 2013.

HOLONE, Harald. **Inclusion by accessible social media**. In International Conference on Computers for Handicapped Persons, p. 554-556. Berlim: Springer Berlin Heidelberg, 2012.

HERMAWATI, Setia; LAWSON, Glyn. **Establishing usability heuristics for heuristics evaluation in a specific domain: Is there a consensus?** in Proceedings of the International Conference on Ergonomics & Human Factors, pp. 80–85. Elsevier, 2015.

HUTCHINS, E. **Metaphors for interface design**. Em M.M. Taylor, F. Neel e D.G. Bouwhuis, editors, The Structure of Multimodal Dialogue. Elsevier Science Publishers, Nova York, 1989.

IIDA, Itiro. **Ergonomia: projeto e produção**. 3ª edição, São Paulo: Blucher, 2016. IBGE - Instituto brasileiro de geografia e estatística. **Censo Demográfico 2010**. Disponível online em http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/99/cd_2010_resultados_gerais_a_mostra.pdf

ISO. ISO 9241-210:2010. **Ergonomics of human-system interaction — Part 210: Human-centred design for interactive systems**. 2010.

JORDAN, Patrick W. **An Introduction to Usability**. Taylor & Francis, 1998.

JUANG, B. H. , RABINER, L. R. **Automatic speech recognition a brief history of the technology**. Elsevier Encyclopedia of Language and Linguistics, 2005.

KLÜWER, Tina. **From chatbots to dialog systems**. Perez-Marin D, Pascual-Nieto (Editores). Conversational agents and natural language interaction: techniques and effective practices. IGI Global Publishing Group, Hershey, Pennsylvania, pp 1–22, 2011.

LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 5a. Edição. São Paulo: Atlas, 2003

LÖBACH, Bernd. **Design Industrial: bases para a configuração dos produtos industriais**. Tradução de Freddy Van Camp. São Paulo: Edgard Blücher, 2001.

LOWGREN, Jonas. **Interaction design, brief intro**. In The Encyclopedia of Human-Computer Interaction, 2nd Ed. The Interaction Design Foundation, 2013

MARKUS, M.L., KEIL, M., 1994. **If we build it, they will come: Designing Information Systems that people want to use**. Sloan manag. Rev. 35 (4), 11e25.

MC TEAR, Michael; Callejas, Zoraida; GRIOL, David. **The Conversational Interface: Talking to Smart Devices**. Switzerland: Springer International Publishing Switzerland, 2016.

MOGGRIDGE, Bill. **Designing Interactions**. Massachusetts: The MIT Press, 2007.
MORAN, Michael E. **Epochs in Endourology The da Vinci Robot**. Journal of endourology. Volume 20, N. 12, 2006

MULDOWNEY, Oisín. **Chatbots: An Introduction and Easy Guide to Make Your Own**. Dublin: Curses & Magic, 2017.

NASS, Clifford; BRAVE, Scott. **Wired for Speech: How Voice Activates and Advances the Human Computer Relationship**. MIT Press: Cambridge, 2007

NEEDHAM, J. **Science and Civilisation in China. History of Scientific Thought**, volume 2. Cambridge University Press, New York, USA, 1991.

NICULESCU, Andreea Ioana. **Conversational interfaces for task-oriented spoken dialogues: design aspects influencing interaction quality**. PHD Thesis. Holanda: University of Twente, 2011.

NIELSEN, J. Heuristic Evaluation, in Mack, R. & Nielsen, J. (eds.) **Usability Inspection Methods**. New York, NY: John Wiley & Sons, 1994, 25-62.

NORMAN, Donald A. **O Design do Dia a Dia**. Rio de Janeiro: Rocco, 2006.

PRATES, R.O., DE SOUZA, C.S.; BARBOSA, S.D.J. **A Method for Evaluating the Communicability of User Interfaces**. Interactions 7, 1. ACM Press, 31-38, 2000.
PREECE, J.; Rogers, Y.; Sharp, H. **Design de Interação: além da interação humano-computador**, Porto Alegre: Bookman, 2013.

QUIÑONES, Daniela; RUSU, Cristian. **How to develop usability heuristics: A systematic literature review**. Em Computer Standards & Interfaces, volume 53, páginas 89-122. Elsevier, 2017

RABINER, L; Juang, B-H. **Fundamentals of speech recognition**. Prentice Hall, Upper Saddle River, 1998.

ROCHA, H. V.; Baranauskas, M. C. C. (2003) Design e Avaliação de Interfaces Humano-Computador, Núcleo de Informática Aplicada à Educação, 2003.

ROUSE, Margaret. **Chatbot**. Atualizado em Novembro de 2017
<https://searchcrm.techtarget.com/definition/chatbot> Acesso em 14 de Junho de 2018

ROUSE, Margaret. **IMbot**. Atualizado em Setembro de 2005.

<https://searchdomino.techtarget.com/definition/IM-bot>. Acesso em 14 de Junho de 2018

RUSU, Cristian; RONCAGLILO, Silvana; RUSU Virginica; COLLAZOS, Cesar. A Methodology to Establish Usability Heuristics. In The Fourth International Conference on Advances in Computer-Human Interactions. pp. 59–62, 2011.

SACKETT, D.L., Strauss, S.E., Richardson, W.S, Rosenberg, W. Haynes, R.B. **Evidence-Based Medicine: How to Practice and Teach EBM**, second ed. Churchill Livingstone, Edinburgh.

SCHLICHT, Matt. **The Complete Beginner's Guide to Chatbots: Everything you need to know**. 2016

<https://chatbotsmagazine.com/the-complete-beginner-s-guide-to-chatbots-8280b7b906ca>. Acesso em 26 de junho de 2018.

SHEVAT, Amir. **Design Bots: Creating Conversational Experiences**. O'Reilly, 2017.

SHNEIDERMAN, B. **Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction**. 4. ed. Addison Wesley. 2005.

STATCOUNTER. Mobile Operating System Market Share Worldwide – August 2019. Disponível online em: <https://gs.statcounter.com/os-market-share/mobile/worldwide>. Acesso em agosto de 2019.

TURING, Alan M. **Computing Machinery and Intelligence**. Mind, Volume LIX, Issue 236, Páginas 433–460. Oxford, 1950.

U. B. Of engraving and printing. **Bureau of engraving and printing launches Eyenote App to help the blind and visually impaired denominate us currency**, 2011. Disponível online em <http://www.eyenote.gov>.

Weiser, M., & Brown, J. S. **The coming age of calm technology**. In Beyond calculation (pp. 75-85). Springer, New York, 1997.

WINOGARD, T. **From Computing machinery to interaction design**. Em: P. Denning and R Metcalfe (eds.) Beyond Calculation: the next fifty years of computing. Amsterdã: Springer-Verlag, 1997.

W3C - The World Wide Web Consortium. **Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.0**. Disponível online em <https://www.w3.org/TR/WCAG20-pt-br/>

W3C - The World Wide Web Consortium. Mobile Accessibility: How WCAG 2.0 and Other W3C/WAI Guidelines Apply to Mobile. Disponível online em <https://www.w3.org/TR/2015/WD-mobile-accessibility-mapping-20150226/>

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Blindness: **Vision 2020 - Blindness: Vision 2020 - The Global Initiative for the Elimination of Avoidable Blindness**.

Disponível online em <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs213/en/>

WIKIPEDIA. History of robots. http://en.wikipedia.org/wiki/History_of_robots, acesso em 10 de Junho de 2018.

YIN, Robert K. Estudo de Caso: Planejamento e Métodos. Trad. Daniel Grassi. 2.ed.- Porto Alegre: Bookman, 2001.