



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
NÚCLEO DE DESENVOLVIMENTO AMAZÔNICO EM ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM COMPUTAÇÃO APLICADA

ALEX SANTOS DE OLIVEIRA

QUIMIVOX MOBILE 2.0

Desenvolvimento de Ferramenta no Ensino da Tabela Periódica e Distribuição
Eletrônica aos Deficientes Visuais Utilizando Dispositivos Móveis

Tucuruí-PA

2019

ALEX SANTOS DE OLIVEIRA

QUIMIVOX MOBILE 2.0

Desenvolvimento de Ferramenta no Ensino da Tabela Periódica e Distribuição Eletrônica aos Deficientes Visuais Utilizando Dispositivos Móveis

Texto dissertativo apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada do Núcleo de Desenvolvimento Amazônico em Engenharia, da Universidade Federal do Pará, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Computação Aplicada.

Orientador: Prof. Dr. Bruno Merlin

Coorientador: Prof. Dr. João Elias Vidueira Ferreira

Tucuruí-PA

2019

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a)
autor(a)**

O48q Oliveira, Alex Santos de
QUIMIVOX MOBILE 2.0 : Desenvolvimento de
Ferramenta no Ensino da Tabela Periódica e Distribuição
Eletrônica aos Deficientes Visuais Utilizando Dispositivos
Móveis / Alex Santos de Oliveira. — 2019.
65 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Bruno Merlin
Coorientador(a): Prof. Dr. João Elias Vidueira Ferreira
Dissertação (Mestrado) - Mestrado Profissional em
Computação Aplicada, Núcleo de Desenvolvimento
Amazônico em Engenharia, Universidade Federal do Pará,
Tucuruí, 2019.

1. Dispositivo móvel. 2. Tecnologia assistiva. 3.
Deficiente visual. 4. Tabela Periódica. I. Título.

CDD 004

ALEX SANTOS DE OLIVEIRA

QUIMIVOX MOBILE 2.0

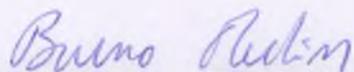
Desenvolvimento de Ferramenta no Ensino da Tabela Periódica e Distribuição Eletrônica aos Deficientes Visuais Utilizando Dispositivos Móveis

Texto dissertativo apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada do Núcleo de Desenvolvimento Amazônico em Engenharia, da Universidade Federal do Pará, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Computação Aplicada.

Orientador: Prof. Dr. Bruno Merlin
Coorientador: Prof. Dr. João Elias Vidueira Ferreira

Aprovada em 23 de maio 2019.

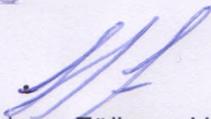
BANCA EXAMINADORA:



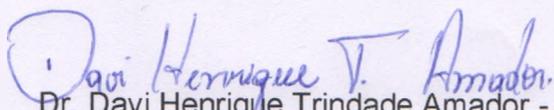
Dr. Bruno Merlin - UFPA Tucuruí – Orientador



Dr. João Elias Vidueira Ferreira - IFPA Tucuruí - Coorientador



Dr. Heleno Fülber - UFPA Tucuruí



Dr. Davi Henrique Trindade Amador - IFPA Tucuruí

Agradeço em primeiro lugar a Deus que iluminou o meu caminho durante esta caminhada, aos familiares e a todos os professores, que foram muito importantes no desenvolvimento desta dissertação.

Com muita satisfação agradeço a todos colaboradores desse importante desenvolvimento para minha vida acadêmica.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, ter concedido sabedoria, determinação e coragem.

Aos meus pais, pela dedicação e apoio em todos os momentos em que me incentivaram para nossa realização profissional.

Aos colegas pelo companheirismo durante esse período de estudo.

Ao orientador Prof. Dr. Bruno Merlin, prof. Dr. João Elias Vidueira Ferreira e a todos os professores que fazem parte do Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada, por conhecimentos compartilhados.

“Para as pessoas sem deficiência a tecnologia torna as coisas mais fáceis. Para as pessoas com deficiência, a tecnologia torna as coisas possíveis”.
(RADABAUGH, 1993)

RESUMO

O avanço tecnológico tem ajudado à integração dos deficientes visuais aumentando o acesso à educação. Este trabalho apresenta uma proposta de atualização do aplicativo *Quimivox Mobile*, desenvolvido para dispositivos *Android*, o qual apresenta uma ferramenta acessível aos deficientes visuais, dando acesso a Tabela Periódica dos elementos químicos via síntese de voz e comandado por gestos globais que não exigem apontar para elementos específicos da interface. De forma a permitir a colaboração videntes/deficientes visuais, o aplicativo proporciona também retornos visuais. Além das informações numéricas e organizacionais fornecidas pela tabela periódica, o *Quimivox Mobile* traz várias informações explicativas e qualitativas a respeito da: família, período, classificação e principais usos do elemento. O aplicativo acrescenta também informações acessíveis sobre a distribuição dos elétrons em camadas e subníveis de energia, tendo como base o diagrama de Linus Pauling e fazer análise dos dados obtidos através da avaliação do aplicativo. Consequentemente, os deficientes visuais podem ter uma maior autonomia no estudo da Tabela Periódica e a distribuição eletrônica dos elementos químicos ao utilizarem o novo aplicativo. Dessa forma, um melhor ensino e aprendizado de Química torna-se possível, com igualdade no uso de tecnologias com técnicas de acessibilidade utilizando dispositivos móveis com tela sensível ao toque e sistema operacional de código aberto.

Palavras-chave: Dispositivo móvel. Tecnologia assistiva. Deficiente visual. Tabela Periódica.

ABSTRACT

Technological advancement has helped the integration of the visually impaired by increasing access to education. This paper presents a proposal to update the application Quimivox Mobile, developed for Android devices, which presents a tool accessible to the visually impaired, giving access to periodic table of chemical elements via synthesis of Voice and commanded by global gestures that do not require pointing to specific elements of the interface. In order to enable vident/visually impaired collaboration, the application also provides visual returns. In addition to the numerical and organizational information provided by the periodic table, the Quimivox Mobile provides several explanatory and qualitative information regarding the: family, period, classification and main uses of the element. The application also adds accessible information about the distribution of electrons in layers and energy sublevels, based on the Linus Pauling diagram and analyzing the data obtained through the evaluation of the application. Consequently, the visually impaired may have greater autonomy in the study of the periodic table and the electronic distribution of the chemical elements when using the new application. Thus, a better teaching and learning of chemistry becomes possible, with equality in the use of technologies with accessibility techniques using mobile devices with touch screen and open source operating system.

Keywords: Mobile device. Assistive Technology. Visual impaired. Periodic Table.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Tela inicial do Quimivox Mobile 1.0	29
Figura 2 - Tela inicial do Quimivox Mobile 1.0 (continuação).....	29
Figura 3 - Opção caminha na tabela Quimivox Mobile 1.0	30
Figura 4 - Listar todos elementos Quimivox Mobile 1.0	30
Figura 5 - Lista de família do Quimivox Mobile 1.0	31
Figura 6 - Lista elemento pertencentes a família 1A.....	31
Figura 7 - Princípio de funcionamento do Quimivox Mobile 2.0	34
Figura 8 - Interfaces do aplicativo Quimivox Mobile 2.0. (a) Tela inicial. (b) Tela com opções sobre a Tabela Periódica. (c) Tela com opções sobre distribuição eletrônica. (d) Tela mostrando como se percorre o diagrama de Linus Pauling.....	38
Figura 9 - Interfaces do aplicativo Quimivox Mobile 2.0. (a) Tela com a opção de busca por distribuição eletrônica. (b) Tela com a distribuição eletrônica do elemento químico procurado (cálcio). (c) Tela comando por voz do Quimivox Mobile 2.0.	39
Figura 10 - Teste razão de contraste	51
Figura 11 - Simulação de visualização das telas do Quimivox Mobile 1.0	52
Figura 12 - Simulação de visualização das telas do Quimivox Mobile 2.0	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Gestos do Quimivox Mobile 2.0_____	34
Tabela 2 - Comandos reconhecidos por comando de voz _____	36
Tabela 3 - Características dos participantes_____	41
Tabela 4 - informações da análise de avaliação Quimivox Mobile 2.0_____	46
Tabela 5 - Tempos das atividades realizadas por _____	46
Tabela 6 - Comentários dos participantes ao avaliarem o aplicativo _____	47

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1 Objetivo Geral	16
1.2 Objetivo específicos	16
2. REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1 Deficiência visual	17
2.1.1 Caracterizações medicas	17
2.1.2 Legislação voltada para a pessoa com deficiência	18
2.2 Daltonismo	19
2.3 Ensino de Química e a Tabela Periódica	20
2.3.1 Problema no ensino de química aos DV	20
2.3.2 Alternativas para o ensino de química aos DV	21
2.3.3 A importância do ensino da Tabela Periódica	22
2.4 Tecnologias assistivas (TA)	23
2.4.1 Tecnologia assistiva no ensino de química	24
2.4.2 Tecnologias para DV no uso dos dispositivos móveis	26
2.4.3 Aplicações móveis destinados ao ensino da química para deficientes visuais	27
2.5 Quimivox Mobile	28
3. METODOLOGIA E IMPLEMENTAÇÃO	33
3.1 Eixos de evolução identificados na primeira avaliação	33
3.2 Referencial dos paradigmas de interação	34
3.3 Implementação	37
3.4 Avaliação	39
3.4.1 Participantes	40
3.4.2 Avaliação do aplicativo	42
3.4.3 Questionário de avaliação do aplicativo	43
3.5 Análise dos dados	43
3.6 Divulgação	44
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
4.1 Avaliação experimental comparativa	45
4.2 Avaliação qualitativa	47
4.3 Resiliência do aplicativo ao daltonismo	50

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	53
REFERENCIAS	55
APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO	60
APÊNDICE B – FORMULÁRIO DE DADOS PESSOAIS	61
APÊNDICE C – FORMULÁRIO DE ATIVIDADES	62
APÊNDICE D – FORMULÁRIO DE AVALIAÇÃO DA FERRAMENTA.....	63

1. INTRODUÇÃO

A Química é uma ciência de grande relevância para o universo industrial como para a compreensão e análise do mundo natural. Por isso, o acesso ao conhecimento químico deve ser universal. Segundo Zucco (2011), a Química presta uma contribuição essencial à humanidade com alimentos e medicamentos, com roupas e moradia, com energia e matérias-primas, com transportes e comunicações. Ela fornece, ainda, materiais para a Física e para a indústria, modelos e substratos à Biologia e Farmacologia, propriedades e procedimentos para outras ciências e tecnologias.

Na opinião de Bharava (2016), a Química tem influenciado nossa vida de modo que nós nem mesmo percebemos que encontramos produtos químicos a cada momento; que nós mesmos somos criações químicas e todas as nossas atividades são controladas por produtos químicos. Prajapat (2018) ressalta que a Química tem contribuído para os processos da vida com o objetivo de aumentar a qualidade de vida assim como o desenvolvimento da sociedade a partir do ponto-de-vista industrial, biofarmacêutico, medicinal e sintético.

Muito do que se ensina de Química é baseado em que se vê: substâncias, reações, equipamentos, processos etc. No entanto, Gilbert (2005) acredita que um fator que pode complicar o ensino de Química é o uso de representações visuais e simbólicas. As representações simbólicas consistem em símbolos químicos e fórmulas, equações químicas e expressões matemáticas. O modo visual faz uso de gráficos, diagramas e animações. Segundo o autor, as representações bidimensionais de estruturas químicas seriam exemplos universais, assim como representações pseudo-tridimensionais produzidas por computadores.

Entretanto, como ensinar Química aos alunos deficientes visuais (DV)? Esses estudantes podem encontrar obstáculos na aprendizagem devido às técnicas tradicionais de ensino. Eles podem ouvir as aulas, mas não podem ter acesso a livros textos ou apresentações com recursos visuais. Infelizmente, há poucas alternativas ao ensino por meio de imagens nos ambientes educacionais (SAHIN; YOREK, 2009).

O último censo demográfico realizado no Brasil pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística em 2010 apontou que, do total da população brasileira, 18,8% declararam ter algum tipo de deficiência visual (IBGE, 2012). MORAES (2017)

argumenta que parte dos estudantes brasileiros com comprometimento visual ou auditivo frequenta a escola, porém não atinge o nível de proficiência desejado. Algumas hipóteses podem ser levantadas para explicar o baixo rendimento de alunos com deficiência auditiva ou visual. A autora ressalta que, embora a maioria dos alunos com deficiência visual ou auditiva frequente a escola, a efetiva escolarização se encontra comprometida. Tal situação, segundo ela, não traduz em integralidade as premissas da proposta inclusiva, pautada não só pela inserção desses alunos nas classes regulares, mas também pela igualdade de oportunidades e pela educação de qualidade.

Entretanto, no censo escolar realizado pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP) em 2017, é possível observar que no ensino fundamental apenas 2,8% das matrículas são associadas a uma pessoa com deficiência e apenas 29,8% das escolas têm dependências adequadamente acessíveis. No que tange ao ensino médio, 1,2% das matrículas são de pessoas com deficiência e apenas 46,7% das escolas possuem dependências adequadas para atender esse público (INEP, 2018a). Já no ensino de nível superior notamos que apenas 0,46% (38.272) das matrículas são de alunos tendo algum tipo de deficiência, transtornos Globais do Desenvolvimento ou Altas Habilidades/Superdotação, sendo apenas 0,16% (12.961) de alunos DV. Assim é possível perceber uma diminuição da proporção de deficientes, incluindo DV, ao longo da jornada acadêmica (INEP, 2018b). Essa evasão escolar ao longo da formação acadêmica, deve-se a alguns fatores, incluindo a falta de: acessibilidade, técnicas e tecnologias para o auxílio dos mesmos no acesso com equidade e independência aos meios de ensino e aprendizagem (SILVA; TURATTO; MACHADO, 2002).

Todavia, não basta apenas inserir um aluno em uma sala de aula do sistema regular de ensino. É preciso proporcionar condições propícias ao aprendizado. Do contrário, podem-se gerar sentimentos de baixa autoestima nos mesmos, por não se sentirem verdadeiramente inseridos. Assim, Leonardo, Bray e Rossato (2009) afirmam que a ausência de condições mínimas necessárias para o processo de aquisição de conhecimentos pelos alunos DV tem como consequência imediata o fracasso escolar, situação que as estatísticas confirmam.

Pereira et al. (2009) ressaltam que o conhecimento científico é fundamental no mundo atual e o DV não pode ser excluído desse conhecimento. No entanto, ainda

existe uma percepção errada e amplamente difundida de que indivíduos com deficiência visual tem dificuldades praticamente intransponíveis no prosseguimento de uma carreira na área científica. Segundo eles, o desenvolvimento de metodologias para o ensino de conteúdos de Química aos DV é um contributo para o seu acesso a uma variedade de possíveis percursos educacionais em ciências.

Para pessoas com deficiência, em especial neste trabalho, as com deficiência visual, existe a necessidade de apoio de tecnologias assistivas (TA) para que possam desempenhar atividades corriqueiras com mais autonomia. Desta maneira, as tecnologias assistivas podem ser definidas como “recursos e serviços que visam facilitar o desenvolvimento de atividades da vida diária por pessoas com deficiência. As TA procuram aumentar capacidades funcionais e assim promover a autonomia e a independência de quem as utiliza” (MELO; DA COSTA; SOARES, 2006).

Considerando o ensino de Química, a situação para os DV apresenta um cenário muito crítico, pois, além da ausência de professores capacitados a lidar com DV, existe também a falta de materiais adaptados, e metodologias indicadas (BERTALLI, 2010). Nesse cenário, é fundamental a presença de tecnologias assistivas voltadas para a educação dos DV.

Ao longo dos últimos anos, os avanços tecnológicos demonstraram a possibilidade de desenvolver tecnologias para os DV com a capacidade de auxiliá-los na realização das suas tarefas diárias e proporcionando-lhes, consecutivamente, uma maior autonomia. As tecnologias assistivas (TA) facilitam também a universalização do acesso a conteúdos adaptados por pessoas capacitadas. Para Bersch (2013, apud SANTOS et al, 2017), podemos perceber que a inclusão através dessas tecnologias é fundamental para todas pessoas com deficiências, em especial aos DVs, e aponta que os aparelhos celulares igualmente têm uma participação expressiva como instrumento de comunicação entre os deficientes visuais, permitindo uma maior independência, contribuindo para uma qualidade de vida mais ampla através da satisfação de autonomia e participação social.

Santos et. al. (2017) descrevem como exemplos o aplicativo Carteira às Cegas *Droid (blind droid wallet)*, o qual é utilizado para identificar cédulas de diversos países, e o aplicativo tocar e ver (*taptapsee*), que ajuda os DV a identificar objetos desejados, sendo possível com duplo toque tirar uma foto e depois o aplicativo descreve a imagem capturada.

Esta proposta de pesquisa tem como objetivo criar uma nova etapa no desenvolvimento do aplicativo para dispositivos móveis, com sistema operacional *Android*, denominado de *Quimivox Mobile 2.0*, cuja primeira versão foi desenvolvida durante a especialização na Universidade Federal do Pará (UFPA), campus Tucuruí (DE OLIVEIRA, 2017) e foi inicialmente criado para auxiliar os DV durante o processo de ensino da tabela periódica.

As mudanças do aplicativo *Quimivox Mobile* surgiram principalmente a partir de um teste de avaliação do mesmo, quando na ocasião foram identificadas ideias de melhorias da ferramenta. Por isso, buscou-se fazer uma atualização do aplicativo de forma a corrigir as limitações da versão anterior. Nesta atualização, pretende-se desenvolver novos estilos de interações para melhorar a acessibilidade dos DVs aos conteúdos já disponibilizados pelo aplicativo. Conseqüentemente, será possível, através do uso dos dispositivos móveis, uma maior facilidade no acesso da informação acerca dos elementos químicos na Tabela Periódica, permitindo que a mesma contribua de forma ainda mais eficiente e mais abrangente para o ensino da química para DV. Na nova versão, ampliou-se o escopo do conteúdo disponibilizado pelo aplicativo, incluindo o estudo da distribuição dos elétrons em níveis e subníveis de energia (configuração eletrônica).

Essa introdução de novos paradigmas e novos conteúdos se baseia na perspectiva de melhorar os recursos de acessibilidade presentes no *Quimivox Mobile* beneficiando-se das principais tecnologias atuais como a busca de informações por comando de voz. Além disso, foi identificada outra população que, embora não conste explicitamente como DV nas definições médicas, e que de fato não se encontra tão prejudicada por ferramentas não acessíveis, pode o usar um aplicativo com cores e contrastes mal escolhidos: a população daltônica que, segundo o conselho federal de medicina¹ atinge 5% da população mundial. Embora os daltônicos não sejam o público alvo principal do aplicativo, na versão 2.0, consideramos opções de cores e contrastes, validadas automaticamente por aplicativos que não prejudiquem a interação dos usuários daltônicos.

Para entender melhor a problemática, aprofundaremos o referencial teórico. Em outro momento apresentaremos a metodologia deste trabalho que visa criar e avaliar

¹ https://portal.cfm.org.br/index.php?option=com_content&view=article&id=1519:&catid=3

o Quimivox Mobile 2.0. Enfim apresentaremos os resultados obtidos e abordaremos a especificidade do daltonismo.

1.1 Objetivo Geral

Ampliar uma ferramenta para o ensino da tabela periódica dos elementos químicos e da distribuição eletrônica acessível aos DVs através de dispositivos móveis.

1.2 Objetivo específicos

O objetivo principal se declina nos seguintes objetivos específicos:

- Integrar novos estilos de interação para melhorar a acessibilidade do aplicativo;
- Ampliar o conteúdo do aplicativo (diagrama de Linus Pauling: distribuição dos elétrons em níveis e subníveis de energia);
- Realizar uma nova avaliação experimental do aplicativo;
- Realizar testes instrumentais da adaptação do aplicativo ao daltonismo.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo tem como objetivo apresentar os elementos fundamentais já existentes na literatura, trazendo caracterizações sobre o que é deficiência visual com as vertentes da deficiência visual na medicina e as legislações já existentes em nível mundial e nacional, trazendo as principais problemáticas no ensino de química em geral e acerca da tabela periódica em particular, com a importância dessa tabela e mostrando algumas soluções no ensino de química aos DV; abordando as tecnologias assistivas, suas definições e algumas características da tecnologia no ensino de química apoiadas em ferramentas da área sem acessibilidade ou parcialmente acessíveis. Finalmente exibiremos as características da primeira versão do *Quimivox Mobile*, fundamental para a compreensão deste trabalho, e como ele se torna uma ferramenta acessível, mas perfectível.

2.1 Deficiência visual

Nesta seção serão abordados os critérios da medicina para caracterizar uma pessoa como deficiente visual. São esclarecidos conceitos que definem cegueira e baixa visão. Além disso, discute-se alguns aspectos da legislação que ampara este público.

2.1.1 Caracterizações médicas

A deficiência visual pode ser definida como congênita ou adquirida com o tempo, podendo chegar a baixa visão antes da cegueira total. O termo cegueira é relativo pois existem várias doenças que podem causar a cegueira como por exemplo a amaurose, que seria a perda total da visão ou chamada por alguns oftalmologistas de visão zero.

São várias as doenças que podem causar a cegueira, e vale ressaltar que a adaptação de um indivíduo que não nasceu cego passa necessariamente pelo fator psicológico. Imagine um dito vidente (pessoa que não tem problema significativo de visão), com a capacidade de ver e definir cores, reconhecer pessoas a distância, definir caminhos mais próximos de um dado destino, identificar obstáculos no seu caminho, identificar o alimento que está no seu prato, etc., e simplesmente perde a

visão toda a capacidade de realizar os seus procedimentos rotineiros. A adaptação a este novo mundo e a aceitação desta nova fase de vida pode ser um processo lento. Entretanto para um indivíduo que nasceu cego a adaptação ao meio é simplificado pois desde pequeno ele aprendeu se desprender das dificuldades sem a modalidade da visão, desenvolvendo outros sentidos de forma paliativa. Para ele a educação inclusiva é vista como uma forma mais fácil de aprendizagem.

De acordo com a Lei n. 7853, de 24 de outubro de 1989 (BRASIL, 1989), considera-se cegueira a capacidade de enxergar igual ou menor do que 0,05 no melhor olho, com a melhor correção óptica. Já a baixa visão significa acuidade visual entre 0,3 e 0,05 no melhor olho (mais uma vez com a melhor correção óptica). Para o Centro Especializado em Baixa Visão (CEBV, 2017) existem várias doenças oculares que podem causar alterações significativas da visão entre elas as mais conhecidas são: degeneração macular relacionada com a idade (DMRI), catarata (opacificação do cristalino), glaucoma, retinopatia diabética. Esse centro retrata a baixa visão como sendo a insuficiência que um dado indivíduo possa ter para ler uma carta, ver televisão ou realizar quaisquer atividades diária mesmo com óculos bem graduado.

2.1.2 Legislação voltada para a pessoa com deficiência

O apoio às pessoas com deficiência adquiriu força nas últimas décadas, não apenas no nosso país, mas no mundo inteiro. Para isso foram necessárias grandes conferências internacionais e a entrada em vigor de políticas públicas, que mostram uma mudança de paradigma: as pessoas com deficiência passam a ter direitos específicos.

A Conferência de Salamanca, organizada pela UNESCO em 1994, que enunciou a “Educação para todos”, foi uma grande promotora da educação para as pessoas com necessidades educativas especiais no mundo. Na ocasião foi preconizada a “Escola inclusiva”, a qual necessita do desenvolvimento de metodologias disponibilizadas para a população cega e grande amblíope² as mesmas oportunidades educacionais da população em geral (PEREIRA et al, 2009).

Lei maior existente no Brasil, a constituição de 1988, estabelece que a educação

² Amblíope é quando um olho desenvolve boa visão e o outro não. O olho com menos visão é chamado de “olho preguiçoso” e se caracteriza pela redução ou perda da visão em um ou em ambos os olhos.

é um direito de todos (artigo 205º) e que o ensino será ministrado com base no princípio da igualdade de condições para o acesso e permanência na escola (artigo 206º) (BRASIL, 1988). Assim as pessoas com deficiência têm o amparo na constituinte do nosso país para terem acesso à educação.

A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (BRASIL, 1996) reforça a constituição com relação ao direito à educação por parte das pessoas com deficiência. A lei orienta ainda que os sistemas de ensino assegurarão aos educandos com necessidades especiais currículos, métodos, técnicas, recursos educativos e organização específicos para atender às suas necessidades (artigo 59º).

A Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (BRASIL, 2015), como o próprio nome sugere, é mais específica. Para o seu cumprimento, recorre-se ao emprego de:

“Tecnologia assistiva ou ajuda técnica: produtos, equipamentos, dispositivos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que objetivem promover a funcionalidade, relacionada à atividade e à participação da pessoa com deficiência ou com mobilidade reduzida, visando à sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social” (artigo 3º).

A lei orienta ainda que:

“Incumbe ao poder público assegurar, criar, desenvolver, implementar, incentivar, acompanhar e avaliar: pesquisas voltadas para o desenvolvimento de novos métodos e técnicas pedagógicas, de materiais didáticos, de equipamentos e de recursos de tecnologia assistiva” (artigo 28º).

2.2 Daltonismo

A capacidade do olho a perceber cores é devida a presença de células sensíveis a diferentes faixas de frequência da luz na retina. Essas células são chamadas de cones e são principalmente concentradas na região foveal (central) da retina. Há aproximadamente 7 milhões de cones na retina. As outras células do olho envolvidas na visão humana são os bastonetes que são monocromáticos, concentrados na região periférica da retina, e servem principalmente à percepção rápida dos movimentos. Existem três subclasses de cones sensíveis a três espectros de luz. Esses espectros são basicamente: a luz verde, a luz vermelha e a luz azul que compõem a luz natural branca. A estimulação destas três subclasses cones permite assim a diferenciação das cores (PAULISTA, 2017).

O daltonismo é a incapacidade de perceber certas cores em suas representações naturais ou confundir as cores. Ele resulta do funcionamento da

retina quando uma ou mais subclasses de cone é sub representada ou completamente ausente da retina (PAULISTA, 2017). A ausência de uma subclasse de cones impossibilita a percepção de um espectro da luz e o olho passa a ser sensível apenas aos dois outros espectros.

Os três tipos de Daltonismo mais frequentes que envolvem apenas a perda de uma subclasse de cones são: Protanopia³, Deuteranopia⁴ e Tritanopia⁵. Casos de daltonismo mais intensos envolvem a perda de duas subclasses de cones. Esse tipo de daltonismo é chamado de Dicromalía. Enfim, o caso mais severo é a Monocromacia que resulta da perda de todas as subclasses de cones. O olho passa a perceber apenas a variação de brilho (RODRIGUEZ, 2017).

Seguindo as diretrizes que visam a melhorar as interfaces de aplicações na perspectiva de uma melhor acessibilidade para portadores de daltonismo, boas associações de cores podem ser aplicadas evitando contrastes de cores como: Verde e Vermelho, Verde e Marrom, Azul e Roxo, Verde e Azul, Verde Claro e Amarelo, Azul e Cinza, Verde e Cinza, Verde e Preto. Essas combinações de cores podem causar confusão entre daltônicos (HRUBA, 2018).

2.3 Ensino de Química e a Tabela Periódica

2.3.1 Problema no ensino de química aos DV

O ensino de Química é um processo complexo que se torna ainda mais desafiante quando falamos de pessoas com deficiência visual (LAVORATO; MARTINEZ; MÓL, 2016), fato que se aplica também com um público que enfrenta outras dificuldades de aprendizagem motivados por outras alterações cognitivas. Abrangendo a área de ciências exatas como um todo, SUPALO et al, (2016, p. 1174), observam que “Relativamente poucos estudantes com cegueira e baixa visão buscam estudos avançados e seguem carreiras nas áreas de ciência, tecnologia, engenharia e matemática”. O fato é que poucos alunos com deficiência visual que seguem no ensino superior buscam uma carreira nessas áreas, divergindo da média dos videntes.

³ A diminuição na percepção da tonalidade do vermelho

⁴ A pessoa não consegue distinguir a cor verde e, em consequência, enxerga tonalidades da cor marrom

⁵ A pessoa tem dificuldade em diferenciar o amarelo do azul

Isso implica que a decisão de orientação não é necessariamente do gosto ou da vontade do indivíduo DV, mas das oportunidades que menos prejudicam eles dentro do processo de ensino. Contrariamente ao correto definido por Supalo (2016), a decisão de orientação não é ditada pela escolha do DV, mas pelas oportunidades proporcionada a ele, infringindo a ideia que as oportunidades deveriam ser iguais para todos que querem aprender. Segundo o autor, à medida que mais portas serão abertas e mais plataformas digitais de educação em ciências serão desenvolvidas, mais haverá força de trabalho diversificada nessas áreas, favorecendo a inclusão das pessoas com deficiência visual (e a inclusão em geral).

Infelizmente, percebe-se que a adaptação de observações visuais e representações para estudantes cegos ainda tem limitações de informações. Por exemplo, um dos poucos materiais didáticos adaptados no Brasil é uma Tabela Periódica para DV elaborada e distribuída pelo Instituto Benjamim Constante, no Rio de Janeiro. Essa Tabela Periódica apresenta o formato tradicional usado por videntes. A única diferença é que ela está impressa sobre material plástico termoforma, onde os símbolos dos elementos químicos e seus números atômicos aparecem com legendas em Braille e também caracteres visíveis. No entanto, essa tabela tátil não apresenta uma série de informações a respeito de cada elemento químico, como suas principais propriedades químicas e físicas.

2.3.2 Alternativas para o ensino de química aos DV

Lavorato, Martinez e Mól (2016) defendem que é preciso que se conheçam formas diferentes de ensinar para auxiliar em sala de aula os DV no processo de aprendizagem. Os professores precisam conhecer os recursos didáticos existentes e perceber como podem mediar o conhecimento aos seus estudantes. O ensino de Química merece muita atenção ao ser desenvolvido com os alunos que, inclusive, podem ter deficiências múltiplas, entre as quais a deficiência visual. A Química é uma disciplina tipicamente abstrata, mas que pode ter sua aprendizagem facilitada quando há a visualização de alguns de seus fenômenos. Porém, esses autores acreditam que essa visualização não inviabiliza, como muitos pensam, seu ensino com qualidade a estudantes com deficiência visual. Nesse caso, como provavelmente em muitos outros, se fazem necessários adaptações e recursos pedagógicos alternativos que

possibilitem compensar a falta da visão.

Ainda, de acordo com Lavorato, Martinez e Mól (2016), no ensino de Química, que consiste em um conhecimento experiencial e aplicado, pode-se utilizar um arsenal de ferramentas pedagógicas para promover a aprendizagem. Desse modo, a descrição, a audiodescrição, a informação tátil, auditiva, olfativa e outra referência que favoreçam a configuração do cenário ou do ambiente podem ser utilizadas. Nesse contexto, na concepção desses autores, é possível produzir ou adaptar recursos didáticos que facilitam o ensino-aprendizagem. Além do mais, a inclusão significa a transformação do sistema educacional, de forma a organizar os recursos necessários para alcançar os objetivos e as metas para uma educação verdadeiramente de qualidade para todos, identificando e eliminando as barreiras que impeçam o acesso ao conhecimento.

Segundo Supalo (2016), existem muitas formas de ilustrar conceitos químicos: cabe ao professor determinar formas de apresentação multissensoriais. Se um professor está acostumado a métodos tradicionais adotados durante toda a sua vida docente, então ele pode achar desafiador mudar suas práticas para métodos alternativos de ensinar conceitos químicos. Todavia, um professor disposto a inovar em suas metodologias pode melhorar o processo de aprendizagem para todos os seus alunos. No entendimento de Pereira et al. (2009), o desenvolvimento de metodologias para o ensino de conteúdos de Química aos DV é um contributo para o seu acesso a uma variedade de possíveis percursos educacionais em ciências.

2.3.3 A importância do ensino da Tabela Periódica

A relevância de proporcionar um melhor aprendizado sobre a Tabela Periódica aos DV está no fato de ela ser considerada a principal característica organizacional da Química (GLASSER, 2011). Ela é uma das ferramentas mais úteis em Química, que traz uma riqueza de informações, por isso é importante a familiarização com suas características e sua terminologia (KOTZ; TREICHEL; WEAVER, 2009). No espírito da inclusão, estudantes com problemas de visão também tem o direito e precisam ter suas curiosidades acerca dos trabalhos sobre a natureza estimuladas através de uma maior exposição a esse símbolo e ferramenta da ciência.

Fantin et al. (2016) enaltecem a Tabela Periódica ao colocá-la como um símbolo de poder e majestade da ciência, que tem inspirado muitos futuros cientistas a investigar os segredos profundos da natureza através do estudo da química. E continuam afirmando que, no espírito de inclusão, estudantes cegos também merecem e precisam ter sua curiosidade sobre os trabalhos mais internos da natureza estimulados pela maior exposição a este símbolo e ferramenta da ciência.

Sem o imediato acesso à Tabela Periódica dos elementos químicos (TPE), no entanto, o estudante cego carecerá daquilo que todos os outros estudantes têm como garantido. A TPE é sem igual como ferramenta de ensino. Em uma forma elegante de apresentação, ela nos mostra todos os blocos construtores da natureza e fornece a base para explicar tanta ligação química quanto estrutura atômica. Como um símbolo visual, a Tabela Periódica mexe com a imaginação e anuncia o poder e mistério da ciência. Sua exibição de tamanho excessivo, frequentemente grande no auditório de aula de química não funciona apenas como uma ajuda educacional útil, mas também como um lembrete enfático de que a ciência está no coração da aprendizagem; por isso ela serve tanto como um símbolo visceral da ciência moderna e um suporte prático para promover sua investigação (p.1040).

2.4 Tecnologias assistivas (TA)

Para Lima (2012), a TA é um termo novo, utilizado para identificar todos os recursos e serviços para proporcionar ou ampliar novas habilidades funcionais de pessoas com deficiência, e conseqüentemente promover vida independente e inclusiva. Hoje as pessoas com necessidades especiais podem usufruir de uma gama de recursos tecnológicos tais como: aparelhos auditivos e implantes coclear, para surdos, computadores, *smartphone* e *tablets* acessíveis para DV com síntese de voz por exemplo.

A TA facilita a igualdade contribuindo com o crescimento educacional possibilitando acesso a todos os cidadãos sendo eles deficientes ou não. A tecnologia cresce rapidamente e vale ressaltar que as instituições tecnológicas de ensino devem investir mais em tecnologia assistiva.

Segundo De Souza e Tabosa (2014),

Com o avanço das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC), várias alternativas foram sendo implementadas no sentido de promover acessibilidade à informação por pessoas com deficiência visual. Algumas dessas tecnologias são: ampliadores de tela, leitores de tela, linhas Braille, impressoras Braille, entre outras. A esse conjunto de recursos, e todos os outros recursos tecnológicos cuja função seja facilitar, adaptar ou adequar uma interface ao homem, dá-se o nome de tecnologia assistiva (p. 148).

Os recursos tecnológicos que auxiliam as pessoas com deficiência podem variar, sendo tangíveis como por exemplo: bengalas eletrônicas, lupas eletrônicas, impressoras Braille etc. Ou intangíveis como: *Softwares* voltados para acessibilidade de uma pessoa com algum tipo de necessidade especial. Hoje existem alguns tipos de programas computacionais que possibilitam uma melhor interação entre DV e um Computador. Como exemplos pode-se citar: DOSVOX, BRAILLE FÁCIL, NVDA, MEC DAYSE dentre outros. Embora as TAs estejam crescentes, elas ainda estão longe de fornecer a acessibilidade necessária para uma autonomia completa de que qualquer pessoa com algum tipo de deficiência.

As vantagens do uso de tecnologias adaptadas (incluindo reconhecimento de voz e *software* dialogando oralmente com o usuário) para alunos com limitações de visão têm sido investigadas e defendidas na literatura em relação ao ensino da química. Supalo (2016) verificou que essas tecnologias aumentam a participação desses alunos em aulas práticas de laboratório.

2.4.1 Tecnologia assistiva no ensino de química

As tecnologias da informação e comunicação (TICs), no entendimento de Pereira et al. (2009), são um auxiliar valioso amplamente utilizados em inúmeras atividades envolvendo pessoas acometidas de problemas de visão. Existem várias interfaces não-visuais para computadores e outros aparelhos eletrônicos, sendo os mais importantes os softwares de síntese vocal (que convertem texto em voz) e a linha Braille (dispositivo eletromecânico que reproduz dinamicamente os caracteres em Braille utilizando pequenos pinos). Uma metodologia para ensino de Química para cegos e grandes amblíopes necessita imperativamente a incorporação desse tipo de ferramentas.

Supalo et al. (2016) acreditam que desenvolvendo e fornecendo uma variedade de tecnologias adaptadas audíveis eles podem empoderar os estudantes cegos e com baixa visão a realizar de modo independente atividades de coleta de dados em conjunto com seus parceiros de equipe no laboratório durante as aulas de laboratório. Na opinião de Supalo e seus colegas, quando estudantes cegos e com baixa visão usam tecnologias adaptadas durante aulas de laboratório, eles têm uma experiência de aprendizagem de ciência mais prática. Eles contribuem mais produtivamente para

as discussões em seus grupos, a aceitação social deles nos seus grupos aumenta assim como as suas atitudes em relação à ciência e seus interesses em relação a ela. Em consequência, tem-se um incentivo em buscar uma carreira na área de ciência, tecnologia, engenharia ou matemática. É interessante mencionar que o próprio Supalo é cego e professor de Química em uma renomada universidade americana, tendo produzido ao longo de sua carreira uma vasta literatura acerca de ensino de química para o público com deficiência visual.

Lavorato, Martinez e Mól (2016) citam que, ao realizar uma explicação dos elementos químicos da Tabela Periódica, a áudio-descrição deve promover o desenvolvimento de imagens mentais, até mesmo para DV congênitos. Para eles apenas o fornecimento de tecnologia assistiva não é garantia para que o processo de ensino-aprendizagem se realize de forma plena. É fundamental haver um profissional qualificado para promover o desenvolvimento de competências que possibilitem ao educando participar das atividades propostas concretizando a aprendizagem.

Já Silva (2014, p. 40), afirma: “Na perspectiva inclusiva, surge a necessidade de implementação de novas ferramentas que auxiliem nas peculiaridades dos alunos deficientes visuais”. Ele acrescenta que essas ferramentas devem ajudar a “adquirir informações que lhes permitam interagir conscientemente com o conhecimento químico, e capacitando-os a observar, compreender, analisar e finalmente questionar os fenômenos que ocorrem a sua volta”.

A (r)evolução tecnológica a que temos vindo assistir na última década mudou definitivamente o ensino dito clássico. Consequentemente, na sala de aula, o quadro de ardósia e o pau de giz deram lugar a écrans multimídia e apresentações em *powerpoint*. Em muitos países os telemóveis inteligentes e os *tablets* já fazem parte das novas metodologias de ensino baseadas em conteúdos eletrônicos, tais como *mobile-learning* (BONIFÁCIO, 2014).

O ensino moderno não pode ficar indiferente ao ambiente tecnológico atual. O recurso a conteúdos educativos online por parte dos professores e alunos tem vindo a generalizar-se e constitui um excelente complemento da atividade letiva. Nessa perspectiva, o ensino de Química, em particular o ensino da Tabela Periódica dos Elementos, constitui um desafio por conta da sua complexidade. Portanto, o ensino de conteúdos de Química em registro áudio é por outro lado uma mais valia para alunos cegos ou amblíopes, evitando o recurso do Braille (BONIFÁCIO, 2012).

Bonifácio (2012) é enfático ao afirmar:

O desenvolvimento de ferramentas, especialmente em formato de áudio, que tornem a química acessível a todos, é urgente e crucial. Os materiais em formato de áudio aceleram de forma extraordinária o processo de aprendizagem do aluno invisual, evitando o recurso ao Braille. Os telefones inteligentes (*smart phones*, ex. iPhone, Android e Blackberry) e os *tablets* (ex. iPad) são cada vez mais uma ferramenta do dia a dia, cujo potencial é muitas vezes desconhecido pelos próprios utilizadores (p. 71).

Para Supalo et al (2016), não se pode impedir as mesmas oportunidades para todos os que querem aprender. Segundo o autor, à medida que mais portas com oportunidades são abertas e mais plataformas digitais de educação em ciências são desenvolvidas, haverá uma força de trabalho mais diversificada nessas áreas, o que é muito bem-vindo às pessoas com deficiência.

O aluno DV tem capacidade de apreender o conhecimento químico através de estímulos que favoreçam as relações apropriadas entre o nível macro, microscópico e simbólico. Mas para isso, as tecnologias assistivas se apresentam como estratégias para auxiliar na aprendizagem da química. Por conseguinte, o uso de instrumentos de multimídia é de grande valor, pois o canal auditivo é bastante adiantado (SILVA, 2014).

Moore (2016) aponta que somente os recursos de aprendizagem inclusiva podem permitir o sucesso dos estudantes com deficiência nas áreas de ciência, tecnologia, engenharia e matemática, trazendo benefícios que podem ser usados por todos os estudantes e professores.

2.4.2 Tecnologias para DV no uso dos dispositivos móveis

Com o aumento dos dispositivos móveis, principalmente a partir do surgimento dos *smartphones* e *tablets*, a interação tátil foi apresentada como novo elemento que se soma às características tradicionalmente associadas à produção discursiva na *Web* (hipertextualidade, interatividade, multimidialidade, personalização, atualização contínua e memória). No entanto a interação tátil tornou-se elemento essencial para comunicação em aplicativos instalados nesses dispositivos móveis, que utilizam o recurso do *touchscreen* ou tela sensível ao toque (PALACIOS; CUNHA, 2012).

O uso de interfaces *touchscreen* em *smartphones* e *tablets* trouxe enormes benefícios de usabilidade para a maioria dos usuários. Porém, isso representa um novo desafio de interação aos usuários com deficiência visual. Entretanto, segundo FAÇANHA (2011), a plataforma *Android* tornou-se uma proposta de interface

acessível com *feedbacks sonoros* graças às principais tecnologias assistivas que facilitam a interação dos DV com dispositivos móveis *touchscreen*.

Assim, os dispositivos móveis com sistema *Android* disponibilizam recursos de acessibilidade para ajudar usuários com deficiência visual a interagir mais facilmente, pois trazem: *text-to-speech* (síntese vocal que lê os elementos apresentado na tela); *feedback* tátil (vibração); navegação por toques, duplo toques e gestos (um, dois ou três dedos); digitação falada através do teclado QWERTY; *zoom*; texto aumentado; cores invertidas e reconhecimento de voz. Todos esses recursos em conjunto oferecem a possibilidade de construir aplicações acessíveis para usuários com deficiência visual (CORRÊA, 2015). Entretanto, não há uma contradição automática entre as modalidades de interação para videntes e as modalidades de interação para não-videntes. Porém, o *design* da aplicação deveria integrar a preocupação da deficiência visual o que raramente é o caso.

Algumas técnicas como *BrailleTouch* (FREY; SOUTHERN; ROMERO, 2011) permitem também facilitar a entrada de texto para DV. Existem também algumas aplicações como R-MAP (SHAIK; HOSSAIN; YEASIN, 2010), jogos como *Sonic-Badminton* (KIM; LEE; NAM, 2016) concebidos especificamente para esse público. Outro exemplo, o TALKBACK é um aplicativo que funciona em dispositivos *Android* com o objetivo de fazer leitura do que aparece em tela aos DV (LOPES, 2015).

2.4.3 Aplicações móveis destinados ao ensino da química para deficientes visuais

Existe uma quantidade significativa de aplicativos para tablets e celulares disponíveis para auxiliar o processo de ensino e aprendizagem em Química. Considerando o ensino da Tabela Periódica, em junho de 2019, havia disponível na “*Play Store*” 250 Apps relacionados à tabela periódica (GOOGLE PLAY, 2019). Alguns deles fornecem informações sobre diversas propriedades dos elementos químicos e/ou trazem exercícios para fixação de conteúdos.

Embora muitos Apps sobre Tabelas Periódicas estejam disponíveis na rede de computadores, estes não são acessíveis aos deficientes visuais, mesmo com o uso de leitores de tela. Por exemplo, algumas informações podem estar inseridas dentro de imagens ou podem estar sendo exibidas de forma tridimensional. Além do mais, Tabelas Periódica com palavras em outros idiomas que não sejam em língua

portuguesa se tornam sem utilidade, porque os leitores de tela não fazem a tradução de suas palavras. Desta forma, uma Tabela Periódica escrita em inglês inserida em um aplicativo será lida pelo leitor de tela e ter suas informações pronunciadas em inglês.

Um aplicativo destinado aos professores dos alunos deficientes visuais é o Q-Braille. Segundo Fagundes et al. (2018) o aplicativo Q-Braille, foi criado para transcrição de fórmulas e equações químicas, proporcionando aos professores facilidade na confecção de materiais táteis para alunos com deficiência visual, sendo somente um aplicativo utilizável por professores.

Entretanto, dentre os *Apps* existentes para o ensino de química acessíveis às pessoas sem visão, encontramos em língua portuguesa apenas o *QuiSalino* e o *Quimivox*. O *QuiSalino* tem como objetivo o ensino de química inorgânica acessíveis aos DV, sendo uma forma de aprendizado usando o jogo *quis*. O programa usa *Talkback* (leitor de tela disponível em dispositivos com sistema *Android*) com descrições de imagens, fórmulas, gráfico de todo o conteúdo através da aplicação (VAZ, 2016).

A primeira versão do *Quimivox Mobile* fornece aos DV informações químicas da tabela periódica via síntese vocal. O aplicativo é especificamente desenhado para ser acessível e de fácil interação para os DV, sendo utilizável para todas as pessoas, usuários com deficiência visual ou não, o que facilita uma eventual interação entre pessoas videntes e cegas em torno do aplicativo. A avaliação do aplicativo mostrou que o mesmo pode ajudar os usuários DV no estudo da química com foco na Tabela Periódica (OLIVEIRA et al, 2017).

2.5 Quimivox Mobile

A primeira versão do *App* foi criada durante uma especialização *lato sensu* denominada de: Projeto e Desenvolvimento de Sistema Computacional na UFPA Campus Tucuruí, tendo como foco principal o ensino da Tabela Periódica para as pessoas com deficiência visual utilizando dispositivos móveis, na expectativa de fornecer um acesso igualitário às informações da tabela.

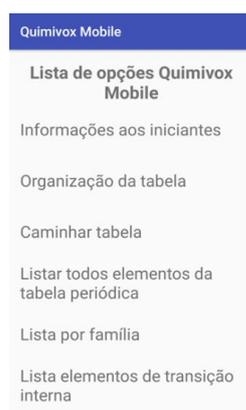
Nesta versão foram adotadas algumas técnicas de manuseio facilitando o acesso para os DV. Usou-se os gestos para cima, baixo, direita e esquerda para se

movimentar entre os elementos que aparecem na tela, para retornar usou-se sistematicamente o próprio voltar do dispositivo, e para entrar nos menus e itens foi adotado o toque duplo com um dedo.

Foram desenvolvidas diferentes estratégias de pesquisa possibilitando a pesquisa por nome de elemento, família ou caminhando na tabela dando uma noção do seu espaço em duas dimensões.

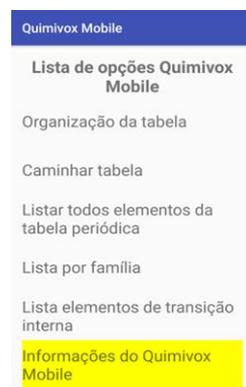
Na tela inicial do *app* temos 7 opções como mostram as Figuras 1 e 2:

Figura 1 - Tela inicial do Quimivox Mobile



Fonte: Autoria própria.

Figura 2 - Tela inicial do Quimivox Mobile 1.0 (continuação)



Fonte: Autoria própria.

Pode-se observar que a primeira opção é para dar orientações aos usuários iniciantes, dando uma maior autonomia com algumas instruções de uso da ferramenta. A segunda opção de organização da tabela fornece informações técnicas sobre a organização da Tabela Periódica, por exemplo: “A tabela é constituída de 118 elementos sendo de 18 colunas que são as famílias e de 7 linhas

que são os períodos”, possibilitando ter conhecimento do espaço organizacional da tabela e explicando alguns termos técnicos. Os itens da terceira até a sexta opção dão acesso aos modos de pesquisa dos elementos, sendo o caminhar na tabela (Figura 3) como um dos destaques, possibilitando a interação com cada elemento da tabela, obtendo as informações dos elementos de acordo com a organização em duas dimensões, possibilitando ter acesso a tabela sem haver alteração de organização do modelo convencional.

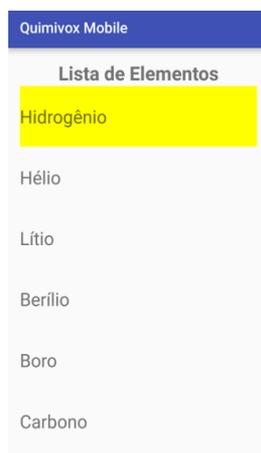
Na estratégia de busca dos elementos dentro de uma lista, todos os elementos são listados por ordem crescente de número atômico como mostra na Figura 4.

Figura 3 - Opção caminha na tabela Quimivox Mobile 1.0



Fonte: Autoria própria.

Figura 4 - Listar todos elementos Quimivox Mobile 1.0



Fonte: Autoria própria

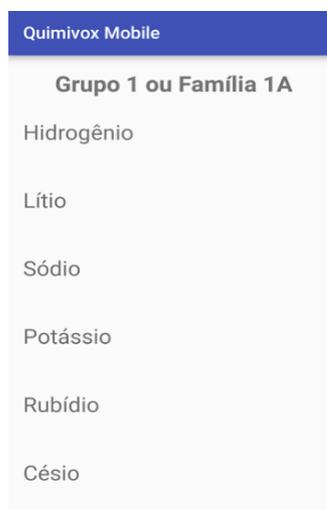
Na estratégia de busca por família são listadas todas as famílias como ilustrado na Figura 5 e são mostrados somente os elementos correspondentes a família selecionada, no exemplo os elementos da família 1A grupo 1 mostrado na Figura 6. Os elementos de transição são organizados da mesma forma só que são subdivididos em série dos lantanídeos e actínídeo. A última opção da Figura 2 informa o local do desenvolvimento e do nome das pessoas envolvidas no projeto.

Figura 5 - Lista de família do Quimivox Mobile 1.0



Fonte: Autoria própria

Figura 6 - Lista elemento pertencentes a família 1A



Fonte: Autoria própria

A primeira versão do Quimivox Mobile é acessível na *Play Store*⁶ para instalação. O aplicativo tem como pré-requisito a necessidade de um aparelho com o sistema *Android* (a partir da versão 4.0) e de um sintetizador vocal em língua portuguesa, sendo um aplicativo gratuito.

Essa primeira versão já foi avaliada experimentalmente com deficientes visuais. A avaliação iniciou com uma apresentação da ferramenta, mostrando as suas interações básicas e fazendo a descrição das opções existentes. Ela continuou solicitando a realização de atividades visando encontrar informações relativas a elementos químicos via Quimivox Mobile. Posteriormente, foi aplicado um questionário com algumas atividades para serem executadas com o aplicativo e um questionário para a avaliação da ferramenta pelo usuário. Os quesitos foram avaliados por notas que variavam de 0 (muito ruim) a 10 (excelente).

Na avaliação das atividades, foi analisado o tempo de resposta do usuário para cada atividade utilizando-se um cronômetro. Além disso, foram observados os caminhos utilizados para chegar à resposta, sendo ela correta ou incorreta. Assim foi possível conhecer o tempo médio e o caminho que mais utilizaram para chegar à resposta. Também, foi verificado se houve alguma dificuldade no uso da ferramenta. Outros pontos avaliados foram o grau de satisfação dos usuários e quanta importância atribuíam ao aplicativo, no sentido de perceberem como uma invenção tecnológica realmente útil para o ensino de Química.

Durante os testes, obtivemos resultados bastante satisfatórios e conseguimos obter várias informações e sugestões orientando sobre possíveis evoluções da ferramenta. Já sendo como proposta para a próxima versão do *App* a pesquisa por comando de voz, melhorias na síntese vocal, nas transições de tela e melhorias para pessoas com baixa visão.

⁶ Disponível no link <https://play.google.com/store/apps/details?id=br.com.example.alex.quimivox>

3. METODOLOGIA E IMPLEMENTAÇÃO

Após a revisão da literatura, a segunda etapa do trabalho consistiu na extração dos eixos de evolução ressaltados durante a primeira avaliação realizada do aplicativo que se finalizou com a elaboração de um referencial dos paradigmas de interação a serem implementados. Em seguida, realizamos a implementação da segunda versão do aplicativo, a avaliação e a divulgação do aplicativo.

3.1 Eixos de evolução identificados na primeira avaliação

A partir das avaliações feitas na primeira versão do aplicativo e em várias apresentações informais do mesmo, observamos que algumas funções podiam ser melhoradas e outras acrescentadas segundo três eixos que são: acessibilidade aos cegos e acessibilidade à baixa visão. Também, seguimos recomendações feitas durante apresentações informais da ferramenta a respeito da população daltônica.

- a) **Acessibilidade aos cegos:** observou-se a necessidade de alterar as interações de forma a torná-las mais naturais para os DV. Consistiu em privilegiar técnicas já utilizadas em outras ferramentas acessíveis fora do escopo da química. Essas interações consistem no uso do deslize com dedo nas quatro direções. Completamos com gestos especiais criados especificamente para esta aplicação de forma a realizar as ações que não tem uma semântica de interação padronizada. Também foi levado em conta o interesse dos DV por interações mediante reconhecimento vocal.
- b) **Acessibilidade à baixa visão:** observou-se a possibilidade de melhorias na interface da ferramenta para DV com baixa visão terem a capacidade de ler o que aparece na tela sem necessariamente usar sistematicamente o recurso da síntese de voz. Para isso foram inseridos contrastes de cores e tamanhos ampliados de fonte de letras, tornando o manuseio mais acessível, melhorando dessa forma a interação com os usuários.
- c) **Acessibilidade à população daltônica:** observou-se a possibilidade de melhorar os contrastes e a escolha das cores da interface de forma a reforçar a acessibilidade para as populações daltônicas.

3.2 Referencial dos paradigmas de interação

Os paradigmas de interação do Quimivox Mobile 2.0 deverão permitir ao usuário a busca de informações na tabela periódica. O usuário receberá os feedbacks do aplicativo através de retornos sonoros, essencialmente por síntese vocal, como ilustrado na Figura 7 a seguir. A da síntese de voz será interrompida em caso de novas interações.

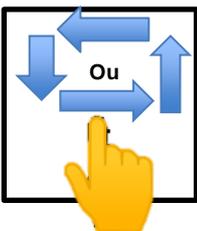
Figura 7 - Princípio de funcionamento do Quimivox Mobile 2.0

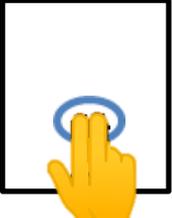
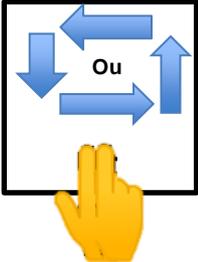


Fonte: Autoria própria

Os comandos básicos Quimivox Mobile 2.0 serão divididos em duas categorias, sendo por: comando por gesto e comando de voz. Os gestos a serem reconhecidos com as suas respectivas ações são listados na Tabela 1.

Tabela 1 - Gestos do Quimivox Mobile 2.0

Comando	Gesto	Ação
Toque com arrasto com um dedo vertical no sentido cima para baixo ou o horizontal no sentido direita e esquerda.		Para direita ou baixo avança um item do menu. Para esquerda ou cima volta um item do menu.

Um toque com um dedo		Repete a última frase falada.
Um toque com dois dedos		Entrar na opção selecionada.
Toque com arrasto com um dedo vertical no sentido cima para baixo ou o horizontal no sentido direita e esquerda.		Para direita avança três itens no menu. Para esquerda volta três itens no menu. Para baixo vai para o último item do menu. Para cima vai para o primeiro item do menu.
Arrasto de dois dedos para dentro, chamado de gesto da pinça com a direção para dentro.		Voltar tela.
Arrasto de dois dedos para fora, chamado de gesto da pinça com a direção para fora.		Abrir o microfone para o comando por voz

Fonte: Autoria própria

Durante a navegação por gestos um bip sinalizará que o usuário alcançou o início ou o final da lista.

O último gesto, a pinça para fora, inicializará o reconhecimento de voz. Este reconhecimento será precedido de um feedback sonoro avisando o usuário que o aplicativo estará esperando o comando de voz. Após este gesto, o microfone será então liberado para alimentar o sistema de reconhecimento vocal. Uma vez realizada a interação vocal pelo usuário, será feita a busca da informação solicitada, de acordo

com a Tabela 2, onde serão listados os comandos de voz disponíveis. Com exceção do comando “Abrir”, os outros comandos deverão ser associados ao nome de um elemento ou a um número atômico. Portanto, por exemplo: ao se pronunciar “massa do hidrogênio”, será dado o comando para buscar a massa atômica do hidrogênio. Ao se dizer “família do 6”, será dado o comando para identificar a família do elemento químico cujo número atômico é 6.

Tabela 2 - Comandos reconhecidos por comando de voz

Comando	Ação
ATÔMICO	Descreve o número atômico do elemento informado
SÍMBOLO	Descreve o símbolo do elemento do informado
MASSA	Descreve a massa molar do elemento informado
PERÍODO	Descreve a período do elemento informado
FAMÍLIA	Descreve a família pertencente do elemento informado
ESTADO	Descreve o estado físico do elemento informado
CLASSIFICAÇÃO	Descreve a classificação do elemento informado
ORIGEM	Descreve a origem do nome do elemento informado
FUSÃO	Descreve o ponto de fusão do elemento informado
EBULIÇÃO	Descreve o ponto de ebulição do elemento informado
USOS	Descreve os principais usos do elemento informado
DENSIDADE	Descreve densidade do elemento informado
DESCOBERTA	Descreve a descoberta do elemento informado
ABRIR	Abrir a lista de opções disponíveis para o elemento informado
ENERGÉTICOS	Descreve subníveis enérgico do elemento informado
CAMADAS	Descreve as camadas eletrônicas do elemento informado

Fonte: Autoria própria

Em caso de erro de reconhecimento ou se o usuário disparar um comando omitindo o elemento associado ao comando, o sistema informará que o comando não foi ou foi parcialmente reconhecido, solicitando a informação a ser completada. O usuário poderá então renovar o comando por completo ou completar fornecendo apenas a informação faltante.

3.3 Implementação

Os principais diferenciais do aplicativo atual, em relação às versões anteriores, foram o desenvolvimento da opção de distribuição eletrônica dos elementos químicos, a implementação das interações em adequação com o referencial supracitado, o contraste de cor para usuários de baixa visão. As outras formas de interação foram mantidas, tais como navegação por gesto: deslize dos dedos (para cima, baixo, esquerda e direita), porém, agora esse movimento é feito com dois dedos para respeitar as convenções dos outros aplicativos acessíveis. Também foram mantidas as opções de busca por informações acerca de cada elemento químico, tais como o seu número atômico, massa molar, símbolo, período, família, estado físico, classificação, origem do nome, ponto de fusão, ponto de ebulição, usos, densidade e a sua descoberta histórica.

A Figura 8 apresenta diferentes interfaces do aplicativo Quimivox Mobile 2.0. A Figura 8a é a tela inicial, que contém informações para os iniciantes, a opção de acesso à Tabela Periódica, a opção de acesso à distribuição eletrônica e informações sobre o aplicativo (desenvolvedor). A Figura 8b é a tela de acesso à Tabela Periódica propriamente dita. Ela fornece informações gerais sobre a organização dos elementos químicos, a opção de caminhar ao longo dos elementos químicos, a opção de listagem de todos os elementos químicos por número atômico, ou listar por família (grupos 1 ao 18) e a opção de listar os elementos de transição interna. A tela da Figura 8c é específica para a distribuição eletrônica e permite conhecer o diagrama de Linus Pauling por meio de informações fornecidas ao usuário e de como proceder a navegação uma vez acessado ao diagrama. A Figura 8d mostra o exemplo de um diagrama de distribuição eletrônica. Os conteúdos referentes às Figuras 9a e 9b foram desenvolvidos nas versões anteriores, enquanto os conteúdos referentes às Figuras 9c e 9d foram desenvolvidos para a versão atual.

Na Figura 8c, o menu “Conhecer o diagrama” gera uma explicação deste conceito da Química, descrevendo os níveis e subníveis de energia, assim como o número de elétrons em cada subnível. A explicação orienta que a distribuição dos elétrons obedece a ordem crescente de energia e informa como ela acontece ao longo do diagrama. Na opção “Como navegar no diagrama”, são ensinadas as funções específicas de cada gesto/deslizes para cima, baixo, direita e esquerda, um toque com

um dedo ou dois dedos. O menu “Navegação no diagrama” dá acesso ao diagrama por inteiro na tela e, por gestos ensinados no menu anterior, pode-se navegar pelos níveis e subníveis de energia existentes no diagrama.

Figura 8 - Interfaces do aplicativo Quimivox Mobile 2.0. (a) Tela inicial. (b) Tela com opções sobre a Tabela Periódica. (c) Tela com opções sobre distribuição eletrônica. (d) Tela mostrando como se percorre o diagrama de Linus Pauling.



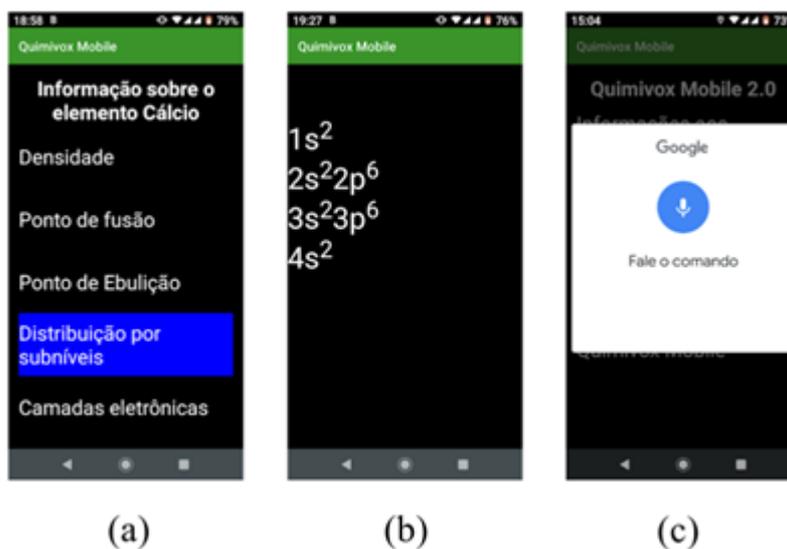
Fonte: Autoria própria

A Figura 8d apresenta a navegação sendo feita no diagrama, conforme as interações gestuais com dois dedos, vão sendo listados os níveis e subníveis de energia do diagrama. O primeiro deles é o “1s²”. À medida que se continua deslizando os dedos na tela, outros níveis e subníveis vão sendo descritos no áudio do dispositivo móvel (2s², 2p⁶, etc). A parte que aparece em azul no diagrama corresponde a parte que já foi descrita.

Para acessar a distribuição eletrônica de um determinado elemento químico, pode-se proceder de duas maneiras empregando-se gestos e comando de voz. Em uma das maneiras, na tela da Tabela Periódica (Figura 8b), pode-se acessar uma das seguintes opções: “Caminhar tabela”, “Listar todos elementos da tabela” ou “Listar por família”. Se o elemento procurado for um elemento de transição interna, pode-se acessar o menu “Listar elementos de transição interna”. Esses menus permitem localizar o elemento químico utilizando o deslize com os dedos. Uma vez encontrado o elemento químico desejado (cálcio, por exemplo), procura-se pelo menu “Distribuição por subníveis” (Figura 9a). Entrando nessa opção, o aplicativo mostra na tela “1s², 2s², 2p⁶, 3s², 3p⁶, 4s²” (Figura 9b) e emite em áudio descrevendo essa sequência de subníveis: “um s dois, dois s dois, dois p 6, três s dois, três p seis e

quatro s dois”. Em alternativa à navegação por menu, em qualquer tela do aplicativo, pode-se fazer o gesto de pinça para fora de forma a inicializar o comando de voz. O aplicativo pergunta ao usuário: “Fale o comando” (Figura 9c). Nesse momento, o usuário fala uma frase relacionada à informação de interesse. Como exemplo, pode-se perguntar “subníveis energéticos do cálcio” e em resposta o aplicativo fornece a distribuição eletrônica do cálcio como comentado anteriormente.

Figura 9 - Interfaces do aplicativo Quimivox Mobile 2.0. (a) Tela com a opção de busca por distribuição eletrônica. (b) Tela com a distribuição eletrônica do elemento químico procurado (cálcio). (c) Tela comando por voz do Quimivox Mobile 2.0.



Fonte: Autoria própria

Os fortes contrastes de cor devem ajudar os usuários com baixa visão a distinguir de forma mais fácil os textos. Foram escolhidos texto branco sobre fundo preto para os itens não selecionados e branco sobre azul para os itens selecionados. Os títulos das telas estão reforçados com caracteres em negrito, conforme é observado nas figuras do Quimivox Mobile 2.0.

3.4 Avaliação

Nesta seção é descrita toda a estratégia de avaliação do aplicativo com os deficientes visuais, incluindo os questionários que serviram para avaliar a funcionalidade do Quimivox mobile 2.0.

3.4.1 Participantes

Os testes para avaliar a funcionalidade do Quimivox mobile 2.0 foram feitos por um grupo de DV da Associação de Deficientes Visuais do Sudeste do Pará (ADVASP), localizada na cidade de Tucuruí. A ADVASP é uma entidade sem fins lucrativos, cujo objetivo é congrega e apoiar as pessoas com deficiência visual moradoras da região no exercício de sua cidadania. Esse grupo foi composto por pessoas com diferentes idades, tipos e graus de comprometimento da visão, idade de chegada da deficiência visual, níveis de escolaridade, habilidades com a leitura em Braille. Essa diversidade dos participantes tem como intenção fornecer respostas variadas que possam enriquecer as discussões da pesquisa. Ao todo dez DV participaram do estudo. Os mesmos foram identificados ao longo deste trabalho pelos códigos P1, P2, P3 até P10, sendo suas características, de conhecimento apenas do entrevistador. Essas características foram estabelecidas a partir de um questionário e serão detalhadas na parte dos resultados.

Cada participante foi comunicado pessoalmente sobre os propósitos da pesquisa. Nenhum deles recebeu qualquer pagamento em dinheiro, porém foram esclarecidos sobre a relevância que essa pesquisa tem para tornar mais acessível aos DV às aplicações para dispositivos móveis. Após concordarem na participação da pesquisa, eles assinaram um termo de consentimento (Apêndice A). Os voluntários se submeteram à entrevista para avaliação do aplicativo, que aconteceram na ADVASP e em algumas casas dos voluntários na cidade de Tucuruí. Cada entrevista foi realizada em um único dia e horário mais conveniente para cada participante e foi gravada em imagens e em áudio para facilitar o processo de análise posterior dos resultados.

A primeira parte da entrevista, procurou-se saber dados pessoais como idade, escolaridade, problema visual e quando este foi adquirido (Apêndice B). A finalidade era traçar um perfil de cada um dos entrevistados de modo a melhor conhecer as características do indivíduo relacionadas à deficiência visual. Além do mais foi perguntado a eles se já tinham utilizado algum *software* de ensino de Química voltado para DV.

Os dez participantes da pesquisa com o Quimivox Mobile 2.0 tinham idade variando entre 20 anos e 48 anos, com grau de escolaridade sendo do ensino médio

até a pós-graduação. Podemos observar certa disparidade a respeito da experiência dos usuários no uso de *smartphones*. Quanto ao grau de deficiência visual, metade deles era cega e a outra metade apresentava baixa visão, conforme a Tabela 3. Um dos participantes possui cegueira desde o nascimento e os demais ficaram cegos entre 2 e 12 anos de idade. Entre aqueles com baixa visão, dois adquiriram essa deficiência desde a nascença e três adquiriram entre 2 a 44 anos de idade.

Tabela 3 - Características dos participantes

Participantes	Idade (anos)	Experiencia com dispositivos moveis	Escolaridade	Grau de visão
P1	36	Mais ou menos	Pós-graduado	Cegueira desde 12 anos
P2	42	pouco	Ensino médio completo	Baixa visão desde 7 anos
P3	25	Mais ou menos	Graduando	Cegueira desde 7 anos
P4	22	Muito	Cursando Ensino médio	Cegueira desde nascimento
P5	21	Muito	Graduando	Cegueira desde 2 anos
P6	29	Muito	Graduando	Cegueira desde 12 anos
P7	27	pouco	Cursando Ensino médio	Baixa visão desde nascimento
P8	29	Mais ou menos	Ensino superior	Baixa visão desde nascimento
P9	20	pouco	Cursando Ensino médio	Baixa visão desde 2 anos
P10	48	Mais ou menos	Ensino superior	Baixa visão desde 44 anos

Fonte: Autoria própria

Observamos que, pela grande heterogeneidade dentro do grupo de DV, não há uma grande relevância estatística dos resultados numéricos e os resultados se atrelarão mais aos estudos de caso e às considerações qualitativas. Observa-se que estamos confrontados aos mesmos limites que as outras experimentações nacionais e internacionais que envolvem a participação de DV, como mencionam Goncu e Marriot (2011) e Petit et al. (2008). Isso ocorre porque a logística para reunir esse público é desfavorável, por serem um grupo minoritário na sociedade, acentuado por problemas de locomoção que enfrentam. Além disso, a elaboração de dados estatísticos é ainda complicada pela grande heterogeneidade dentro do próprio grupo de DV. Esta heterogeneidade gera diferenças fundamentais de características perceptivas, memória visual ou ainda acuidade em usar compensatoriamente os outros sentidos, entre baixa visão e cego, e em função da idade de perda da visão.

3.4.2 Avaliação do aplicativo

Posteriormente foi apresentado o aplicativo com suas respectivas funcionalidades (informações aos iniciantes, Tabela Periódica, distribuição eletrônica e informações sobre o Quimivox Mobile 2.0). No que diz respeito à Tabela Periódica, foi demonstrada sucintamente a sua organização, como caminhar ao longo da Tabela Periódica, listar todos os elementos químicos, listá-los por família e como listar os elementos de transição interna. O objetivo era proporcionar ao usuário o mínimo de conhecimento sobre o aplicativo, pois alguns dos DV participantes da pesquisa não tinham prática com o manuseio de dispositivos móveis. Assim era ensinado como iniciar o aplicativo e como fazer os gestos com os dedos.

Na etapa de avaliação do aplicativo, foram exigidas atividades relacionadas a informações sobre alguns elementos químicos (Apêndice C). O objetivo era fazer com que os participantes conseguissem encontrar as respostas via este aplicativo. Não houve restrição de tempo para encontrar o conteúdo solicitado. No decorrer da exploração do aplicativo, os entrevistados puderam acessar livremente as informações disponíveis no mesmo. O pesquisador somente interferiu com comentários de motivação, mas sem fornecer dicas sobre como localizar a informação alvo de cada atividade. As atividades eram consideradas realizadas com sucesso quando o aplicativo, através da síntese de voz, fornecia corretamente a resposta sobre a informação acerca do elemento químico alvo da busca. Por exemplo, na atividade 1 é pedida a classificação do elemento químico mercúrio (Apêndice C, item 1a). A busca era considerada terminada quando o aplicativo pronunciasse “O mercúrio é classificado como metal, elemento de transição”.

Para facilitar a comparação entre os resultados obtidos durante a primeira avaliação e a segunda avaliação, as dez atividades solicitadas durante a primeira foram também solicitadas durante a segunda. Outras 7 atividades foram acrescentadas para a segunda avaliação de forma a avaliar os novos conteúdos específicos adicionados na segunda versão. O procedimento entre as avaliações também foi conservado com a única diferença que a primeira avaliação não foi filmada.

Para testar a acessibilidade do aplicativo ao daltonismo usamos ferramentas automáticas de avaliação disponíveis gratuitamente online e utilizadas tradicionalmente para testar a acessibilidade das páginas web.

A primeira ferramenta, Contrast Checker⁷, verifica a resiliência dos contrastes cor de fundo/ cor de texto às diferentes formas de daltonismo. Com a segunda ferramenta Coblis⁸ (Color Blindness Simulator) foram comparados os pares cor de fundo/ cor de texto presentes na primeira e na segunda versão do aplicativo.

3.4.3 Questionário de avaliação do aplicativo

Os participantes responderam um questionário com questões abertas para expressar suas opiniões acerca do aplicativo testado (Apêndice D).

Pergunta 1. Qual nota de 0 a 10 para o Quimivox Mobile 2.0 no quesito manipulação, clareza nas informações e controle dos comandos, sendo 0 muito ruim e 10 ótimos e comente se o aplicativo atende às necessidades dos deficientes visuais.

Pergunta 2. Qual sua maior dificuldade no uso do Quimivox Mobile 2.0?

Pergunta 3. Qual a função no Quimivox Mobile 2.0 que mais facilitou o manuseio da ferramenta e mais chamou sua atenção?

Pergunta 4. Na sua opinião, o que pode ser feito de novidades no Quimivox Mobile 2.0 para propostas futuras?

3.5 Análise dos dados

A análise dos áudios implicou fazer as transcrições das falas dos entrevistados. Os trechos julgados mais significativos das respostas de cada participante às questões abertas dos questionários, assim como suas falas durante as entrevistas foram selecionados e estão destacados por aspas na seção referente aos resultados e discussões.

A análise dos vídeos buscava descrever as reações comportamentais dos DV: emoções, gestos, expressões e envolvimento. Para isso foi necessário visualizar repetidas vezes as imagens gravadas. O propósito foi analisar o desempenho geral

⁷ Site utilizado para avaliação de contraste: <https://contrastchecker.com/>

⁸ <http://www.color-blindness.com/coblis-color-blindness-simulator/>

dos participantes ao usar o aplicativo e principalmente o modo como interagem, se tinham sucesso ou não no entendimento da atividade a ser realizada.

Foi também realizada uma análise comparativa dos dados obtidos durante a avaliação da primeira versão do aplicativo com os dados obtidos durante esta segunda, permitindo avaliar a pertinência das escolhas feitas para esta segunda etapa do desenvolvimento.

De forma a avaliar a qualidade e a sustentabilidade dos tempos necessários para realizar as atividades via Quimivox Mobile por DV, foi realizada uma análise comparativa destes tempos com os tempos necessários por pessoas videntes para realizar essas mesmas atividades usando como suporte um computador conectado a internet e o motor de pesquisa da preferência do usuário.

Enfim, realizamos a análise comparativa da tela do aplicativo na sua primeira versão com a atual nos quesitos de acessibilidade para os daltônicos utilizando um site: <https://contrastchecker.com/> para análise de contraste e um outro simulador de visualização simulando os principais tipos de daltonismo no site: <http://www.color-blindness.com/coblis-color-blindness-simulator/>.

3.6 Divulgação

O Quimivox Mobile 2.0 foi distribuído através do Google Play para participantes, sendo assim disponível gratuitamente. Além disso, o aplicativo será divulgado em vários eventos científicos e de inclusão e em associações de DV. O objetivo é tornar público a um maior número de pessoas a existência dessa ferramenta voltada para o ensino de Química para pessoas com problemas de visão, possibilitando várias sugestões de melhorias e fornecendo à ferramenta perspectivas de evolução.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados a seguir apresentam (i) a avaliação experimental comparativa e (ii) a avaliação qualitativa do aplicativo. Enfim, (iii) apresentaremos os testes comparativos de acessibilidade para a população daltônica.

4.1 Avaliação experimental comparativa

Durante a segunda avaliação, todas as 17 atividades solicitadas aos participantes, exigindo o uso do aplicativo, foram realizadas com sucesso. Todos os usuários conseguiram localizar no aplicativo as informações requisitadas sobre os elementos químicos (classificação, símbolo, número atômico, usos, histórico, etc.).

Em relação ao tempo necessário para os entrevistados realizarem a busca de uma determinada informação da tabela periódica, verificou-se que o tempo máximo não ultrapassou três minutos. Levando em consideração todas as atividades, o tempo médio de busca foi de 00:33 min, o máximo de 02:27 min e o mínimo de 00:05 min como ilustrado na Tabela 4.

As informações que levaram em média mais tempo para serem acessadas foram as três últimas atividades envolvendo a localização dos elementos do grupo 18 (1:26 min), dos actinídeos (1:14 min) e dos lantanídeos (0:47 min) (APÊNDICE C, atividades 5, 6 e 7, respectivamente). Isso tende a se justificar pelo fato que essas atividades não são acessadas pelo comando de voz. Dessa forma, não levando em consideração estas três últimas atividades, o tempo médio de busca diminuiu para 00:25 min, como ilustrado na Tabela 4.

Nota-se também que alguns usuários encontraram dificuldades em realizar a primeira atividade (atividade 1, item a), o que se justifica mais pelo tempo de adaptação ao sistema do que pela acessibilidade intrínseca do sistema. Esta primeira tarefa gerou três dos quatro maiores tempos de resposta (02:27 min, 02:07 min e 01:47 min). Tirando essa primeira atividade de busca de informação no aplicativo, o tempo médio diminuiu para 00:31 min e o tempo máximo para 01:52 min. Ignorando tanto a primeira atividade como as atividades 5, 6 e 7, o que poderíamos assimilar a um uso rotineiro do aplicativo, a média caiu para 00:23 min e o tempo máximo para 1:03 min.

Tabela 4 – Tempo de busca por informações utilizando o aplicativo Quimivox Mobile 2.0

Tempo	Com todas as atividades	Sem as atividades 5, 6 e 7	Sem a atividade 1 (item a)	Sem as atividades 1 (item a), 5, 6 e 7
Media	00:33	00:25	00:31	00:23
Máximo	02:27	02:27	01:52	01:03
Mínimo	00:05	00:05	00:05	00:05

Fonte: Autoria própria

Embora, durante a primeira avaliação, em resposta a uma pergunta particularmente simples, um usuário tenha conseguido um tempo inferior ao tempo mínimo concedido na segunda avaliação (00:02 min contra 00:05), em média, o tempo de resposta dos usuários às 10 atividades realizadas comumente entre as duas avaliações é muito a favor da segunda versão: 00:25 min para realizar as atividades com a segunda versão do aplicativo contra 1:38 min usando a primeira. O tempo máximo também é muito a favor da segunda versão: 2:27 min contra 6:00 min.

Como é difícil de concluir de forma absoluta que o tempo foi bom ou não, comparamos os tempos obtidos com o tempo necessário por um usuário vidente em uma situação espontânea de busca pelas mesmas informações atualmente, que seria: usuário com um computador ou *smartphone* conectado a internet usando o seu motor de pesquisa preferido. 10 videntes realizaram as 17 atividades da segunda avaliação. A Tabela 5 mostrou que, embora o tempo de resposta tenha sido inferior para a resposta a algumas informações triviais, na grande maioria das situações, os DVs foram muito mais eficientes utilizando Quimivox Mobile do que os videntes usando as ferramentas tradicionais de busca. Em média os videntes demoraram 01:14 min contra 00:33 min, sendo que o tempo máximo para encontrar informações mais específicas chegou até 14:30 min para os videntes contra apenas 2:27 para DV.

Tabela 5 - Tempos das atividades realizadas por videntes utilizando motores de pesquisa e DV quando Quimivox Mobile

Tempo	Videntes	DV
Media	01:14	00:33
Máximo	14:30	02:27
Mínimo	00:02	00:05

Fonte: Autoria própria

Em consequência, podemos considerar os tempos obtidos por DV através do aplicativo como plenamente satisfatórios.

4.2 Avaliação qualitativa

De forma a embasar os resultados qualitativos da avaliação, a seguir, na Tabela 6, são listados os principais comentários dos DVs ao responderem as perguntas do formulário de avaliação do aplicativo (Apêndice D). Os participantes são identificados na primeira coluna.

Pergunta 1. Qual nota de 0 a 10 para o Quimivox Mobile 2.0 no quesito manipulação, clareza nas informações e controle dos comandos, sendo 0 muito ruim e 10 ótimos e comente se o aplicativo atende às necessidades dos deficientes visuais.

Pergunta 2. Qual sua maior dificuldade no uso do Quimivox Mobile 2.0?

Pergunta 3. Qual a função no Quimivox Mobile 2.0 que mais facilitou o manuseio da ferramenta e mais chamou sua atenção?

Pergunta 4. Na sua opinião, o que pode ser feito de novidades no Quimivox Mobile 2.0 para propostas futuras?

Tabela 6 - Comentários dos participantes ao avaliarem o aplicativo

	Pergunta 1	Pergunta 2	Pergunta 3	Pergunta 4
P1	Sim, está conforme a necessidade das informações acerca da tabela periódica. Nota: 10	Ampliação de manipulação de toques na tela.	As várias formas simples de gestos em toque tela para quem tem dedos.	Ampliação de manipulação de toques.
P2	Sim, pois ele é um aplicativo bem acessível, pois o cego tem acesso às informações. Nota: 10	Dificuldade por não ter experiência com dispositivos com sistema <i>Android</i>	Função comando por voz	Elaborar um questionário para o usuário estudar e despertar os estudos.
P3	Sim, por ser uma ferramenta acessível aos cegos. Nota: 8,5	O comando de gestos e adicionar o manual	O uso por comando de voz	Implementar os usos das siglas em química para forma ácido, sais e bases.
P4	Sim, por ser um aplicativo acessível e facilidade ao ensino da tabela periódica para deficientes visuais. Nota: 10	Somente o costume do uso dos gestos	Por ter o toque com dois dedos e o bip interno	No momento nada

P5	Sim, em termo de estudo bastante completo. Nota: 8,0	Mas, por saber pouco de química	Comando por voz	Aumentar velocidade da voz
P6	Sim, porque é fácil de manusear e entender. Nota: 10	Nenhuma, o aplicativo atende as expectativas	Comando por voz e gesto fácil de manusear	Ter vídeos sobre o assunto
P7	Sim, porque já ajuda deficientes visuais. Nota: 10	Deslize com os dedos	Comando por voz e leitura ajuda bastante	Não sei
P8	Sim, por ser mais fácil o acesso. Nota: 9,0	A questão de estar acostumado com o <i>talkback</i>	Pesquisa por voz	Voltar direto para menu inicial e altura da voz
P9	Sim, por ser mais fácil de entender a tabela. Nota: 10	Somente os gestos	Comando por voz	“Não tem ideia ainda”
P10	Sim, atende todos os requisitos, atendendo até mais organizado. Nota: 9,5	Sobre a pinça, o mais é treino	Foi abrir com um toque com dois dedos	“Eu acho que ele já atende todo conteúdo do ensino médio”

Fonte: Autoria própria

De acordo com a avaliação dos entrevistados, a menor nota no quesito manipulação, clareza nas informações e controle dos comandos foi 8 e a maior nota 10, sendo que 6 participantes atribuíram essa nota máxima e somente um atribuiu a nota mínima de 8. Analisando-se essas notas altas, percebe-se uma boa aceitação do aplicativo pelos deficientes visuais.

Acredita-se que essa aceitação se baseia na acessibilidade do Quimivox Mobile 2.0. Muitas falas dos participantes reforçam essa suposição. P2 afirma: “Sim, pois ele é um aplicativo bem acessível, pois o cego tem acesso às informações”. P3 comenta: “Sim, por ser uma ferramenta acessível aos cegos”. Já P8 justifica dizendo que o acesso (às informações) se torna mais fácil. Do mesmo modo P9 argumenta que: “Sim, porque é fácil de manusear e entender”.

A maior dificuldade no uso do Quimivox Mobile 2.0 (Questão 2, Apêndice D) se relaciona com os gestos. A maioria dos participantes fez um comentário negativo associado aos gestos. Por exemplo, P1 sugere que se amplie os tipos de toques na tela. P7 quer o gesto com o deslize dos dedos. Já P10 achou difícil fazer o gesto da pinça com os dedos. P9 também com os gestos, mas não especificou nenhum gesto.

P3, além de achar difícil os gestos, sentiu falta da presença de um manual. A presença de um manual pode realmente contribuir para melhor entender o funcionamento do aplicativo. Além disso, poderia trazer algumas explicações acerca das informações químicas disponibilizadas. Por exemplo, o manual poderia explicar

os conceitos de número atômico, massa molar e densidade. Esses conceitos, quando acessados no manual do aplicativo, teriam finalidade didática, pois poderiam reforçar o aprendizado estudado em sala de aula. Assim em uma futura versão do aplicativo, é merecedor de atenção a inserção de um manual.

O participante P5 não atribuiu nenhum aspecto negativo ao Quimivox 2.0, mas confessou ter falta de embasamento na própria disciplina de Química. Acredita-se que a dificuldade apontada se relaciona a entender o significado das informações fornecidas pelo aplicativo. O participante cursou as séries da educação básica em escolas com precário suporte de adaptação de materiais educacionais para DV. É bem possível que isso tenha limitado bastante o seu aprendizado de Química.

O único participante que não encontrou nenhum problema no manuseio foi P6. Esse participante é o que mais tem habilidade no uso de dispositivos móveis, inclusive com toque de tela. Talvez por isso tenha respondido a Questão 2 dizendo não ter encontrado nenhuma dificuldade quando testou o aplicativo. Segundo o participante, “o aplicativo atende as expectativas”.

Alguns participantes (P2, P4, P8 e P10) reconhecem que falta mais experiência na utilização dos dispositivos móveis, em particular no uso dos gestos com os dedos. Assim supõe-se que com mais prática no uso dos gestos, o desempenho do usuário possa ser melhorado significativamente.

Quando perguntados sobre qual a função no Quimivox Mobile 2.0 que mais facilitou o manuseio da ferramenta e mais chamou a atenção (Questão 3, Apêndice D), as respostas basicamente apontavam para o uso do comando de voz. Certamente para quem não enxerga é bem mais dificultoso do que para um vidente utilizar um aparelho celular sensível ao toque de tela. Por conseguinte, o comando de voz aparece como um grande aliado no manuseio de um aplicativo e, no caso específico do Quimivox Mobile 2.0, na busca de informações relacionadas a tabela periódica. Do mesmo modo, pode-se imaginar que gestos simples ajudam a navegar entre as telas.

As propostas futuras (Questão 4, Apêndice D) incluíram a ampliação dos tipos de toques na tela (P1) e o aumento da velocidade da voz sintetizada (P5 e P8). Outra proposta foi a elaboração de um questionário para que o usuário possa estudar através do aplicativo (P2). Também foi sugerido por P3 implementar no aplicativo as siglas (fórmulas químicas) dos ácidos, das bases e dos sais.

Um participante (P6), que apresenta cegueira total, pediu para que, em uma versão futura, sejam disponibilizadas vídeo-aulas. Pode surpreender a sugestão, pois alguém que não consegue ver imagens solicita vídeos. Porém, como já foi mencionado anteriormente, esse participante tem habilidade no uso de dispositivos móveis. Frequentemente acessa vídeos para descobrir informações variadas. Supõe-se que esse participante queira que a presença dos vídeos sirva mais como um elemento de informações acerca da tabela periódica, as quais poderão ser acessadas via áudio.

Três participantes (P4, P7 e P9) não fizeram sugestões futuras para melhorias do aplicativo. O participante P10 considerou que o aplicativo “já atende todo o conteúdo do ensino médio”. Na realidade, essa afirmação está longe de ser verdadeira, pois o aplicativo contempla apenas um único grande tópico da Química, que é o estudo da tabela periódica dos elementos químicos.

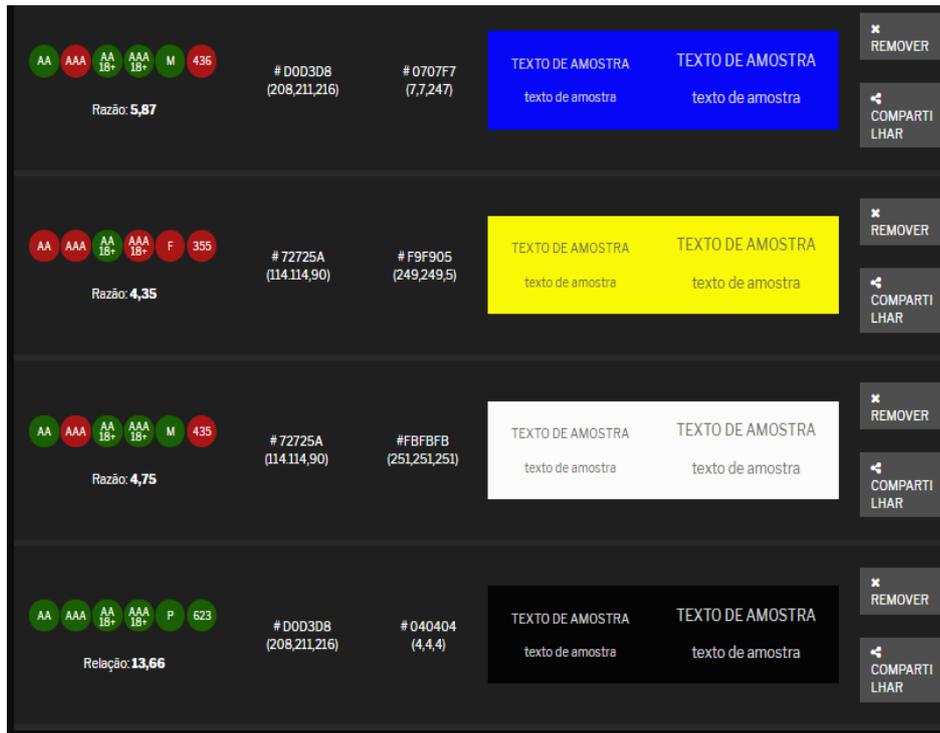
Dessa maneira, o aplicativo Quimivox Mobile 2.0 mostrou-se uma ferramenta útil para o ensino da Tabela Periódica e distribuição eletrônica dos elementos químicos aos DV. Os DV puderam acessar com relativa facilidade os conteúdos deste importante recurso didático utilizando Smartphone com tela sensível ao toque.

Os DV que participaram da pesquisa gostaram da experiência de utilizarem um aplicativo para celular com o qual pudessem explorar informações relacionadas à tabela periódica dos elementos químicos. De um modo geral eles consideraram relativamente fácil o uso dessa tecnologia nova voltada para o ensino de Química aos alunos com deficiência visual.

4.3 Resiliência do aplicativo ao daltonismo

Os resultados fornecidos pelo aplicativo são ilustrados na Figura 10 onde as duas primeiras linhas representam os resultados para as cores da primeira versão e as duas últimas da segunda versão. Observamos que se o contraste para os itens de menu selecionados pode ainda ser melhorado na segunda versão, quando o contraste para os itens não selecionado é perfeitamente adequado. Observamos globalmente um aumento bem significativo da acessibilidade da primeira versão para a segunda com uma nota média de 9.2 para a segunda contra 5,11 para a primeira.

Figura 10 - Teste razão de contraste

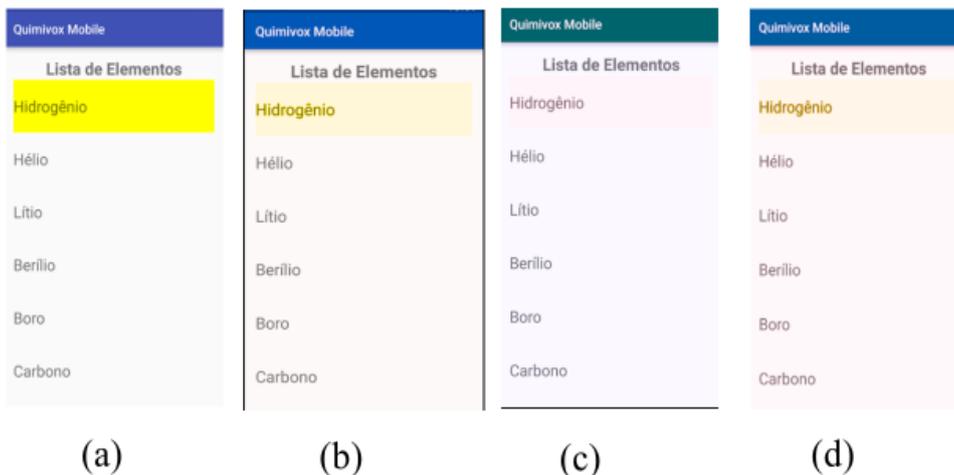


Fonte: <https://contrastchecker.com/>

Após a análise de contraste, foram feitas algumas simulações de como os daltônicos visualizam as telas, levando em consideração os principais tipos de daltonismo.

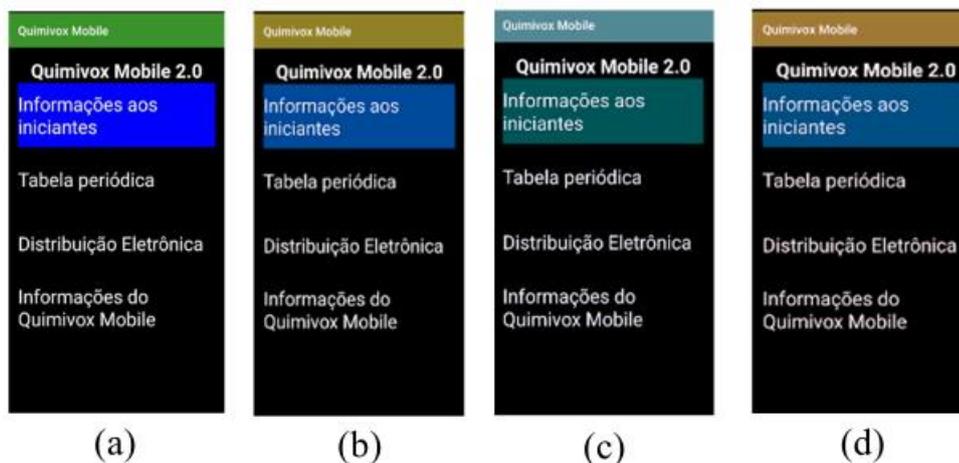
A Figura 11 representa a visualização da tela da primeira versão por pessoas (a) não daltônica, (b) por daltônicos com Protanopia (diminuição ou ausência total do pigmento vermelho), (c) com Tritanopia (Ela interfere na distinção e reconhecimento das cores azul e amarelo), (d) com Deuteranopia (não é capaz de distinguir a cor verde, os tons vistos geralmente são puxados para o marrom). Na Figura 12 são representadas as mesmas informações para a versão 2 do aplicativo.

Figura 11 - Simulação de visualização das telas do Quimivox Mobile 1.0



Fonte: <http://www.color-blindness.com/coblis-color-blindness-simulator/>

Figura 12 - Simulação de visualização das telas do Quimivox Mobile 2.0



Fonte: <http://www.color-blindness.com/coblis-color-blindness-simulator/>

Após análise das imagens acima, podemos observar uma melhora bem significativa entre as versões. Mesmo com alterações de cores devidas ao daltonismo, as informações das telas da segunda versão permanecem legíveis, permitindo a leitura dos textos e a visualização distinta do item selecionado.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O aplicativo Quimivox Mobile 2.0 possibilitou aos DV obter informações químicas contidas na Tabela Periódica e relacionadas a distribuição eletrônica dos elementos químicos por meio de síntese de voz e de uma fácil interação com essa tecnologia, mostrando-se assim acessível para esses usuários. As atividades solicitadas aos participantes, que incluíam localizar no aplicativo as informações requisitadas sobre os elementos químicos (classificação, símbolo, número atômico, usos, histórico, etc.), foram realizadas com sucesso.

O tempo necessário para efetuar a busca por uma informação pode ser considerado relativamente curto, pois não ultrapassou três minutos e a média foi de 33 segundos. O tempo maior foi ocasionado quando não se utilizou o comando por voz, como ocorreu nas atividades envolvendo a localização dos elementos do grupo 18 (gases nobres), dos actínídeos e dos lantanídeos. Por isso, percebe-se que o comando de voz foi um grande diferencial desta versão atual para a anterior. Além do mais, alguns usuários encontraram dificuldades em realizar a primeira atividade (atividade 1, item a). Possivelmente isso se justifica mais pelo tempo de adaptação ao sistema do que pela acessibilidade intrínseca do sistema.

A maior dificuldade no uso do Quimivox Mobile 2.0 envolveu o uso dos gestos, pois a metade dos comentários negativos se direcionavam ao uso dos dedos no toque de tela para navegar no aplicativo. No entanto, isso pode estar relacionado à falta de prática no uso de dispositivos móveis por parte de alguns DVs. É de se esperar que com o manuseio frequente de tecnologias digitais baseadas no toque de tela haja uma maior habilidade para se empregar os gestos.

Entretanto, de um modo geral, os entrevistados aprovaram a nova tecnologia. Essa avaliação positiva é embasada pelos comentários dos participantes, os quais apontaram principalmente a acessibilidade da ferramenta, que foi de fácil manuseio. Por isso, pode-se considerar o aplicativo Quimivox Mobile 2.0 como uma nova ferramenta digital que pode trazer benefícios a usuários com problemas de visão considerando o ensino de Química.

E podemos concluir que com a análise de telas para os daltônicos, obtivemos resultado bastante satisfatório comparando a versão atual com a primeira, obtendo

4,09 de diferença de contrastes entre as mesmas, através das simulações das telas foram comprovadas as respectivas melhorias de contraste.

Como proposta futura, podemos ter personalização de: cor das letras e telas, escolher sintetizador, velocidade do sintetizador de acordo a necessidade ou costume de cada usuário, promovendo uma maior possibilidade de maneiras de utilização e possíveis melhorias/ampliação de gestos.

Finalmente, muitas são as vantagens do uso de tecnologias adaptadas (incluindo sintetizador de voz, gestos e comando por voz para pessoas com limitações de visão). Essas ferramentas podem ser instrumentos valiosos a serviço da educação, tornando o acesso à informação química mais universal. Conseqüentemente, tem-se dessa forma uma educação mais inclusiva.

REFERENCIAS

BERTALLI, Jucilene Gordin. **Ensino de geometria molecular para alunos com e sem deficiência visual por meio de modelo atômico alternativo**. 2010. 55 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências, Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande-MS, 2010.

BHARAVA, S. Role of chemistry in everyday life. **Journal of Chemistry and Chemical Sciences**. v. 6, n. 2, p. 192-198, February, 2016.

BONIFÁCIO, Vasco D. B. Ensinar química com telemóveis inteligentes: a tabela periódica em código QR. **Química SPQ**, v. 127, p. 71-72, out./dez. 2012.

BONIFÁCIO, Vasco D. B. Química, *tablets* e telemóveis inteligentes: Prêmios Nobel da Química 1901-2011 em código QR. **Química SPQ**, v. 38, n. 132, p. 59-60, jan./fev, 2014.

BRASIL, Constituição. Lei n. ° 7.853, de 24 de outubro de 1989. Dispõe sobre o apoio às pessoas portadoras de deficiência, sua integração social, sobre a Coordenadoria Nacional para Integração da Pessoa Portadora de Deficiência-Cordec, institui a tutela jurisdicional de interesses coletivos ou difusos dessas pessoas, disciplina a atuação do Ministério Público, define crimes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 1989.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Disponível em: Acesso em: <<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm>>. Acesso em: 15 jan. 2018.

BRASIL. Lei n. 13.146, de 06 de julho de 2015. Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência). **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, Brasília, DF, 7 jul. 2015.

BRASIL. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, Brasília, DF, v. 134, n. 248, 23 dez. 1996.

CEBV – CENTRO ESPECIALIZADO EM BAIXA VISÃO. **A Arte de bem viver com baixa visão**. Disponível em: <<<http://www.cebv.pt/downloads/cebv130510.pdf>>>. Acesso em: 20 janeiro 2017.

CORRÊA, Ana Grasielle; Dionísio et al. Sistema de Avaliação Didática Acessível Portátil para Pessoas com Deficiência Visual: estudo de caso com a plataforma *Android*. In: **Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)**. 2015. p. 782.

DE OLIVEIRA, Alex Santos; MERLIN, Bruno; Fülber; FERREIRA, João Elias Vidueira; BARROS, Tatiana Nazaré de Carvalho Artur. QUIMIVOX MOBILE: assistive tool to

teach Mendeleev table. In: MARGHERITA, Antona and STEPHANIDIS, Constantine (Eds.). **Universal Access in human-computer interaction**: human and technological environments. Springer, 2017, p. 188-197.

DE SOUZA, Osvaldo; TABOSA, Hamilton Rodrigues. Virando a página: um novo conceito de acessibilidade na web para deficientes visuais. **Informação & Sociedade: Estudos**, v. 24, n. 1, 2014.

FAÇANHA, Agebson R.; VIANA, Windson; PEQUENO, Mauro C. Estudo de interfaces acessíveis para usuários com deficiência visual em dispositivos móveis touch screen. In: **XVI Congresso Internacional de Informática Educativa (TISE 2011), Santiago Chile**. 2011.

FAGUNDES, Vanessa C. F.; FAGUNDES, Cristiano F.; ANSANI, Vitória L.; CARLOS, Elenice A.; DOS SANTOS, Mateus. Desenvolvimento de aplicativo para transcrição de fórmulas e equações químicas da escrita à tinta para o Braille. **Revista Iluminart**, n. 16, 2018.

FANTIN, Dennis et al. Avaliação de Tabelas Periódicas Existentes e Novas dos Elementos para a Educação Química de Estudantes Cegos. **Journal of Chemical Education**, v. 93, n. 6, p. 1039-1048, 2016.

FREY, Brian; SOUTHERN, Caleb; ROMERO, Mario. Brailletouch: mobile texting for the visually impaired. **Universal Access in Human-Computer Interaction. Context Diversity**, p. 19-25, 2011.

GILBERT, John. K. Visualization: a metacognitive skill in science and science education. In GILBERT, John. K. (ed.). **Visualization in Science Education**, Springer, 2005, p. 9-27.

GLASSER, Leslie. Periodic tables on the world wide web. **Australian Journal of Education in Chemistry**, v. 71, p. 3-4, 2011.

GONCU, Cagatay; MARRIOTT, Kim. (2011) Gravvitas: Generic Multi-touch Presentation of Accessible Graphics. In: Proc. of the 13 th IFIP International Conference on Human-Computer Interaction – Vol Part I 2011, Berlin, Heidelberg. Springer-Verlag.

GOOGLE PLAY. **Apps**. Disponível em: <<https://play.google.com/store/search?q=educalabs&c=apps>>. Acesso em 15 jun 2019.

HRUBA, Filipe Franchini. **Desenvolvimento de interfaces web adaptado para portadores de daltonismo**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo demográfico 2010**: características gerais da população, religião e pessoas com deficiência. 2012.

INEP - Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Censo Escolar 2017**: notas estatísticas. Brasília-DF, 2018a. 20p.

INEP - Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Censo da Educação Superior 2017**: divulgação dos principais resultados. Brasília-DF, 2018b. 20p.

KIM, Shin; LEE, Kun-pyo; NAM, Tek-Jin. Sonic-Badminton: Audio-Augmented Badminton Game for Blind People. In: **Proceedings of the 2016 CHI Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems**. ACM, 2016. p. 1922-1929.

KOTZ, John C.; TREICHEL, Paul M.; WEAVER, Gabriela C. **Química geral e reações químicas**. 6. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2009. 611 p.

LAVORATO, Simone Uler; MARTINEZ, Isabella Gudes; MÓL, Gerson de Souza. Áudio-descrição como estratégia pedagógica de inclusão no ensino de Química. Trabalho apresentado no XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química, Florianópolis, SC, 2016. Disponível em: <http://www.eneq2016.ufsc.br/anais/resumos/R2250-1.pdf>. Acesso em: 10 dezembro 2017.

LEONARDO, Nilza Sanches Terraro; BRAY, Cristiane Toiler; ROSSATO, Solange Pereira Marques. Inclusão escolar: um estudo acerca da implantação da proposta em escolas de ensino básico. **Revista Brasileira de Educação Especial**, Marília, maio/agosto, v. 15, n. 2, p. 289-306, 2009.

LIMA, Manoela Maria Liomiza Pereira de. A importância das tecnologias assistivas para a inclusão do aluno com deficiência visual. 2012.

LOPES, Lidiane Furlan. **Aplicativo autolocalizador para pessoas com deficiência visual**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

MORAES, Louise. **A educação especial no contexto do Plano Nacional de Educação**. Brasília, DF: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, 2017. 42 p.

MELO, Amanda Meincke; DA COSTA, Jean Braz e SOARES, Sílvia C. de Matos. Tecnologias assistivas. In PUPO, Deise Tallarico; MELO, Amanda Meincke e FERRÉS, Sofia Pérez. **Acessibilidade**: discurso e prática no cotidiano das bibliotecas. Campinas, SP: UNICAMP/Biblioteca Central Cesar Lattes, 2006. p. 62-70.

MOORE, Emily B. ConfChem Conference on Interactive Visualizations for Chemistry Teaching and Learning: accessibility for PhET interactive simulations – progress, challenges, and potential. **Journal of Chemical Education**, v. 93, n. 6, p. 1160-1161, 2016.

NICHELE, Aline Grunewald; SCHLEMMER, Eliane. Aplicativos para o ensino e aprendizagem de Química. **RENOTE**, v. 12, n. 2, 2014.

PALACIOS, Marcos Silva; CUNHA, Rodrigo. A taticidade em dispositivos móveis: primeiras reflexões e ensaio de tipologias//TACTILITY AND MOBILE DEVICES: FIRST APPROXIMATIONS AND A TYPOLOGY. **Contemporanea-Revista de Comunicação e Cultura**, v. 10, n. 3, p. 668-685, 2012.

PAULISTA, Campo Limpo; DE ARAÚJO, Ricardo José; BONACIN, Rodrigo. **Interfaces Adaptativas para Daltônicos com base em Ontologias**. 2017.

PEREIRA, Florbela; DE SOUSA, João Aires, MATA, Paulina e LOBO, Ana M. Desenvolvimentos no ensino da Química a cegos e a grandes amblíopes. **Boletim da Sociedade Portuguesa de Química**, v. 112, p. 7-15, 2009.

PETIT, Grégory et al. Refreshable Tactile Graphics Applied to Schoolbook Illustrations for Students with Visual Impairment. In: Proceedings of the 10 th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility 2008, New York, NY,

PRAJAPAT, Prakash. Role of organic, medicinal & pharmaceutical chemistry in drug design: introduction. **Journal of nanomedicine research**. v. 7, n. 2, p. 70-71, 2018.

RADABAUGH, M. P. NIDRR's Long Range Plan-Technology for access and function research section two: NIDRR Research Agenda Chapter 5: Technology for access and function. **United States**, 1993.

RODRIGUEZ, Ana Milagros Janet Quispe. Usabilidade web para usuarios daltônicos. **Puente**, v. 8, n. 1, p. 71-78, 2017.

SANTOS, José Paulo et al. TECNOLOGIA ASSISTIVA: um estudo sobre o uso de aplicativos para deficientes visuais. **Brasil Para Todos-Revista Internacional**, v. 4, n. 1, p. 59-69, 2017.

SAHIN, Mehmet.; YOREK, Nurettin. Teaching science to visually impaired students: a small-scale qualitative study. **US-China Education Review**. v. 6, n. 4, p 19-26, 2009.

SILVA, Chirley Cristiane Mineiro Da; TURATTO, Jaqueline; MACHADO, Lizete Helena. Os Deficientes Visuais E O Acesso À Informação. **Rev. ACB: Biblioteconomia em Santa Catarina**, [s. l.], v. 7, n. 1, p. 9–19, 2002.

SHAIK, Akbar S.; HOSSAIN, Gahangir; YEASIN, Mohammed. Design, development and performance evaluation of reconfigured mobile Android phone for people who are blind or visually impaired. In: **Proceedings of the 28th ACM International Conference on Design of Communication**. ACM, 2010. p. 159-166.

SILVA, Tânia Núsia da Costa. **Deficiente visual: ensinando e aprendendo química através das tecnologias assistivas no ensino médio**. 2014. 114f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências Exatas) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Exatas. Centro Universitário UNIVATES, 2014.

SUPALO, Cary A. ConfChem Conference on Interactive Visualizations for Chemistry Teaching and Learning: Concerns Regarding Accessible Interfaces for Students Who

Are Blind or Have Low Vision. **Journal of Chemical Education**, v. 93, n. 6, p. 1156-1159, 2016.

SUPALO, Cary A.; HUMPHREY, Jennifer R.; MALLOUK, Thomas E.; WOHLERS, David; CARLSEN, William S. Examining the use of adaptive technologies to increase the hands-on participation of students with blindness or low vision in secondary-school chemistry and physics. **Chem. Educ. Res. Pract.**, v. 17, n. 4, p. 1174-1189, 2016.

VAZ, Priscila. Aplicativo de quis sobre Química Inorgânica acessível a pessoas com deficiência visual: QuiSalino. In: **Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação**. 2016. p. 309.b

ZUCCO, César. Química para um mundo melhor. **Química Nova**, v. 34, n. 5, p. 733-733, 2011.

APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO

Termo de Consentimento

Este trabalho faz parte de um projeto de pesquisa ainda em construção, trabalho de conclusão de mestrado, da UFPA, tendo como orientador o Bruno Merlin. O Objetivo é preencher algum questionamento a respeito do funcionamento do Quimivox Mobile 2.0. Com isso, versa compreender como esta tecnologia está sendo percebível pelos usuários. Ciente disto, vimos convida-los (a) a participar desta pesquisa esclarecendo que sua participação será através de um formulário de questionamentos, cujo instrumento foi elaborado por nós a respeito do tema em estudo. Para o registro, usaremos uma transcrição da entrevista, seguida com um formulário de perguntas em papel e registro por filmagem. Conforme previamente solicitado, informamos que os nomes e imagens verdadeiros dos sujeitos da entrevista não serão utilizados no trabalho escrito, mencionado no depoimento, no todo ou em parte, editado ou não, segundo suas normas, com a única ressalva de sua integridade e indicação de fonte e autor. A qualquer momento você pode desautorizar os pesquisadores de fazer uso das informações utilizadas. Não há despesas pessoais para você em qualquer fase do estudo. Responsável: Alex Santos de Oliveira, Bruno Merlin.

Nome Completo: _____

Assinatura entrevistado

Alex Santos de Oliveira

APÊNDICE B – FORMULÁRIO DE DADOS PESSOAIS

Dados pessoais

Nome:

Escolaridade:

Idade:

Qual sua Cidade e Estado onde mora?

Qual o seu grau de visão?

- Cegueira Total de nascimento
- Cegueira Total desde _____ anos
- Baixa Visão de nascimento
- Baixa Visão desde _____ anos
- Dito Normal

Você já usou ou ouviu falar em algum software de ensino de Química para deficiente visual?

- Sim
- Não

Se sim, quais?

Comente sobre a estratégia didática que seu professor utilizou para ensinar a você o conteúdo referente a tabela periódica dos elementos químicos?

APÊNDICE C – FORMULÁRIO DE ATIVIDADES

Atividade para serem feitas com o aplicativo:

1. Localize no aplicativo as informações do mercúrio.
 - a) Classificação tempo:_____:_____;
 - b) Símbolo tempo:_____:_____;
 - c) número atômico tempo:_____:_____;
 - d) família tempo:_____:_____;
2. Localize no aplicativo as informações do Sódio.
 - a) massa molar tempo:_____:_____;
 - b) ponto de ebulição tempo:_____:_____;
 - c) ponto de fusão tempo:_____:_____;
 - d) densidade tempo:_____:_____;
3. Localize no aplicativo as informações do Ferro.
 - a) histórico tempo:_____:_____;
 - b) usos tempo:_____:_____;
 - c) estado físico tempo:_____:_____;
 - d) Origem do nome tempo:_____:_____;
4. Localize no aplicativo as informações do Carbono.
 - a) Distribuição por subníveis tempo:_____:_____;
 - b) Camadas eletrônicas tempo:_____:_____;
5. Localize os elementos do grupo 18 família 8A; tempo:_____:_____;
6. Localize os elementos da série dos actinídeos; tempo:_____:_____;
7. Localize os elementos da série dos lantanídeos; tempo:_____:_____;

APÊNDICE D – FORMULÁRIO DE AVALIAÇÃO DA FERRAMENTA

Avaliação ferramenta

1- Qual nota de 0 a 10 para o Quimivox Mobile 2.0 no quesito manipulação, clareza nas informações e controle dos comandos, sendo 0 muito ruim e 10 ótimos e justifique.

2- Qual sua maior dificuldade no uso do Quimivox Mobile 2.0 e exponha sua opinião o que deve ser melhorado?

3- Qual a função no Quimivox Mobile 2.0 que facilitou o manuseio da ferramenta e mais chamou sua atenção?

4- Na sua opinião o que pode ser feito de novidades no Quimivox Mobile 2.0 para propostas futuras?
