



UNIVERSIDADE DO GRANDE RIO
Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa
Programa de Pós-graduação em Ensino das Ciências
Curso de Mestrado Profissional

MATERIAL DE APOIO TÁTIL-AUDITIVO PARA O ENSINO DE QUÍMICA: UM RECURSO ELETRÔNICO E COMPUTACIONAL DE ÁUDIO PARA ALUNOS CEGOS

ELAINE LUIZ DE CARVALHO



PPGEC

Programa de Pós-Graduação em
Ensino das Ciências
UNIGRANRIO

Duque de Caxias
outubro/2019

**MATERIAL DE APOIO TÁTIL-AUDITIVO PARA O ENSINO DE QUÍMICA:
UM RECURSO ELETRÔNICO E COMPUTACIONAL DE ÁUDIO PARA
ALUNOS CEGOS**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Profissional do Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências da Universidade do Grande Rio, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de mestre.

Área de Concentração: Educação Básica

Orientadora

Dra. Giseli Capaci Rodrigues

Profa. Adjunta

Programa de Pós-Graduação em

Ensino das Ciências

Universidade do Grande Rio

Co-orientadora

Dra. Andrea Velloso da Silveira Praça

Profa. Adjunta

Programa de Pós-Graduação em

Ensino das Ciências

Universidade do Grande Rio

Duque de Caxias
Outubro/2019

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UNIGRANRIO – NÚCLEO DE COORDENAÇÃO DE
BIBLIOTECAS

C331m Carvalho, Elaine Luiz de.

Material de apoio tátil-auditivo para o ensino de química : um recurso eletrônico e computacional de áudio para alunos cegos / Elaine Luiz de Carvalho. – 2019.

170 f. : il. ; 30 cm.

Dissertação (Mestrado em Ensino das Ciências na Educação Básica) – Universidade do Grande Rio “Prof. José de Souza Herdy”, Escola de Educação, Ciências, Letras, Artes e Humanidades, Duque de Caxias, 2019.

“Orientadora: Dra. Giseli Capaci Rodrigues”.

“Co-orientadora: Dra. Andrea Velloso da Silveira Praça”.

Referências: f. 123-129.

1. Educação. 2. Química - Ensino. 3. Cegos - Educação. 4. Material grafotátil. I. Rodrigues, Giseli Capaci. II. Praça, Andrea Velloso da Silveira. III. Universidade do Grande Rio “Prof. José de Souza Herdy”. IV. Título.

CDD – 370

MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DAS CIÊNCIAS

ELAINE LUIZ DE CARVALHO

**MATERIAL DE APOIO TÁTIL-AUDITIVO PARA O ENSINO DE QUÍMICA: UM
RECURSO ELETRÔNICO E COMPUTACIONAL DE ÁUDIO PARA ALUNOS
CEGOS**

Dissertação apresentada ao curso de
Mestrado Profissional do Programa de
Pós-Graduação em Ensino das
Ciências da UNIGRANRIO como
requisito parcial para obtenção do título
de Mestre em Ensino das Ciências.

Aprovada em 29 de outubro de 2019 pela seguinte Banca Examinadora:



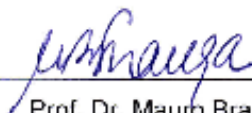
Prof.^a Dr.^a Giseli Capaci Rodrigues
Programa de Pós-Graduação em Ensino das
Ciências da UNIGRANRIO – Presidente



Prof.^a Dr.^a Roberta Flavia Ribeiro Rolando Vasconcellos
Programa de Pós-Graduação em Ensino das
Ciências da UNIGRANRIO



Prof.^a Dr.^a Bianca Della Libera da Silva
Instituto Benjamin Constant (IBC)



Prof. Dr. Mauro Braga França
Colégio Pedro II (CP II)

Dedico este trabalho aos meus dois amores
Fábio e Bárbara, dos quais sempre recebi
incentivo e apoio incondicionais.
Amo vocês!

“O nosso lúdico, a nossa imaginação é muito forte, tudo que a gente não vê, não existe... É como se não existisse, de verdade, é isso”.

Natália Medeiros
Revisora Braille

AGRADECIMENTOS

À minha família pelo incentivo e apoio.

Aos amigos pela parceria e contribuição neste trabalho, especialmente para o meu cunhado Alex Modesto Souza, Técnico em Eletrônica, colaborador no desenvolvimento dos programas *do Arduino* e do App Inventor e Duílio Macedo Sanches, Designer Gráfico e Designer Braille, colaborador na preparação dos projetos nas regras da ABNT e das imagens preparadas para texturização em *CorelDraw*.

Aos professores do Grupo de Pesquisa Recursos Multissensoriais e Tecnológicos para Deficientes Visuais, do Instituto Benjamin Constant, por dividirmos os primeiros passos do aprendizado da plataforma aberta *Arduino* com o Prof. Enis, a quem agradeço especialmente.

Aos amigos da Divisão de Produção e Desenvolvimento de Material Especializado pela ajuda e apoio.

Ao Instituto Benjamin Constant pelo respeito à pessoa com deficiência visual e por proporcionar capacitação a diversos profissionais em todo território nacional.

Às revisoras Cláudia Vidal e Natália Medeiros que se empenharam, nos finais de semana, em aprimorar o Produto Educacional contribuindo com seus conhecimentos.

Aos meus inestimáveis alunos que doaram seu tempo, conscientes da importância da pesquisa desenvolvida, em prol da pessoa com deficiência visual.

Às minhas orientadoras Giseli Capaci Rodrigues e Andrea Velloso da Silveira Praça pelas valiosas contribuições durante essa trajetória.

RESUMO

CARVALHO, E.L. Material de apoio tátil-auditivo para o ensino de química: um recurso eletrônico e computacional de áudio para alunos cegos. Orientador: Prof. Dra. Giseli Capaci Rodrigues, Prof. Dra. Andréa Velloso da Silveira Praça, Rio de Janeiro, Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências – PPGEC – UNIGRANRIO, 2019. Dissertação de Mestrado Profissional. p. 170.

Considerando a elevada utilização de imagens no ensino de química é determinante que sejam desenvolvidos recursos que facilitem o acesso do aluno cego a essas formas não verbais. Neste sentido, o trabalho apresenta o desenvolvimento e a aplicação de um recurso tátil-auditivo para o ensino de química de alunos cegos, denominado TOKVOX. O recurso é composto por um caderno de imagens grafotáteis associado a um equipamento eletrônico e computacional que permite a reprodução de áudio explicativo no celular. Este equipamento seguiu o modelo do Movimento *Maker*. Foram selecionadas sete imagens relacionadas aos conceitos químicos que explicam o desenvolvimento do Modelo Atômico de Rutherford e o estudo da radioatividade. Essas imagens foram texturizadas, reproduzidas em películas de PVC e integradas à parte computacional e eletrônica, constituída de um teclado membrana, uma placa eletrônica, um módulo *Arduino*, um módulo *bluetooth* e um aplicativo para celular denominado Tokvox, desenvolvido a partir do *App Inventor*. O que motivou essa pesquisa foi o fato de observarmos que os alunos do Instituto Benjamin Constant (IBC) não utilizam as pranchas grafotáteis fora da sala de aula. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi desenvolver um recurso didático que associasse seus sentidos remanescentes e possibilitasse o acesso, simultâneo, à imagem tátil e ao conteúdo de química em áudio explicativo, e desta forma, estimulasse o aluno estudar química em ambientes externos à sala de aula. O trabalho foi testado e aprovado por dois revisores cegos, com experiência no Sistema Braille e materiais grafotáteis. Após revisão, o material foi aplicado em sala de aula para alunos com cegueira congênita ou adquirida do 9º ano do Ensino Fundamental do IBC. A pesquisa apresenta abordagem qualitativa e a técnica utilizada na coleta de dados foi a entrevista semiestruturada. Para a análise de dados, seguimos a Análise de Conteúdo. Os resultados indicam que os alunos cegos aprovaram a utilização do TOKVOX para o estudo de química, enfatizando uma forma diferenciada de aprendizagem; a possibilidade do uso do equipamento em diversos locais, proporcionando um estímulo maior ao estudo de química e de diferentes disciplinas. Como perspectivas futuras temos a ampliação da amostragem de alunos para aprofundar o estudo sobre a aprendizagem e a capacitação de docentes para a utilização do TOKVOX. Esperamos que a utilização do TOKVOX possa motivar o ensino e a aprendizagem dos conceitos utilizados no ensino de Química, uma vez que se trata de conceitos abstratos.

Palavras-chave: Ensino de Química. Alunos cegos. Material grafotátil. Recurso de áudio.

ABSTRACT

CARVALHO, E.L. Tactile-auditory support material for teaching chemistry: an electronic and computational audio resource for blind students. Advisor: Profa. Dra Giseli Capaci Rodrigues, Profa. Dra. Andréa Velloso da Silveira Praça, Rio de Janeiro, Science Education Graduate Program - UNIGRANRIO, 2019. Dissertation. p.170.

Considering the great amount of pictures used to teach chemistry, it is essential that resources be developed to enable access of these non-verbal forms to blind students. Bearing this in mind, the present work presents the development and application of a tactile listening resource to be used in chemistry classes with blind students, called TOKVOX. The resource is composed by a tactile graphs notebook associated with an electronic device that reproduces an explanatory audio on the cellphone. This device was done following the Maker Movement. Seven images, related to the chemical concepts that explain the development of Rutherford's Atomic Model and the study of radioactivity, were selected. Those images were texturized, reproduced in PVC pellicle and integrated to the electronic part, made of a membrane keyboard, an electronic board, an Arduino and Bluetooth modules, and a mobile application called TOKVOX, developed at the App Inventor. The springboard for this research came from the fact that it was observed that students from Benjamin Constant Institute (IBC) do not use the tactile graphs board out of the classrooms. Therefore, the objective of this work was to develop a didactic resource that would associate their remaining senses and make possible to access, simultaneously, the tactile image and the Chemistry content through explanatory audio, and thus would stimulate the learners to study Chemistry in an environment different from their classrooms. This work was tested and approved by two blind reviewers, experienced in the Braille System and tactile graphic materials. After the approval of these two specialists, the material was applied in a classroom with five blind students (congenital blindness or acquired) from the 9th grade of basic education from IBC. The research presents a qualitative approach and the technique used to collect data was a semi-structured interview. To analyze the data, Content Analysis was applied. The results show that the blind students approved the use of TOKVOX to study Chemistry through the simultaneous association of tactile graphs and audio, emphasizing a different way of learning, as well as a possibility of using the equipment in different places of learning, creating a greater stimulus to study Chemistry and different subjects. As future prospects, we aim at the broadening of the sample of students and training teachers to use TOKVOX. We hope that TOKVOX may motivate the teaching and learning of the concepts used in the teaching of Chemistry, since it approaches abstract concepts.

Keywords: Chemistry Teaching. Blind Students. Tactile graphic Material. Audio Resource.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Produto Educacional	45
Figura 2 - Imagens preparadas para texturização	48
Figura 3- Átomo de Rutherford	54
Figura 4 - Átomo de Rutherford texturizada	54
Figura 5 - Experiência de Rutherford	55
Figura 6 – Experiência de Rutherford texturizada.....	55
Figura 7 – Poder de Penetração	56
Figura 8 – Poder de penetração texturizada.....	56
Figura 9 - Fissão Nuclear.....	57
Figura 10 - Fissão Nuclear texturizada.....	57
Figura 11- Experimento da Folha de Ouro	58
Figura 12 - Experimento da Folha de Ouro texturizada	58
Figura 13 - Reator Nuclear	59
Figura 14 – Reator Nuclear texturizada.....	59
Figura 15 - Legenda do Reator Nuclear	60
Figura 16 – Legenda texturizada	60
Figura 17 – Símbolo Radioativo.....	61
Figura 18 – Símbolo Radioativo texturizado.....	61
Figura 19 - Máquina de Thermoform	63
Figura 20 - Replicação em PVC	63
Figura 21 - Caderno espiralado	64
Figura 22 - Molde das etiquetas	65
Figura 23- Caderno com etiqueta do código de barras	66
Figura 24 – Desenho em <i>Corel Draw</i> do equipamento físico em MDFFonte	68
Figura 25- Partes do equipamento físico em MDF.....	69
Figura 26- Teclado membrana com Flat Cable	69
Figura 27 - Teclado membrana adesivado colado na placa inferior.....	70
Figura 28 - Placa eletrônica	70
Figura 29 - Placa eletrônica finalizada	72
Figura 30- Equipamento físico finalizado	72
Figura 31- Ícone do App Tokvox	73
Figura 32 - Tokvox sinalizando a página e a tecla	74

Figura 33 - Equipamento sem livro	75
Figura 34- Programa em blocos do <i>Arduino</i> e do celular.....	76
Figura 35 – Tela conexão com <i>bluetooth</i>	78
Figura 36 – Código <i>bluetooth</i>	78
Figura 37 - Tela de gravação	79
Figura 38 - Fotos da revisão das imagens texturizadas	83
Figura 39 - R2 analisando a película	85
Figura 40 - Poder de Penetração.....	86
Figura 41- Poder de Penetração com legenda invertida	86
Figura 42 – Legenda e Reator Nuclear.....	87
Figura 43 - R2 testando o produto educacional.....	87
Figura 44 – Poder de penetração em PVC.....	98
Figura 45 – Átomo de Rutherford em PVC.....	98
Figura 46 – Alunos aprendendo a manusear o equipamento.....	100
Figura 47 – Alunas testando o equipamento	101

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Análise das imagens nos livros PNLD- 2015.....	44
Quadro 2 – Dados dos alunos participantes da pesquisa.....	105
Quadro 3 - Recursos tecnológicos e o estudo.....	105
Quadro 4- Participação nas aulas de Química e meios para estudar representações....	106
Quadro 5 - Utilização de materiais grafotáteis	107
Quadro 6 - Percepção das imagens grafotáteis de radioatividade	108
Quadro 7 - Descrição das imagens pelos alunos	110
Quadro 8- Aspectos físicos do equipamento	113
Quadro 9 – Audiodescrição	114
Quadro 10 - Apresentação do equipamento eletrônico e computacional	114
Quadro 11- Opiniões sobre materiais grafotáteis de uma forma geral	115
Quadro 12- Contribuição do caderno de imagens grafotáteis aplicado na pesquisa	117
Quadro 13 - Utilização do celular na reprodução do áudio	118
Quadro 14- Utilização do produto educacional	119
Quadro 15 - A importância do professor	120

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Número de matrículas de alunos incluídos em classes comuns com AEE, incluídos em classe comum sem AEE e em classes especiais.....	31
Gráfico 2 - Total de alunos matriculados no IBC.....	91
Gráfico 3 - Total de alunos matriculados no EF. I e II.....	92

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AEE	Atendimento Educacional Especializado
App	Aplicativo
AV	Acuidade visual
BV	Baixa visão
CEP	Comitê de Ética na Pesquisa
2D	Bidimensional
DED	Departamento de Educação
DIY	Do It Yourself
DPME	Divisão de Produção e Desenvolvimento de Material Especializado
DTE	Departamento Técnico-Especializado
DV	Deficiência visual
ECA	Estatuto da Criança e do Adolescente
EVA	Ethylene Vinyl Acetate
EF	Ensino Fundamental
EF I	Ensino Fundamental I
EF II	Ensino Fundamental II
FVM	Faça Você Mesmo
IBC	Instituto Benjamin Constant
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
<i>IDE</i>	<i>Integrated Development Environment</i>
INEP	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
LBI	Lei Brasileira de Inclusão da pessoa com deficiência
LDBN	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional

MDF	Medium Density Fiberboard
MIT	Instituto de Tecnologia de Massachussets
NTPTB	Normas Técnicas de Produção de Textos em Braille
ONU	Organização das Nações Unidas
PcD	Pessoa com Deficiência
PCN+	Parâmetros Curriculares Nacionais
PNE	Plano Nacional de Educação
PNEEPEI	Política Nacional de Educação Especial na Perspectiva da Educação Inclusiva
PVA	Poliacetato de vinila
PVC	Policloreto de vinila
R1	Revisora 1
R2	Revisora 2
TA	Tecnologia Assistiva
TIC	Tecnologia de Informação e Comunicação

SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO	18
2	INTRODUÇÃO	19
3	OBJETIVOS	24
3.1	Objetivo Geral	24
3.2	Objetivos Específicos	24
4	O PRODUTO EDUCACIONAL	25
4.1	Fundamentação Teórica	25
4.1.1	Deficiência Visual	25
4.1.2	Educação Inclusiva e Educação Especial	26
4.1.3	Tecnologia Assistiva	32
4.1.4	Material em alto-relevo	35
4.1.5	Ensino de Radioatividade	38
4.2	Descrição do produto Educacional	44
4.2.1	Revisão da Literatura	46
4.2.2	Confecção do caderno de imagens grafotáteis	46
4.2.3	Construção e desenvolvimento do TOKVOX	66
4.2.4	Desenvolvimento do aplicativo Tokvox	72
4.2.5	Esquema do programa no <i>Arduino</i> e no celular	75
4.2.6	Operação do TOKVOX	77
4.2.7	Etapas para gravação de áudios pelo professor	78
4.2.8	Textos para os áudios	79
4.2.9	Revisão do material e suas considerações	81
4.2.10	Avaliação das revisoras sobre o manuseio do Produto Educacional	87
4.3	Metodologia de Validação e Aplicação do Produto	88
4.3.1	Metodologia de Validação	88
4.3.2	Contexto da Pesquisa	90

4.3.3	Participantes da Pesquisa.....	93
4.3.4	Coleta de Dados.....	94
4.3.5	Aplicação do Produto Educacional.....	96
4.3.6	Análise de Dados.....	102
5	RESULTADOS DA VALIDAÇÃO.....	104
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	121
	REFERÊNCIAS	123
	APÊNDICES	130
	ANEXOS	161

1 APRESENTAÇÃO

Durante minha trajetória profissional, trabalhei com realidades e dificuldades diferentes tanto na rede pública quanto na rede privada. Na rede pública, possuí duas matrículas na SEEDUC/RJ divididas nos turnos vespertino e noturno, localizadas em bairros pobres da Zona Norte do Rio de Janeiro. Na rede privada, trabalhei no turno matutino em bairros de maior poder aquisitivo nas Zonas Norte e Sul. Esses contrastes me propiciaram pensar formas diferenciadas de ensinar.

Ao ingressar, há cinco anos, no Instituto Benjamin Constant (IBC), tive a oportunidade de aprender a desenvolver e aplicar materiais especializados para alunos com deficiência visual. Esses materiais necessitam de um pouco mais do que técnica, necessitam de sensibilidade e olhar atento ao seu aluno, para que o material possa estimular o aprendizado. Dentre os materiais especializados produzidos, temos as pranchas, que são imagens texturizadas e reproduzidas em película de policloreto de vinila (PVC) de um determinado conteúdo.

Observando a utilização das pranchas pelos alunos, tornou-se evidente que esse material não proporcionava ao discente estímulo para usá-lo na ausência do professor ou mesmo com um texto de apoio.

Após participar de um evento no IBC, o Seminário *Conectando Conhecimentos*, tive a oportunidade de assistir apresentação da pesquisadora Aline Aride que utilizava o *Arduino* para a reprodução de som em imagens estáticas. Surgiu, então, o interesse em desenvolver um equipamento que associasse as imagens grafotáteis apresentadas nas pranchas com o conteúdo em áudio por meio de um celular e dessa forma proporcionasse acessibilidade em áudio às imagens táteis. Neste viés, foi feita a pesquisa bibliográfica para o desenvolvimento do Tokvox, produto educacional para ser utilizado em sala de aula, em sala de recursos, em sala de estudos, em bibliotecas ou em casa e, desta forma, estimular o aluno a utilizar as pranchas de forma mais efetiva, contribuindo para a o ensino e aprendizagem.

2 INTRODUÇÃO

O ensino de Química, no processo de aprendizagem, tem ocorrido, tradicionalmente, com modelos explicativos, em que são utilizadas representações por meio de esquemas, tabelas, gráficos, diagramas e imagens, embora os professores usem diferentes linguagens sem, contudo, na maioria das vezes, atingirem os objetivos planejados. Mas, não se pode negar que “o ensino de química sempre esteve vinculado ao uso de imagens para possibilitar uma maior interação com o texto” (SOUZA, 2018, p. 11) e ampliar as possibilidades de ensino e aprendizagem.

Esta situação – utilização de representações – fica mais complicada, à medida que os alunos com baixa visão e os cegos são incluídos na classe de alunado vidente (discentes que têm a visão como o principal sentido).

Levando-se em conta que as pessoas com deficiência foram, por muito tempo, excluídas das escolas regulares e que as ações públicas não acontecem espontaneamente, de acordo com a necessidade da pessoa com deficiência e sim pela implementação de leis, caminharemos em direção a um sistema educacional menos excludente. Conforme demonstram os dados do Censo Escolar de 2017 – realizado pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP) –, “o índice de inclusão de pessoas com deficiência em classes regulares, o que é recomendado, passou de 85.5% em 2013 para 90,9% em 2017”. (INEP,2017). A inclusão escolar não pode ser medida apenas em função da matrícula na rede regular, ela também significa que todos os alunos devem receber as oportunidades educacionais adequadas, que são desafiadoras, porém ajustadas às suas habilidades e necessidades e, para alcançar sucesso nas atividades, eles e seus professores devem receber todo o apoio e ajuda de que necessitam (PENA; LINS, 2018). O apoio aos professores da rede regular é fundamental, pois sentem-se despreparados para trabalhar com o aluno com deficiência, assim como para desenvolver recursos didáticos especializados que proporcionem acessibilidade aos conteúdos propostos e, dessa forma, a efetiva participação dos alunos durante as aulas.

Os recursos didáticos especializados são fundamentais para o ensino e a aprendizagem da pessoa com deficiência, principalmente para as pessoas com deficiência visual. Cerqueira e Ferreira (1996, p.1) afirmam que “talvez em nenhuma outra forma de educação os recursos didáticos assumam tanta importância como na educação especial de pessoas com deficiência visual”, pois segundo os autores os

recursos didáticos colaboram com o acesso a informações, motivam para aprendizagem, evitam o mero verbalismo sem vínculo com a realidade e permitem o manuseio de diferentes materiais possibilitando o treinamento da percepção tátil e de acordo com Arruda (2016, p.213), os recursos “devem ser construídos com elementos que sensibilizem as suas percepções tátil-sinestésica, auditiva, olfativa e visuais”.

Logo, uma das formas de ensinar ao estudante com deficiência visual é valorizar suas habilidades; isto significa explorar os diversos recursos táteis já utilizados e associá-los a outros sentidos para podermos ampliar as possibilidades de ensino, de aprendizagem e a prática na inclusão de alunos com deficiência visual.

Neste viés, a presença de alunos cegos e de baixa visão em aulas de Química dá a oportunidade aos professores de utilizarem e desenvolverem recursos pedagógicos que estimulem a aprendizagem da disciplina. A elaboração de recursos didáticos – como gráficos, tabelas e imagens em relevo, materiais transcritos para o Sistema Braille, modelos moleculares texturizados, descrições de imagens, assim como a utilização da Grafia Química Braille –, auxilia muito na aprendizagem dos estudantes com deficiência visual, sendo fundamental para a construção do conhecimento químico, uma vez que colaboram para acessibilidade e a motivação desses alunos no processo da aprendizagem, ou seja, nós – os professores - abrimos espaço para utilizar, não somente a linguagem tátil como também os outros sentidos, pois “a maneira como as pessoas cegas percebem o mundo e se relacionam com ele, sem dúvida, passa pelos demais sentidos, não que os videntes também não utilizem todos os sentidos” (ARRUDA, 2016, p.210).

Ver é a ação que produz imagens e decodifica as formas para os videntes, porém o mesmo ocorre com as imagens resultantes do tato para as pessoas cegas. Portanto, independentemente da predominância de um sentido sobre o outro, a produção imagética se efetiva já que é fruto da articulação dos dados gerados a partir de qualquer sentido (SOBRAL; EVERLING; CAVALCANTE, 2018). Portanto, assim como o tato, o sentido da audição tem papel importante na vida da pessoa cega, que precisa aprender a prestar atenção aos signos que chegam pela audição e pelo tato (KASTRUP, 2007, p.72).

Dessa forma, o produto educacional desenvolvido é um recurso tátil/auditivo, ou seja, uma junção de recursos que exploram, além do tato, o sentido da audição, na

tentativa de proporcionar acessibilidade aos conteúdos de química e participação dos alunos durante as aulas.

De acordo com Souza (2018), as Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) tem proporcionado à educação escolar novas formas de saber e ensinar, portanto desenvolver materiais que utilizem hardware, software, celulares, calculadoras entre outros favorece e tem grande importância na inclusão escolar do estudante com deficiência visual (Souza, 2018, p.28).

Partindo desse princípio, o produto educacional interativo denominado - Tokvox - é composto por um caderno de imagens grafotáteis de radioatividade associado a um equipamento físico que apresenta uma membrana sensível ao toque. Quando acionada indiretamente a partir do toque na figura, a membrana envia por *bluetooth* o áudio gravado previamente para o celular preferencialmente do aluno. Dessa forma, o áudio é reproduzido, aumentando assim as possibilidades de estudo para o aluno cego.

O Tokvox é inspirado no movimento Maker, que traduz o conceito do Faça você mesmo – FVM (Do it Yourself – DIY) que “consiste em uma cultura que surge como uma consequência do contexto de industrialização, onde foi reduzido o controle do homem à fabricação de seus próprios artefatos” (PAGNAN; MOTTIN, 2018, p.98). Seguindo esse conceito, optamos por trabalhar com o *Arduino*, que é “uma fonte aberta de computação física para a criação de objetos interativos ou em colaboração com softwares do computador” (BANZI; SHILOH, 2015). Elaboramos as peças mecânicas em corte laser, que é uma ferramenta comum nas FABLABS (espaços para utilização por Makers) e produzimos o aplicativo para celular no APP Inventor, que é uma plataforma gratuita de fácil utilização.

É importante que o professor seja estimulado a pensar e desenvolver recursos didáticos a partir da tecnologia livre ou associar os diversos recursos didáticos já existentes com as novas tecnologias. Este estímulo pode ser feito oferecendo infraestrutura, formação continuada e formação de equipes multidisciplinares que possam desenvolver projetos para estimular a aprendizagem do conteúdo escolar e, conseqüentemente, a inclusão do aluno com deficiência pois “a tecnologia e a inclusão estabelecem um diálogo favorável para avanços educacionais, pois representam elementos catalisadores de mudanças na escola” (SCHLÜNZEN, 2012, p.121).

De acordo com Souza et al. (2018, p.28), “quando não há preparação para o uso de tecnologias durante a formação profissional o interesse deve partir do professor, ele

deve buscar aprender a lidar com recursos tecnológicos como metodologia de ensino”. Contudo, compreendemos que a introdução das TIC no ensino é um “processo complexo em que sua força motivacional e a sua aura de modernidade se confrontam com inúmeros obstáculos oriundos da forma habitual de funcionamento da escola (RODRIGUES, 2012, p. 34).

Apresentamos como questão norteadora da pesquisa a seguinte pergunta: Como a associação de imagens grafotáteis e conteúdo em áudio, viabilizado por tecnologia, contribuem para a compreensão do conteúdo químico do aluno cego?

Espera-se como hipótese, após a realização da pesquisa, que a utilização do produto educacional contribua na mediação dos obstáculos proporcionados por esses modelos explicativos, além de favorecer a prática da inclusão.

Esta pesquisa foi direcionada exclusivamente para alunos com cegueira adquirida e cegueira congênita do 9º ano do EF II do Instituto Benjamin Constant (IBC), Centro de Referência Nacional na Área da Deficiência Visual, ligado diretamente ao Gabinete do Ministro de Estado da Educação. Esclarecemos que devido à complexidade, a variedade e intensidade de comprometimento visual do aluno com baixa visão, optou-se por trabalhar com alunos cegos pois a aprendizagem se dá por meio dos sentidos remanescentes.

O IBC apresenta atualmente 7 alunos cegos matriculados nas turmas 901 e 902. A presente pesquisa contou com a colaboração de cinco alunos cegos com faixa etária compreendida entre 15 e 19 anos, sendo quatro alunos com cegueira congênita e um aluno com cegueira adquirida.

A pesquisa foi submetida ao Comitê de Ética em Pesquisa da UNIGRANRIO e aceito sob o Parecer de número 3.232.034 e CAAE- 08892619.7.0000.5283 (Anexo 5) e autorizada pela Instituição.

A dissertação está dividida em seis seções: A primeira seção apresenta a trajetória acadêmica e profissional da pesquisadora e suas motivações para realizar a presente pesquisa. A segunda seção trata da natureza e importância do produto educacional tátil-auditivo no ensino de química por meio de imagens para alunos cegos. A terceira seção explica os objetivos gerais e específicos desta pesquisa, que definem o que pretendemos alcançar por meio do desenvolvimento e aplicação do produto educacional. A quarta seção apresenta a fundamentação teórica, subsidiando a realização e desenvolvimento da presente pesquisa; apresenta o detalhamento da

elaboração do produto educacional, ou seja, as etapas de seleção e produção do caderno de imagens grafotáteis de radioatividade, o desenvolvimento do suporte em MDF, assim como o desenvolvimento do *software* e do *hardware* e os testes com o revisor de Braille assim como os procedimentos metodológicos, o contexto da pesquisa, os participantes envolvidos na pesquisa os instrumentos de coleta de dados e a análise de dados. A quinta seção apresenta os resultados analisados e discutidos baseados nos autores que referenciaram a pesquisa. Por fim, a sexta seção apresenta as considerações finais sobre a contribuição do produto para o ensino de química para alunos cegos.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Produzir um recurso tátil-auditivo para alunos cegos, composto de um caderno de imagens grafotáteis, associado a um recurso eletrônico e computacional de reprodução de áudio para colaborar na construção dos conceitos químicos que apresentam a imagem como recurso pedagógico para a materialização do abstrato.

3.2 Objetivos Específicos

- I. Selecionar e adaptar imagens em alto-relevo, frequentemente utilizadas em química para representar o modelo atômico de Rutherford e os conceitos químicos de radioatividade;
- II. Construir um equipamento eletrônico e computacional como recurso pedagógico para a reprodução de áudios associados aos conteúdos discriminados no item I;
- III. Desenvolver um aplicativo para celulares de sistema operacional *Android* para a gravação e reprodução dos áudios;
- IV. Validar o produto educacional com alunos que apresentem cegueira congênita ou adquirida;
- V. Montar um guia de orientação para a produção de matrizes táteis e de utilização do recurso tátil-auditivo para alunos cegos.

4 O PRODUTO EDUCACIONAL

4.1 Fundamentação Teórica

Os fundamentos teóricos que viabilizam esta pesquisa estão sustentados na Deficiência Visual, Educação Inclusiva e Educação Especial, Tecnologia Assistiva, Materiais Grafotáteis e no Ensino da Radioatividade.

4.1.1 Deficiência Visual

A deficiência visual (DV) caracteriza-se por alteração do sistema visual, ou seja, pela incapacidade de "ver" ou de "ver bem", acarretando limitações ou impedimentos ao acesso direto à aquisição de conceitos, acesso direto à palavra escrita, à orientação e mobilidade independente, à interação social, à aquisição de habilidades manuais e à interação com o meio ambiente (MASI, 2002). A DV é dividida em dois termos: cegueira e baixa visão (BV). De acordo com o Instituto Benjamin Constant (IBC), Centro de Referência Nacional na Área da Deficiência Visual, a definição entre cegueira e BV (visão subnormal) se dá a partir de duas escalas oftalmológicas: a acuidade visual, aquilo que se enxerga a determinada distância, e o campo visual, amplitude da área alcançada (CONDE, 2013). Uma pessoa é considerada cega quando corresponde a um dos seguintes critérios:

A visão corrigida no melhor dos olhos é menor ou igual a 20/200, isto é, se puder ver a 20 pés (6 metros) o que uma pessoa de visão normal pode ver a 200 pés (60 metros) e seu campo visual é menor ou igual a 20 graus no melhor dos olhos, mesmo que sua acuidade visual neste estreito campo de visão seja superior a 20/200 (CONDE, 2013).

A cegueira pode ser classificada em cegueira congênita, aquela que acontece quando o indivíduo nasce, e cegueira adquirida, que ocorre por uma doença degenerativa, ou de forma repentina.

De acordo com Figueiredo (2018), durante a Reunião de Bangkok, realizada em 1992, pela Organização das Nações Unidas (ONU), profissionais das áreas de saúde e educação definiram uma pessoa com baixa visão ou de visão subnormal, como sendo:

Aquela que tem uma alteração do funcionamento visual mesmo depois do tratamento e/ou correção de refração padrão, tendo uma AV de 20/70 (ela consegue ver a 20 pés o que uma pessoa com visão normal vê a 70 pés) até a percepção de luz ou um campo visual de 10 graus a partir do ponto de fixação mas que usa ou é potencialmente capaz de

usar a visão para planejamento e execução de tarefas (ONU, 1992 *apud* FIGUEIREDO, 2018).

Segundo Masi (2002, p.25) além da avaliação clínica, é preciso considerar também a avaliação funcional da visão. Realizada por médicos e pedagogos, essa avaliação leva em consideração as potencialidades visuais da pessoa com baixa visão. Após a avaliação funcional pode-se, então, definir do ponto de vista educacional o aluno cego como sendo aquele que: apresenta ausência total da visão ou pouquíssima capacidade de enxergar; faz aprendizagem através da integração dos sentidos remanescentes e necessita do Sistema Braille como principal meio de leitura e escrita.

O aluno com baixa visão é aquele que necessita desde de condições de projeção de luz até o grau em que a acuidade visual interfere ou limita o seu desempenho e que realiza a aprendizagem através dos meios visuais, com adoção de recursos especiais, sempre que necessário (MEC,2006, p.17).

4.1.2 Educação Inclusiva e Educação Especial

Entender historicamente a evolução do olhar da sociedade sobre a pessoa com deficiência é importante para compreender o valor da Educação Inclusiva. As pessoas com deficiência já foram excluídas de diversas formas. Segundo Miranda (2003), na Antiguidade sofriam com o abandono e morte; na Idade Média, eram tratados por meio da caridade; na Idade Moderna eram vistas como pessoas doentes e incapazes de viver em sociedade. Somente na Idade Contemporânea inicia-se um movimento de integração e, atualmente, a inclusão passa ser a nova proposta de inserção da pessoa com deficiência. De acordo com Moraes (2017), a educação das pessoas com deficiência foi dividida em três etapas: a segregação, a integração e a inclusão.

A segregação, cuja ênfase é a diferença, caracteriza-se pela separação de crianças com deficiências para o ensino em instituições especializadas, escolas e classes especiais, substitutivas ao ensino comum. Já a integração reflete algum grau de aceitação desses alunos, uma vez que lhes é permitido frequentar escolas regulares, desde que possam se ajustar ao sistema educacional padrão. A inclusão fundamenta-se no reconhecimento do direito à educação, sendo as escolas responsáveis pelo ensino de cada aluno e por realizar os ajustes necessários ao seu aprendizado (MORAES, 2017, p.10).

A História da educação de pessoas com deficiência no Brasil está dividida em três grandes períodos. O primeiro está compreendido entre 1854 a 1956 com iniciativas

oficiais e particulares isoladas. O segundo, de 1957 a 1993, conta com iniciativas públicas nacionais. E o terceiro inicia-se a partir de 1993, quando surgem movimentos a favor da inclusão escolar (MAZZOTTA,1996).

O primeiro período apresenta como marco a criação, em 1854, do Imperial Instituto dos Meninos Cegos (atual Benjamin Constant-IBC) e, em 1857, a criação do Imperial Instituto dos Surdos-Mudos (atual Instituto Nacional de Educação de Surdos – INES).

O segundo período tem como marco, em 1961, a criação da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional – LDBN, Lei nº 4024/61. Em 1988 a Constituição Federal exige igualdade de condições e acesso e permanência na escola. Em 1989, foi aprovada a lei 7853/89 criminalizando o preconceito. E em 1990, é criado o Estatuto da Criança e do Adolescente – ECA, Lei nº 8069/90, em seu artigo 54 reforça que é dever do estado assegurar à criança e ao adolescente (...) “atendimento educacional especializado aos portadores de deficiência, preferencialmente na rede regular de ensino (...)”.

Eventos como a Conferência Mundial sobre Educação para Todos, realizada em 1990 na Tailândia, e a Conferência Mundial sobre Necessidades Educacionais Especiais, realizada em 1994 na Espanha, na qual foi elaborada a Declaração de Salamanca, influenciam as políticas públicas da Educação Inclusiva Nacional. Neste mesmo ano é publicada a Política Nacional de Educação Especial, que condiciona o acesso às classes comuns do ensino regular àqueles que possuem condições de acompanhar o mesmo ritmo dos alunos matriculados no sistema regular.

O terceiro período inicia-se em 1996, com a Lei de Diretrizes e Base (LDB) 9394/96 que define, legalmente, o espaço da Educação Especial. De acordo com Plestch (2015) é após a LDB que a Educação Básica passa a ser um direito com enfoque no princípio do bem comum e o respeito a diversidade humana. Em 1999, o Decreto nº 3298, que regulamenta a Lei nº 7853/89 dos direitos das pessoas com deficiência e define a Educação Especial como uma modalidade transversal a todos os níveis e modalidades de ensino.

Em 2001, ocorre a Convenção de Guatemala (1999) ou Convenção Interamericana para a Eliminação de Todas as Formas de Discriminação contra as Pessoas Portadoras de Deficiência e que resultou no Brasil o Decreto nº3956/2001 que promulga a eliminação de todas as formas de discriminação contra as pessoas com deficiência. Neste mesmo ano é instituída a Lei nº 10172/2001 denominada Plano

Nacional de Educação (PNE) que estabelece objetivos e metas para que as escolas favoreçam o atendimento aos alunos com deficiência.

Em 2002, a Lei nº 10436/02 reconheceu a língua brasileira de sinais como meio legal de comunicação e expressão, e a portaria 2678/02 aprovou normas para uso, ensino, produção e difusão do Sistema Braille em todas as modalidades. Em 2003 é implantado pelo MEC o Programa de Educação Inclusiva.

Em 2004, o Ministério Público Federal reafirmou o direito a escolarização de todos os alunos com ou sem deficiência e o Decreto nº 5296/04 regulamenta as leis 10.048/00 e nº 10.098/00 que estabelecem normas e critérios para a promoção da acessibilidade da Pessoa com Deficiência (PcD). Em 2006, a Convenção sobre os Direitos da Pessoa com Deficiência aprovada pela ONU estabeleceu entre outras metas que PcD tivesse acesso ao ensino inclusivo.

Em 2007, o Decreto nº 6253/07, que dispõe sobre o fundo de Manutenção e Desenvolvimento da Educação Básica e Valorização dos Profissionais da Educação (FUNDEB), em seu Art.9º estabelece que será admitida a dupla matrícula dos estudantes da educação regular da rede pública que recebem atendimento educacional especializado. Também neste ano é lançado o Plano de Desenvolvimento da Educação – PDE- tendo entre outros eixos a formação de professores para a educação especial, implementado pelo Decreto nº 6094/2007.

Em 2008, a Política Nacional de Educação Especial na Perspectiva da Educação Inclusiva (PNEEPEI), presente no Decreto nº 6571/2008, estabelece que todos devem estudar na escola comum (este decreto foi revogado em 2011 e substituído pelo decreto nº7611/11). Para implementação deste decreto, em 2009, é aprovada a Resolução nº4 que institui Diretrizes Operacionais para o Atendimento Especializado na Educação Básica, modalidade Educação Especial que deve ser realizado no contraturno. Neste mesmo ano é realizada a Convenção sobre os direitos da PcD, e esta convenção afirma que os países signatários são responsáveis por garantir um sistema de Educação de qualidade e inclusiva.

Em 2011, O Decreto nº 7611 estabelece o Plano Nacional dos Direitos da PcD – Plano Viver sem Limites e considera em seu Art.2º que são consideradas PcD:

aquelas que tem impedimento de longo prazo de natureza física, mental, intelectual ou sensorial, os quais, em interação com diversas

barreiras, podem obstruir sua participação plena e efetiva na sociedade em igualdade de condições com as demais pessoas (BRASIL, 2011).

Em seu Art.3º estão descritas as diretrizes do Plano Viver sem Limite, entre elas a garantia de um sistema educacional inclusivo e a promoção do acesso, do desenvolvimento e da inovação em Tecnologia Assistiva.

Em 2014 é estabelecido o Plano Nacional de Educação (PNE) que estabelece na Meta 4

Universalizar, para a população de 4 a 17 anos com deficiência, transtornos globais do desenvolvimento e altas habilidades ou superdotação, o acesso à Educação Básica e ao atendimento educacional especializado, preferencialmente na rede regular de ensino, com a garantia de sistema educacional inclusivo, de salas de recursos multifuncionais, classes, escolas ou serviços especializados, públicos ou conveniado (BRASIL, 2014).

Culminando em 2015 com a promulgação da Lei nº 13.146, denominada Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência – LBI - (Estatuto da Pessoa com Deficiência) que institui em seu Art. 27 que

a educação constitui direito da pessoa com deficiência, assegurados sistema educacional inclusivo em todos os níveis e aprendizado ao longo de toda a vida, de forma a alcançar o máximo desenvolvimento possível de seus talentos e habilidades físicas e sensoriais, intelectuais e sociais, segundo suas características, interesses e necessidades de aprendizagem (BRASIL – 2015).

Desta forma a LBI estabelece que a escola deve ser inclusiva em todos os níveis e como afirma Ropoli (2010) para ocorrer a inclusão escolar impõe-se

uma escola em que todos os alunos estão inseridos sem quaisquer condições pelas quais possam ser limitados em seu direito de participar ativamente do processo escolar, segundo suas capacidades, e sem que nenhuma delas possa ser motivo para uma diferenciação que os exclua das suas turmas (ROPOLI, 2010, p.6).

Ainda em 2015 o Brasil participou do Fórum Mundial de Educação na Coreia do Sul em que foi originada a Declaração de Incheon. Um dos objetivos firmados nesta declaração é comprometer-se

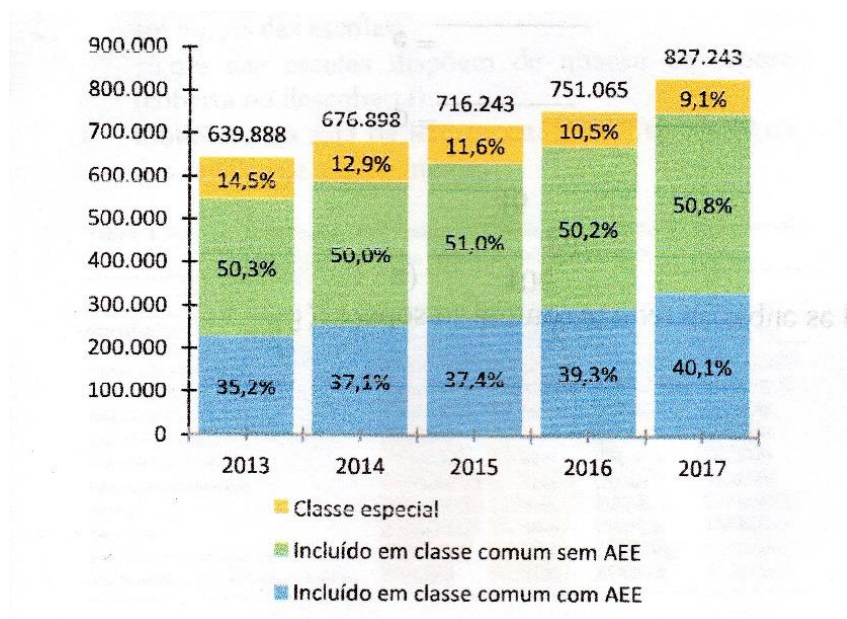
a enfrentar todas as formas de exclusão e marginalização, bem como disparidades e desigualdades no acesso, na participação e nos resultados da aprendizagem. Nenhuma meta de educação deverá ser considerada cumprida a menos que tenha sido atingida por todos. Portanto, comprometemo-nos a fazer mudanças necessárias nas políticas de educação e a concentrar nossos esforços nos mais desfavorecidos, especialmente aqueles com deficiências, a fim de assegurar que ninguém seja deixado para trás (UNESCO, 2015).

A partir do Censo escolar 2017, realizado pelo INEP, constatamos que o número de matrículas de alunos com deficiência foi de 827.243 enquanto em 2016 foram 751.065 confirmando o acesso à escola. Portanto,

O número de matrículas de alunos com deficiência, transtorno globais do desenvolvimento ou altas habilidades na educação básica cresceu substancialmente nos últimos anos, e, além disso, o percentual de alunos dessa faixa incluídos em classes comuns passou de 85,5% em 2013 para 90,9% em 2017. Considerando essa mesma faixa etária, o percentual de alunos que estão em classes comuns e que tem acesso ao atendimento especializado (AEE) também subiu, passando de 35,2% em 2013 para 40,1% 2017 (INEP, 2018).

O gráfico 1 (INEP,2018) demonstra este aumento de matrículas de aluno de 4 a 17 anos com deficiência, transtornos globais do desenvolvimento ou altas habilidades no período de 2013 a 2017.

Gráfico 1 - Número de matrículas de alunos incluídos em classes comuns com AEE, incluídos em classe comum sem AEE e em classes especiais



Fonte: INEP (2018)

Observa-se, no gráfico 1, a diminuição do percentual de alunos matriculados em classes especiais. A partir desses dados, infere-se que as políticas públicas vão tornando a inclusão uma realidade a partir dos dados estatísticos. Como afirmam Oliveira; Ferreira (2017, p.204) a realidade da educação inclusiva é bem diferente do que estabelecem os documentos oficiais, pois muitos entraves dificultam a verdadeira inclusão dos alunos com deficiência. Para Mello (2016, p.931) “o acesso à escola está sendo promovido, mas não tem garantido indicadores de boa qualidade, visto que os escores mostram-se distantes das metas estabelecidas no PNE”. De acordo com o autor, isto ocorre porque as concepções dos professores e da comunidade não foram modificadas. A partir desses dados, inferimos que a inclusão de alguma forma está ocorrendo, contudo devemos proporcionar aos alunos com ou sem deficiência oportunidades de aprendizagem e não apenas de socialização.

De acordo com Vygotsk, referência na educação da pessoa com deficiência, devemos implementar experiências pedagógicas que contribuam para a autonomia e cidadania da pessoa com deficiência visual (NUERNBERG, 2008, p.301).

A Teoria Sociointeracionista de Vygotsk apresenta seu método por meio da interação social, por instrumentos e signos, e a aprendizagem ocorre através da interação social e intercâmbio de significado dentro da zona de desenvolvimento

proximal, ocorrendo também pela participação em grupo e pelo compartilhamento de significados sociais. De acordo com Nuernberg:

Cabe, portanto, canalizar esforços, promovendo através da ação mediada a formação de sistemas funcionais que favoreçam ao sujeito a apropriação do conhecimento e o desenvolvimento das competências que resultem em sua autonomia (NUEMBERG, 2008, p.313).

Isso possibilita o professor mediar a aprendizagem daquilo que o aluno não tem conhecimento, utilizando estratégias que o levem a tornar-se independente e o preparando para um espaço de diálogo, interação e convívio social.

4.1.3 Tecnologia Assistiva

No Brasil, diversas nomenclaturas foram utilizadas como sinônimo para Tecnologia Assistiva (TA), como Ajudas Técnicas, Tecnologias ao Serviço das pessoas com Deficiência e Idosas, Tecnologias de Apoio à Deficiência (TADIS), Tecnologias de Reabilitação (TR), Tecnologias Assistentes, Tecnologias Habilitadoras, Tecnologias Compensatórias (GARCIA; GALVÃO FILHO, 2013).

A portaria nº 142 de 16 de novembro de 2006, instituiu o Comitê de Ajudas Técnicas (CAT) com o propósito de, além de outras demandas, criar uma padronização da terminologia adotada no país (GALVÃO FILHO, 2009) e propor o conceito brasileiro de TA. O Comitê foi composto por um grupo de especialistas brasileiros e representantes de órgão governamentais, que realizaram estudos a partir dos referenciais teóricos internacionais (BERSCH, 2017), aprovando em 14 de dezembro de 2007 o conceito brasileiro de (TA) como sendo:

Uma área do conhecimento, de características interdisciplinares, que engloba produtos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços; seu objetivo é promover a funcionalidade, relacionando à atividade e participação de pessoas com deficiência, incapacidade ou mobilidade reduzida, visando sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social (BRASIL/SDHPR/Comitê de Ajudas Técnicas – ATA VII, 2007)

Desde então, este conceito passou a ser usado, de forma bastante semelhante, nos principais documentos norteadores da política relacionada à pessoa com deficiência, conforme sinaliza Andriolli (2017).

O conceito de TA “se define pela sua finalidade, isto é, por estar destinada a promover a funcionalidade, qualidade de vida e inclusão social das pessoas com deficiência, mobilidade reduzida ou pessoas idosas” (GARCIA; GALVÃO FILHO, 2009). Desta forma, o conceito brasileiro está em sintonia com uma compreensão não reducionista de TA ligada unicamente a equipamentos ou máquinas (VOOS; GONÇALVES, 2016). Como, por exemplo, o recurso da audiodescrição que garante o acesso ao universo imagético de pessoas com deficiência visual. Esse recurso é uma tradução visual, que transforma imagem em texto, realizado em desenhos, fotos, ilustrações, filmes, programas televisivos, peças teatrais e exposição em museus. Seu fim prioritário é tornar acessíveis esses eventos culturais às pessoas com deficiência visual. Sendo definido por Motta como

um recurso de acessibilidade comunicacional que amplia o entendimento das pessoas com deficiência visual em todos os tipos de eventos, sejam eles acadêmicos, científicos, sociais ou religiosos, por meio de informação sonora. Transforma o visual em verbal, abrindo possibilidades maiores de acesso à cultura e à informação, contribuindo para a inclusão cultural, social e escolar (MOTTA, 2013, p. 2).

Por ser um recurso de Tecnologia Assistiva, que consiste na transformação do conteúdo visual em conteúdo verbal, pode ser utilizada pelo professor em aulas com alunos com deficiência visual, constituindo-se em uma ferramenta pedagógica. É importante que o aluno com deficiência visual tenha acesso aos diferentes recursos de aprendizagem, que contribuem na construção do seu conhecimento.

Para remover as barreiras existentes no cotidiano da pessoa com deficiência, seja em qualquer faixa etária, é necessária a utilização de recursos de TA, como afirma Gasparetto (2012). Pensando no contexto escolar, Bersch (2006) aponta a diferença entre recursos e serviços em TA. Recurso é o equipamento utilizado pelo aluno permitindo o desempenho de uma tarefa, enquanto serviço é aquele que resolve os “problemas funcionais” do aluno, permitindo que esse aluno participe e atue nas atividades escolares.

Os principais recursos de TA para alunos cegos, são:

a) Sistema Braille - o sistema é um código ou meio de leitura e escrita das pessoas cegas. Baseia-se na combinação de 63 ou 64 pontos que representam as letras do alfabeto, os números e outros símbolos gráficos. A combinação dos pontos é obtida pela

disposição de seis pontos básicos, organizados espacialmente em duas colunas verticais com três pontos à direita e três à esquerda de uma cela básica denominada cela braille;

b) Reglete e punção – são instrumentos utilizados para a escrita do Sistema Braille, a reglete é uma régua de madeira, metal ou plástico com um conjunto de celas Braille dispostas em linhas horizontais sobre uma base plana. A escrita é realizada da direita para esquerda, de forma espelhada. O punção é um instrumento em madeira ou plástico no formato de pera ou anatômico, com ponta metálica, utilizado para a perfuração dos pontos na cela Braille.

c) Máquina de datilografia Braille ou Máquina Perkins – Utilizada para a escrita do Sistema Braille proporciona mais rapidez e agilidade. Apresenta seis teclas básicas correspondentes aos pontos da cela Braille. O toque simultâneo de uma combinação de teclas produz os pontos que correspondem aos sinais e símbolo desejados;

d) Soroban - ábaco japonês de origem chinesa, utilizado para o desenvolvimento do cálculo mental;

e) Representações gráficas artesanais com relevo (mapas, desenhos, esquemas, maquetes) – são representações que podem ser texturizadas de forma artesanal utilizando papel, cola, fitas adesivas, carretilha de costura, EVA, fios, lixas, papelão grosso (papel Paraná), miçangas, botões e diversos materiais de papelaria ou armarinhos;

f) Representações gráficas computacionais em relevo - Programas computacionais como Monet e Braille Pintor, foram desenvolvidos para desenhar imagens para alunos com deficiência visual.

g) Termoformagem ou materiais grafotáteis - são representações em alto-relevo em películas de PVC (policloreto de vinila) que apresentam durabilidade e facilidade de reprodução;

h) Livros didáticos e paradidáticos adaptados (ampliados ou transcritos no Sistema Braille) - o processo de adaptação consiste no “processo referente às adequações e ajustes prévios que devem ser feitos num texto, antes de sua transcrição, considerando as características do conteúdo e as especificidades da leitura tátil” (BRASIL, 2006, p. 86);

i) Livro Digital - o livro Digital Acessível (LIDA), no formato de CD-ROM permite o acesso à pesquisa e estudo;

j) Audiolivro ou livro falado – É apresentado no formato MP3 e oferece a acessibilidade a títulos literários, incentivando o gosto pela Literatura, a livros com temas históricos e assuntos contemporâneos, romances, revistas e livros didáticos;

k) Impressora Braille – são acopladas com *softwares* especiais para imprimir textos no Sistema Braille e imagens em alto-relevo feitas no Programa Monet.

As tecnologias mais comuns utilizadas em computadores e em dispositivos móveis são os ampliadores e leitores de tela. Os ampliadores de tela são utilizados por pessoas com baixa visão enquanto os leitores de tela por cegos. De acordo com Silva (2018, p.31) “os leitores de tela são programas que funcionam em segundo plano nos computadores ou dispositivos móveis convertendo toda informação textual exibida na tela em informação audível, através de uma voz sintetizada”. Como exemplos, temos o *Non Visual Desktop Access* (NVDA) que é um leitor de telas gratuito apenas para o Windows; o *Virtual Vision* que possibilita a leitura de menus e telas dos programas Windows, Office e o Internet Explorer, contudo, não é um programa gratuito; o *Job Access With Speech* (JAWS) que é um leitor de telas não gratuito para o Windows. O *Dosvox* é um sistema operacional que foi desenvolvido pelo Núcleo de Computação Eletrônica da Universidade Federal do Rio de Janeiro e, como afirma Silva (2018, p. 31), não é apenas um leitor de tela pois apresenta vários recursos como editor de textos, calculadora, navegador de internet e jogos. Para os dispositivos móveis os leitores de tela nativos que proporcionam acessibilidade ao usuário cego são no Sistema IOS o *VoiceOver* e para o Sistema *Android* o *Talkback*.

Como afirma Machado (2014), o usuário do *Sistema Android* tem no *TalkBackum* acesso quase direto ao elemento a ser lido, ou seja, pela combinação do tato com o texto convertido em voz ele consegue acessar os ícones da tela do celular, o que permite localizar mais rápido os elementos dispostos.

4.1.4 Material em alto-relevo

Para Fillman e Cattani (2018), a percepção é a maneira como percebemos, compreendemos e nos apropriamos das coisas ao nosso redor. Ela ocorre por estímulos e por meio dos sentidos. Para as pessoas com deficiência visual, as informações chegam pelo tato, pela audição, pelo olfato e também pela gustação. Para os autores, usar texturas em imagens é o recurso mais adequado à percepção de ilustrações, ou seja, para

a leitura tátil, pois as texturas ampliam os limites e as possibilidades de um material impresso e sua forma.

De acordo com Sanches, Bueno e Macedo (2017), a percepção tátil permite à pessoa cega ter acesso a imagens artísticas, pedagógicas e ilustrativas por meio da imagem tátil, que é produzida por meio das impressões em relevo, de impressões tridimensionais (3D), materiais em alto-relevo de forma artesanal e da termoformagem (materiais grafotáteis).

Segundo Masson (2016), alunos com deficiência visual encontram grande dificuldade de aprendizagem, seja pelo despreparo dos docentes, pela falta de um espaço físico adaptado na instituição ou pela ausência de material didático adequado. Como afirmam Sanches, Bueno, Macedo (2017)

Além da preparação de espaços arquitetônicos, com instalações de pisos táteis, por exemplo, todo o material didático deve ser adaptado e preparado para receber alunos cegos. Informações visuais, tais como textos e imagens, são transformados para serem percebidos através do áudio ou do tato. A audiodescrição de imagens, os audiolivros (para serem utilizados com leitores de tela), os textos em Braille e as imagens táteis são alguns dos recursos que podem ser aplicados no âmbito escolar (SANCHES; BUENO; MACEDO, 2017, p. 235).

Esses recursos auxiliam o ensino e a aprendizagem, contudo é necessário que o aluno cego possa disponibilizar de materiais básicos e fundamentais no âmbito escolar, como textos transcritos em Braille; a reglete e o punção; folha de gramatura de no mínimo 120g; máquina de datilografia de Braille; Soroban, e a utilização de áudios.

Além desses recursos básicos é importante disponibilizar para esse aluno, maquetes, imagens táteis bidimensionais ou materiais em alto relevo produzidos de forma artesanal, dando origem ao que chamamos de matriz artesanal ou simplesmente matriz. Esta técnica auxilia o professor na produção de imagens, gráficos, mapas, desenhos geométricos, fluxogramas e esquemas bidimensionais táteis, proporcionando acessibilidade ao aluno cego do que é abstrato ou não pode tocar. Os materiais mais comuns para esse tipo de texturização são encontrados em papelarias e armarinhos, como linhas de diferentes espessuras, rendas, botões, miçangas, lixas (devem ser utilizadas em áreas bem pequenas, para não agredir o tato e causar rejeição do material), folhas de alumínio, papéis (ondulados, moldados), papelão, papel Paraná, telas de tecidos ou nylon.

Na confecção das matrizes, cujo objetivo seja a replicação em películas de PVC, é importante evitar miçangas, vidrilhos, paetês porque esses materiais se soltam com facilidade. Assim como, o EVA, o isopor ou os cordões com elásticos que se deformam facilmente quando submetidos ao calor acima de 60^oC. Devemos evitar, também, materiais que entrem em combustão facilmente.

Considerando a necessidade de se produzir um caderno de imagens táteis bidimensionais (2D), apresentamos as características de produção de materiais em relevo para pessoas com deficiência visual, utilizadas na Divisão de Produção e Desenvolvimento de Material Especializado (DPME) do Departamento Técnico Especializado (DTE) do IBC.

O trabalho da DPME contribui para a produção de materiais didáticos acessíveis, como previsto na estratégia 4.18, da Meta 4 do Plano Nacional de Educação vigente:

Promover parcerias com instituições comunitárias, confessionais ou filantrópicas sem fins lucrativos, conveniadas com o poder público, visando a ampliar a oferta de formação continuada e a produção de material didático acessível, assim como os serviços de acessibilidade necessários ao pleno acesso, participação e aprendizagem dos estudantes com deficiência, transtornos globais do desenvolvimento e altas habilidades ou superdotação matriculados na rede pública de ensino (PNE, 2014, p. 57).

Nesse sentido, as ações desenvolvidas na DPME ampliam o acesso dos estudantes cegos e/ou de baixa visão a materiais grafotáteis (reproduzidos em alto-relevo para alunos cegos); materiais tridimensionais; textos ampliados; livros falados e imagens com audiodescrição. Ao proporcionar materiais acessíveis, a DPME viabiliza a inclusão de alunos com deficiência visual e o acesso à educação, à cultura e ao lazer da pessoa com deficiência visual.

De acordo com o material registrado sob o número 67485-00015 na DPME/DET/IBC EM 14/04/2016 (Anexo 6), organizado por Silva (2016), os critérios específicos na produção de materiais para alunos cegos com fins didáticos são: possuir um tamanho ideal, de forma que o aluno consiga utilizá-lo com as duas mãos e manipulá-lo em uma superfície plana; significado tátil, ou seja, o relevo deve ser perceptível e com texturas contrastantes; aceitação e segurança para não provocar reações de desagrado; fidelidade ao modelo original; resistência, pois o material será utilizado constantemente; eliminação de detalhes meramente ilustrativos, dessa forma os materiais devem ter clareza e simplicidade; legendas para cada textura diferente

utilizada e verificação do material por um revisor cego, antes de aplicar em sala de aula, para avaliar a utilização correta do Sistema Braille e verificar a compreensão da adaptação da figura.

O material grafotátil, também conhecido como material em PVC ou thermoform, é uma técnica que consiste na reprodução de imagens, gráficos, mapas, figuras e outros a partir de uma matriz em relevo feita de forma artesanal, diante da qual uma película em PVC é aquecida e moldada por vácuo (ROSA, 2015). A principal vantagem do material grafotátil é a durabilidade e a possibilidade de se replicar rapidamente uma matriz.

É importante ressaltar que tanto a matriz artesanal e o material grafotátil apresentam as seguintes características:

- a) são utilizadas para conceitos que não permitem o toque direto;
- b) transformam o que foi pensado para a visão em material perceptível ao toque;
- c) possibilitam a transposição entre os modelos tridimensionais para as representações bidimensionais;
- d) auxiliam aos alunos mover as mãos para explorar os objetos e a perceber a sua presença no ambiente e na aquisição de conceitos contrastantes.

4.1.5 Ensino de Radioatividade

A Radioatividade é um tema que gera curiosidade e motivação nos alunos sendo sua contribuição para a construção do modelo atômico de Rutherford uma boa oportunidade para mostrar ao aluno a evolução do saber científico a partir dos fenômenos radioativos e dessa forma iniciar os conceitos básicos de radioatividade. Na busca realizada por trabalhos desenvolvidos no ensino de modelos atômicos relacionado ao desenvolvimento da radioatividade foram encontrados na área de Química poucos trabalhos, apresentados em sua maioria em congressos, como Martins (1990), Marques; Caluzi (2003) e Reis (2012). A maioria dos trabalhos encontrados apresentam uma abordagem voltada para descoberta da radioatividade e suas aplicações. De acordo com Reis (2012), os livros didáticos no contexto da elaboração dos modelos atômicos ignoram a radioatividade, mesmo estando ela ligada à construção desses modelos.

É importante ressaltar que este tema, de acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais – PCN+ Ensino Médio - (BRASIL, 2002) envolve o aprendizado de

conteúdos e fenômenos oferecidos em duas disciplinas: a química e a física (Brasil, 2002, p.97).

Na Química, de acordo com PCN+ Ensino Médio (Brasil, 2002, p.99) os conteúdos abordados em radioatividade devem priorizar a produção e consumo de energia: Processos de fusão e fissão nucleares, transformações nucleares como fonte de energia.

Os tópicos a seguir foram selecionados por serem apresentados aos alunos, no ensino da radioatividade, por meio de imagens, objeto de estudo da presente pesquisa. São eles: radioatividade e as emissões radioativas, poder de penetração, comportamento das partículas sob a ação de um campo elétrico, decaimento radioativo, fissão nuclear, fusão nuclear, símbolo radioativo e reatores nucleares.

I A Radioatividade e as emissões radioativas

Iniciamos este capítulo com um breve resumo histórico, referenciados por Xavier (2007) e Martins (1990), apresentando os principais pesquisadores envolvidos nessas descobertas.

O físico alemão Wilhelm C. Röntgen descobriu, em 1895, que objetos tornavam-se transparentes diante de raios, e por serem desconhecidos passaram a ser chamados de raios X (XAVIER, 2007), por essa descoberta recebeu, em 1901, o Prêmio Nobel da Física.

Em 1896, o físico Antonie Henri Becquerel começou a pesquisar se os materiais fosforescentes e fluorescentes emitiam raios X. Após várias tentativas sem resultados conclusivos começou a trabalhar com um sal de urânio (sulfato de urânio de potássio – $K_2UO_2(SO_4)_2 \cdot 2H_2O$) e pensou ter descoberto uma fonte natural de raios X. Após vários testes chegou à conclusão que a radiação penetrante era originária do próprio elemento e eram diferentes dos raios X de Röntgen. Esse fato levou Becquerel a concluir que “os sais fosforescentes de urânio devem emitir radiações capazes de atravessar o papel negro e decompor sais de prata de chapa fotográfica” (AICHINGER, *et.al.*;1981). Esta nova radiação ficou conhecida como raios de Becquerel e, posteriormente, foi chamada de radioatividade por Marie Curie (XAVIER, 2007).

Em 1898, Marie Curie e colaboradores isolaram o polônio do minério de pechblenda e dando prosseguimento às pesquisas, anos mais tarde, isolaram também, o rádio (MARTINS, 1990). Ambos emitiam a mesma espécie de raios descobertos por

Becquerel. Em 1903, Becquerel e o casal Curie partilharam o prêmio Nobel de Física pela descoberta da “radioatividade natural”.

Em 1900, o físico Ernest Rutherford e o físico Pierre Curie descobriram, de forma independente e quase simultaneamente, as partículas alfa e beta e o físico Paul U. Villard identificou a radiação eletromagnética chamada de gama (XAVIER,2007).

Nesse tipo de fenômeno, são emitidos naturalmente, pelo núcleo atômico, três espécies: partículas alfa (α), partículas beta (β) e os raios gama (γ). Essas radiações e partículas emitidas carregam o excesso de energia que instabiliza o núcleo, ao serem emitidas provocam mudanças na composição ou estrutura.

Os raios alfa (${}^4_2\alpha$) formados por partículas idênticas ao núcleo de hélio (${}^4_2\text{He}$), atualmente são chamados de partículas alfa (KOTZ, 2004). Os núcleos emissores de partículas alfa que ocorrem naturalmente têm, em geral, número atômico maior ou igual a 83. As partículas alfa são emitidas do núcleo com velocidade da ordem de um décimo da velocidade da luz.

Raios beta (${}_{-1}\beta^0$) ou partícula beta negativa, são elétrons emitidos em velocidades muito elevadas “quando existe no núcleo um excesso de nêutrons em relação aos prótons” (CARDOSO, 2012), ocorrendo dessa forma a estabilização desse núcleo. Ao existir um excesso de cargas positivas é emitida uma partícula beta positiva (pósitron), produzida pela conversão de um próton em um nêutron.

Os raios gama (${}^0\gamma^0$) não são partículas, são radiações eletromagnéticas ou fótons de alta energia. Não apresentam massa perceptível e não tem carga, comportam –se como raios de luz.

II O poder de penetração das emissões radioativas

Essas radiações apresentam diferentes poder de penetração. Rutherford comprovou que as partículas alfa apresentam carga elevada e interagem fortemente com a matéria, por serem maciças têm poder de penetração limitado e são absorvidas, por folhas de papel, por pedaços de tecido ou por película da derme, ou seja, elas não conseguem penetrar em organismos vivos. As partículas beta são mais leves, apresentam carga menor e interagem menos com a matéria, podendo penetrar tecidos vivos e ossos em até 1 cm, embora sejam absorvidas por chapas de alumínio de cerca de 3 mm de espessura. Os raios gama, como não apresentam carga e nem massa, são mais penetrantes, podendo atravessar um ser humano. Paredes de chumbo mais espessas

que 10 cm ou paredes de concreto são necessárias para absorver completamente os raios gama (KOTZ, 1998).

III A ação do campo elétrico

Ernest Rutherford demonstrou o comportamento das diferentes radiações quando submetidas a um campo elétrico. A radiação alfa é constituída por partículas positivas, pois ao passarem por um campo elétrico são atraídas para o polo negativo e, devido a sua massa elevada, sofrem um pequeno desvio. Já a radiação beta era constituída por partículas com carga negativa, pois eram atraídas para o polo positivo do campo elétrico e por serem muito leves desviam muito da sua trajetória. Os raios gama não possuem carga elétrica, logo, não são afetados pelo campo elétrico (KOTZ, 2004), e seguem em linha reta.

IV Decaimento radioativo

O decaimento radioativo ocorre quando um núcleo instável emite espontaneamente partículas alfa e beta de maneira que se transformam em um núcleo mais estável; de um elemento diferente. O núcleo formado na emissão alfa ou beta geralmente está em um estado excitado e pode emitir radiação gama. Esse processo é representado por uma equação nuclear, em que representamos o símbolo, o número atômico (Z), o número de massa (A) de cada partícula envolvida no decaimento radioativo.

V Fusão nuclear

Quando núcleos relativamente leves se combinam para formar núcleos mais pesados gera-se imensa quantidade de energia, processo conhecido como fusão nuclear. Um exemplo de fusão nuclear ocorre no sol: a fusão dos isótopos do hidrogênio, deutério e trítio, formando um átomo de hélio e um nêutron.

A utilização dessa energia, sempre para fins pacíficos, precisa cumprir três exigências:

- a) a temperatura deve ser bastante alta para a fusão;
- b) a matéria deve estar no estado de plasma, que deve estar confinado durante tempo suficiente para que possa ocorrer libertação apreciável de energia;
- c) a energia deve ter forma passível de aproveitamento.

VI Fissão nuclear

A fissão nuclear ocorre quando uma partícula colide com o núcleo de um átomo e ao ser absorvida divide este núcleo em dois outros núcleos, por exemplo, quando o U-235 é atingido por um nêutron divide-se em dois núcleos menores o Ba-141 e o Kr-92 liberando três nêutrons e cada um desses nêutrons podem provocar nova fissão nuclear. Essa reação em cadeia pode ser controlada pela quantidade de nêutrons disponíveis. Se isso não for feito ela pode ser uma reação em cadeia explosiva (KOTZ, 2004).

A fissão nuclear do urânio-235 é iniciada por um nêutron produzindo três novos nêutrons que poderão produzir outras três reações de fissão, que liberam então nove nêutrons que irão produzir nove outras fissões, das quais resultam 27 nêutrons e assim por diante (KOTZ, 2004). A fissão nuclear ocorre quando uma partícula colide com o núcleo de um átomo e ao ser absorvida divide este núcleo em dois outros núcleos. Essa reação em cadeia pode ser controlada pela quantidade de número de nêutrons disponíveis, se isso não for feito ela pode ser uma reação em cadeia explosiva (KOTZ, 2004).

VII Reator nuclear

Em um reator nuclear a velocidade da fissão é controlada por um material absorvedor de nêutrons, que se inserem no reator na forma de barras. Inserindo ou retirando as barras, a velocidade da reação pode ser aumentada ou diminuída.

De acordo com Cardoso (2012), um reator nuclear do tipo usado em Angra 1 e Angra 2 é chamado *prezzurized water reactor* (PWR) ou reator à água pressurizada. No reator usado em Angra 1, temos as seguintes especificações:

- a) as varetas de combustível contêm urânio-235 em forma de pastilhas de 1cm de diâmetro, dentro de tubos de 4m de comprimento de liga de zircônio;
- b) as varetas de combustível são montadas em feixe, numa estrutura chamada elemento combustível;
- c) os elementos combustíveis são então colocados num vaso de aço com espessura de cerca de 20 cm, chamado de vaso de pressão, que é instalado numa base de concreto de 5m de espessura;

d) para fazer a contenção de gases ou vapores que possam ser liberados, o vaso de pressão do reator e o gerador de vapor são instalados num tubo cilíndrico de aço de cerca de 3,8cm de espessura;

e) em torno do tubo de aço, é construído um edifício de concreto de 1m de espessura.

Segundo Cardoso (2012 p.29), “as barreiras físicas citadas constituem um sistema passivo de segurança, isto é, atuam, independentemente de qualquer ação”.

O funcionamento básico de uma usina nuclear consiste na circulação de água líquida através de um reator, no qual o líquido é aquecido a cerca de 325^o C. Este líquido quente passa pelo gerador de calor, que converte a água do gerador em vapor para a turbina. Depois de passar pela turbina, o vapor condensa e a água líquida retorna ao gerador de vapor.

VIII Símbolo Radioativo

As imagens são representações incorporadas a uma comunicação rápida em uma indústria ou laboratório químico que informam propriedades de alguns produtos. De acordo com Cardoso (2012) “o símbolo da presença de radiação deve ser respeitado, e não temido”.

A pesquisa realizada por Souza e Sales (2016) avalia o conteúdo de Radioatividade no Ensino Médio por meio da análise de livros didáticos de Química, escolhidos no Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) de 2015. Os autores utilizaram os seguintes critérios estabelecidos pelo Ministério da Educação (MEC): imagens presentes no livro didático; abordagem metodológica, evolução histórica, contextualização e relacionamento do conteúdo com o desenvolvimento tecnológico; aspectos inerentes aos exercícios e problemas disponibilizados. Em suas análises, constataram que há muitos descompassos em relação ao padrão de qualidade exigido pelo MEC e que as imprecisões presentes nos livros prejudicam o processo de ensino e aprendizagem, por ser o livro a tecnologia mais utilizada em sala de aula e de instrumento de apoio ao professor. Os autores afirmam que somente duas obras estavam em concordância com o exigido pelo MEC para este conteúdo. Dentre os critérios utilizados pelos pesquisadores, o de interesse da presente pesquisa está relacionado a utilização de imagens nos livros didáticos pesquisados. No Quadro 1 destacamos suas análises e a quantidade de ilustrações presentes no conteúdo de Radioatividade.

Quadro 1 - Análise das imagens nos livros PNLD- 2015

Livros	Análise dos autores das imagens presentes
Química Cidadã	Apresentou 58 imagens catalogadas as quais trazem suporte para complementar o aprendizado textual.
Ser Protagonista	Apresentou 20 imagens que exprimem bem o assunto
Química (Fonseca)	Apresentou 14 imagens com ótima qualidade, porém de pouco valor didático para compreensão de conceitos
Química(Mortimer; Machado)	Livro menos ilustrado, podendo dificultar o entendimento do aluno.

Fonte: Elaborado a partir da leitura realizada de Souza e Sales (2016)

Os autores concluem que “as coleções analisadas apresentam uma satisfatória quantidade de imagens que podem trazer ao aluno uma noção mais detalhada de como, onde e quais aplicações podem ser dadas a Radioatividade” (SOUZA; SALES, 2016). Para alunos videntes, a quantidade pode ser considerada satisfatória, contudo para alunos cegos, comprova-se o uso excessivo de imagens em livros de Química para uma educação que se quer inclusiva. Portanto, esta pesquisa justifica nosso interesse em produzir imagens grafotáteis relacionadas ao tema de Radiatividade.

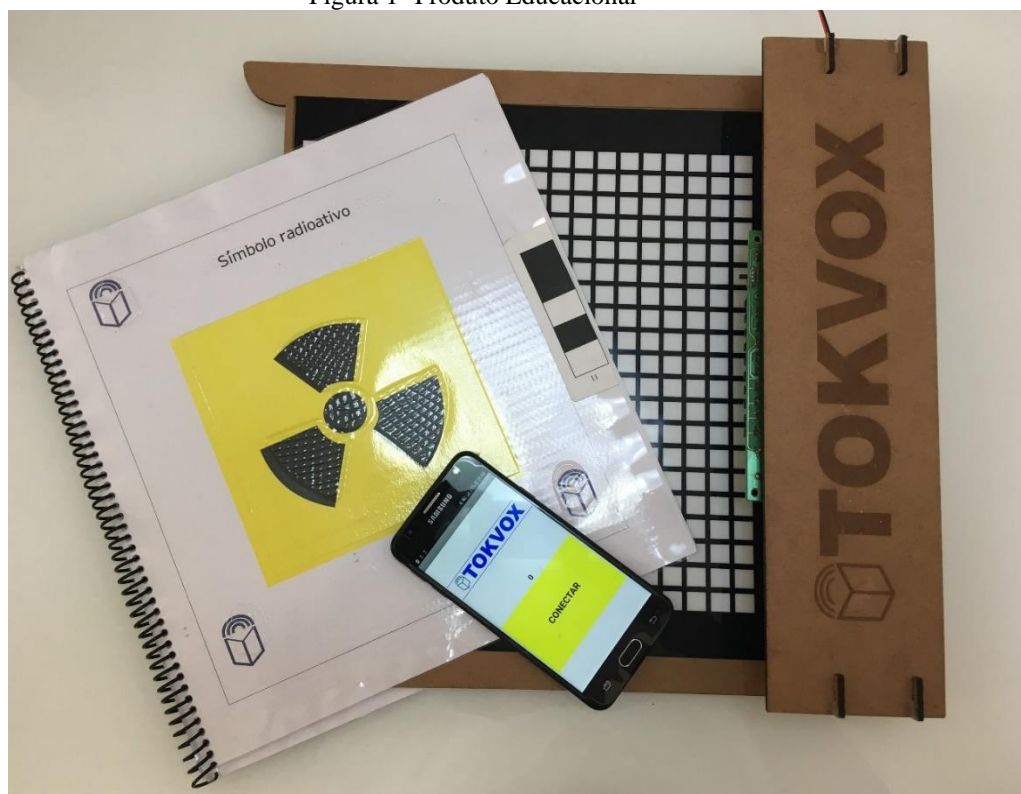
4.2 Descrição do produto Educacional

O Produto educacional desenvolvido e denominado TOKVOX é composto por:

- a) caderno de imagem de percepção tátil;
- b) suporte físico em MDF;
- c) placa eletrônica (*hardware*) e computacional (*software*);
- d) aplicativo para celular de sistema operacional *Android* – Tokvox;
- e) celular para reprodução do áudio

Este produto (Figura 1) foi desenvolvido para o ensino de Química de alunos cegos.

Figura 1- Produto Educacional



Fonte: Própria (2019)

Podemos descrever o produto educacional como um caderno em tinta e em Braille, com imagens em alto-relevo (texturizadas) feitas em papel, de gramatura 120 g/m^2 , aplicadas em uma película plástica de PVC (usualmente chamada de thermoform), ambos com dimensões $28 \times 29 \text{ cm}$, com etiquetas de leitura ótica coladas em sua lateral direita. Para a reprodução dos áudios gravados, o caderno é associado a um equipamento constituído por duas placas em MDF (*Medium Density Fiberboard*) que servem de suporte para uma placa eletrônica, um teclado membrana, um *software* para *Arduino* e um *software* para *Android* que apresenta a função de reproduzir os áudios com conteúdo didático.

Para a produção do Produto Educacional foram realizadas as seguintes etapas:

- a) revisão da Literatura;
- b) confecção do caderno de imagens grafotáteis;
- c) construção e desenvolvimento do equipamento TOKVOX;
- d) diagramas em blocos dos programas do *Arduino* e do aplicativo do celular;
- e) operação do equipamento;
- f) gravação dos áudios;
- g) testagem com revisores.

Cada etapa de produção do produto educacional é descrita a seguir.

4.2.1 Revisão da Literatura

A revisão para a elaboração do produto educacional concentrou-se em publicações que abordam o ensino de Química, o desenvolvimento de materiais grafotáteis, assim como materiais que envolvem tecnologia. Foram consultados Bancos de Dados tais como os periódicos nacionais, o banco de dissertações da CAPES e o Google Acadêmico. As publicações foram selecionadas por meio da combinação das palavras-chave no título. Nesta busca foram feitas combinações do termo deficiência visual com as palavras: ensino, tecnologia, aprendizagem, inclusão, recursos, materiais e química. A seleção das publicações foi seguida da verificação do resumo na busca de pesquisas que desenvolveram materiais grafotáteis, materiais tátil/auditivos e tecnologias digitais. Entre as publicações foram selecionadas teses, dissertações, artigos e trabalhos de conclusão de curso.

Desta forma, destacamos os trabalhos de Souza (2018); Silva (2018); Pinto e Rodrigues (2017); Rosa (2015); Adam (2015); Benite (2015); Ferreira e Silva (2014); Machado, Machado e Conforto (2014); Aride (2015); Bonadiman (2011); Kastrup (2007, 2009), porque são relevantes na validação e implementação de recursos táteis e auditivos para alunos cegos e para projetos desenvolvidos com o *Arduino*, com foco no aluno com deficiência visual.

Para a produção das imagens grafotáteis foram consultados o documento com as características de produção de materiais em relevo para pessoas com deficiência visual, utilizadas na Divisão de Produção e Desenvolvimento de Material Especializado (DPME) do Departamento Técnico Especializado (DTE), registrado sob o número 67485-00015 na DPME/DET/IBC EM 14/04/2016, organizado por Silva (2016) - (Anexo 6) -, o artigo de Cerqueira e Ferreira (1996) que aborda os recursos didáticos na Educação Especial e Rosa (2015).

4.2.2 Confecção do caderno de imagens grafotáteis

Existem vários recursos didáticos para o aluno cego, entre eles os cadernos grafotáteis que apresentam textos ampliados e imagens reproduzidas em película de PVC e as pranchas que são imagens texturizadas com título e legendas no Sistema Braille replicadas em película de PVC. Nesta pesquisa foram produzidas oito imagens grafotáteis sobre a radioatividade e sua importância no desenvolvimento do Modelo

Atômico de Rutherford, em forma de pranchas, que foram agrupadas em um caderno espiralado. Ressaltamos que as pranchas são preparadas a partir de imagens selecionadas de um determinado conteúdo, as quais são adaptadas, são texturizadas, reproduzidas em película de PVC e apresentam título centralizado em tinta e Braille. Se for necessário, podem apresentar legendas separadas e devem ser escritas no Sistema Braille.

Para adaptar as imagens em relevo, seguimos as orientações presentes nas NTPTB para o Sistema Braille (BRASIL, 2018, p.34), relacionadas a seguir:

- a) ampliação de escala;
- b) eliminação de detalhes supérfluos;
- c) divisão da figura em partes sempre que necessário;
- d) criação de legenda para as informações que não couberem na imagem grafotátil;
- e) representação das imagens na mesma página ou em página próxima ao texto a que se referem;
- f) manutenção dos créditos e legendas das imagens originais, a menos que a sua omissão seja um critério adotado para um projeto específico.

Assim como as orientações de Cerqueira e Ferreira (1996), Silva (2016); e Rosa (2015) para a produção das matrizes táteis que foram replicadas em película de PVC. De acordo com Rosa (2015), as matrizes táteis são moldes que geram as cópias em película plástica, ou seja, as matrizes são desenhos texturizados com diversos materiais.

1ª Etapa: Escolha das imagens

De acordo com as NTPTB “ a transcrição de textos para o Sistema Braille, no que se refere à produção de obras sem fins lucrativos, encontra amparo legal na Lei nº 9610, de 19 de fevereiro de 1998”. O Capítulo IV em seu Art.46 trata das limitações aos direitos autorais, conforme apresentamos a seguir:

Art. 46. Não constitui ofensa aos direitos autorais:

I – a reprodução:

(...)

d) de obras literárias, artísticas ou científicas, para uso exclusivo de deficientes visuais, sempre que a reprodução, sem fins comerciais, seja feita mediante o Sistema Braille ou outro procedimento em qualquer suporte para esses destinatários.

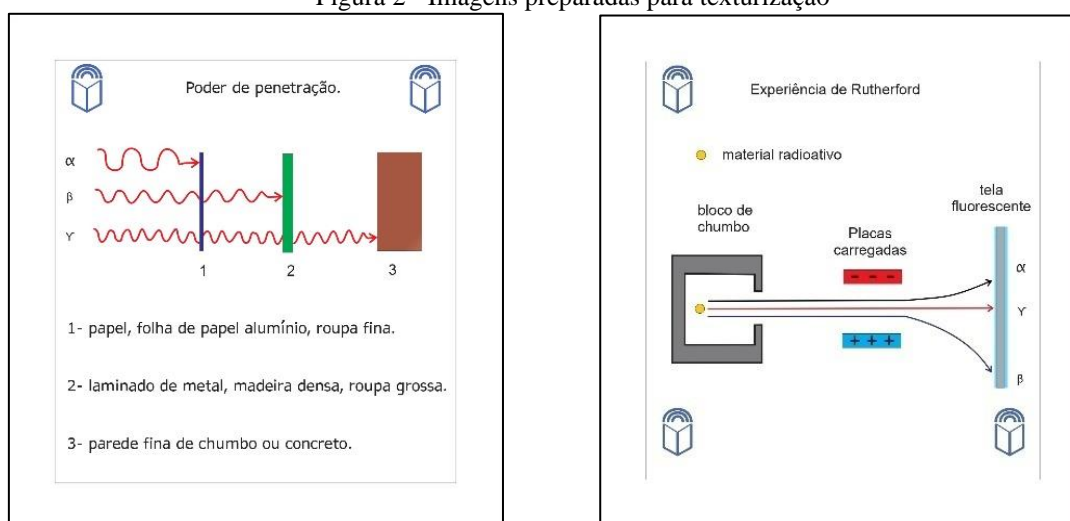
Na presente pesquisa, as imagens comumente utilizadas no conteúdo de Radioatividade e no Modelo Atômico de Rutherford foram produzidas pela pesquisadora. O critério de produção das imagens se deu a partir da sua simplicidade e funcionalidade “considerando as necessidades, aspirações e interesses dos alunos” (Rosa, 2015, p.125).

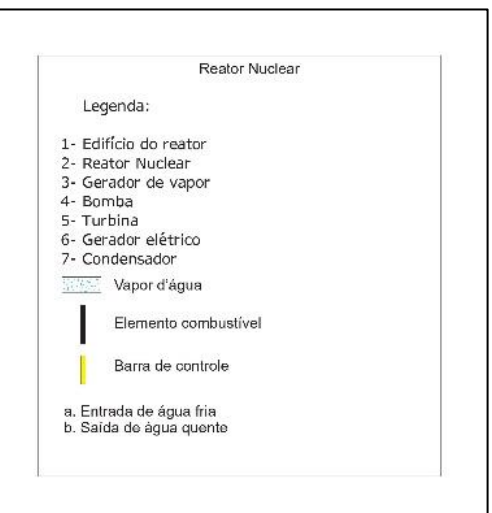
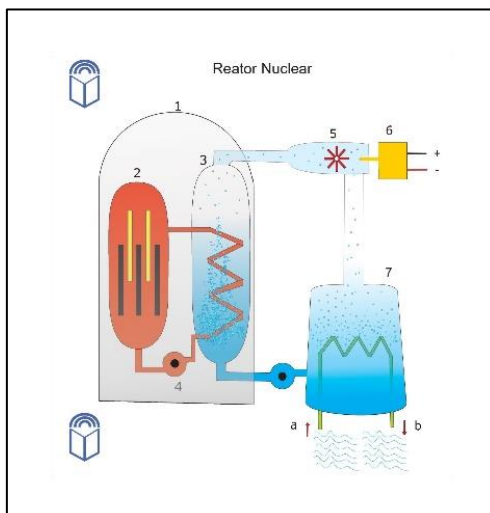
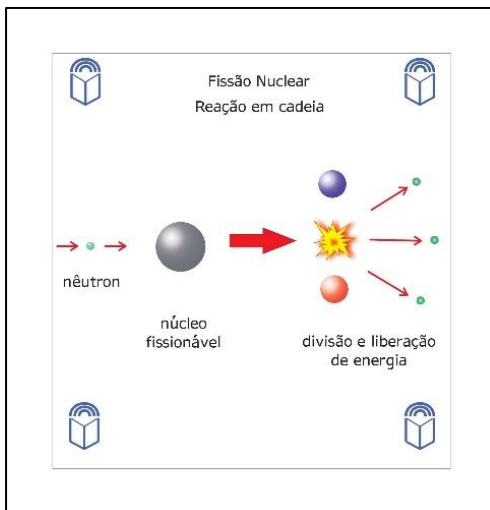
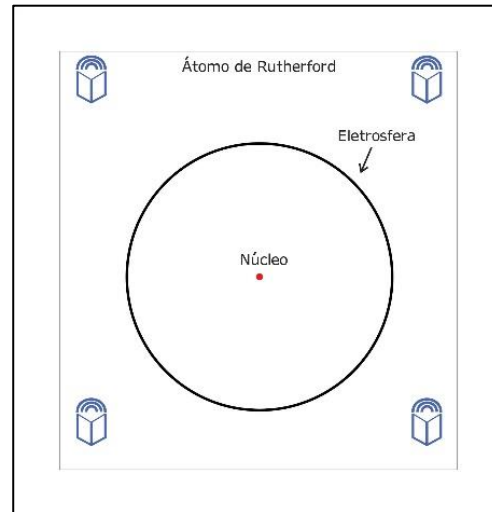
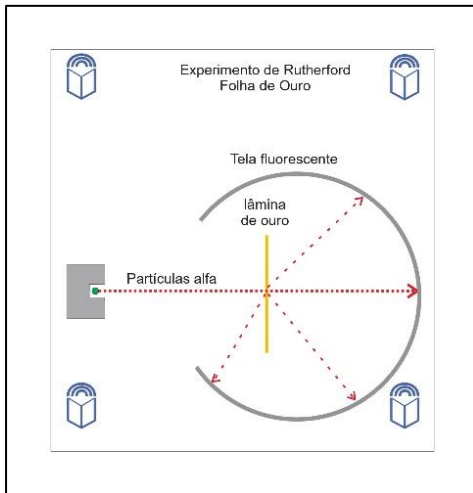
2ª Etapa: Limpeza das imagens

De acordo com as NTPTB para livros com desenhos, mapas, figuras geométricas e outras imagens, recomenda-se um profissional com conhecimento de programas específicos para a produção de imagens, ou seja, por um Designer Braille – “profissional que realiza adequação de imagens para a impressão em relevo”(BRASIL, 2018, p.111) que pode ser um “estagiário ou profissional da área de design gráfico com conhecimentos básicos do Sistema Braille e que, mediante treinamento, absorva conhecimentos que lhe permitam adaptar imagens para a leitura tátil”(BRASIL, 2018, p.93).

A limpeza das imagens tem como finalidade eliminar detalhes supérfluos, ou seja, desnecessários, que possam prejudicar a leitura tátil. Essa etapa foi realizada por um designer gráfico com conhecimentos do Sistema Braille e com experiência em adaptar figuras para leitura tátil em parceria com a pesquisadora. De acordo com Rosa (2015, p.290) “os elementos desnecessários ao projeto idealizado são descartados ou reorganizados para que a imagem possa servir de base para matriz”. A seguir são apresentadas as imagens finais (Figura 2) produzidas em *Corel Draw*, por um designer gráfico em parceria com a pesquisadora.

Figura 2 - Imagens preparadas para texturização





3ª Etapa: Tamanho do caderno, cores e fonte

O caderno foi confeccionado no tamanho 28 cm x 29 cm, a escolha se deve ao tamanho do quadro da máquina, utilizada para replicação em película de PVC do IBC. O material produzido não deve ser muito pequeno, pois não destacam os detalhes e nem muito grande, para não prejudicar a apreensão da totalidade (CERQUEIRA; FERREIRA, 1996). De acordo, com Silva (2016) o tamanho ideal é aquele em que o aluno consiga utilizar as duas mãos para fazer a leitura tátil.

Admitindo que o caderno de imagens também pode ser usado por alunos com BV, utilizamos cores fortes e contrastantes, que servem para estimular sua visão funcional (CERQUEIRA; FERREIRA, 1996), além de utilizar fontes limpas para facilitar a leitura e compreensão das figuras (SILVA, 2016). As fontes mais usadas são do tipo APFont, Arial, Tahoma, Verdana. A fonte denominada APFont, utilizada na matriz, foi elaborada pela American Printing House e pode ser adquirida gratuitamente no site da empresa, após cadastro prévio e a concordância em só utilizar essa fonte para materiais produzidos para pessoa com baixa visão. O tamanho 24 foi escolhido como padrão para a fonte.

4ª Etapa: Posicionamento do título e legendas

De acordo com NTPTB, os títulos devem ficar bem destacados em relação aos textos (BRASIL, 2018, p.84) e deve-se criar legendas para as informações que não couberem na imagem. Dessa forma, optamos pelos títulos centralizados e destacados em relação às imagens.

5ª Etapa: Revisão do Sistema Braille

Esta etapa é muito importante e requer muita atenção para o uso correto do Sistema Braille. A revisão foi realizada por um revisor cego, usuário do Sistema Braille como determina as NTPTB:

o revisor braille para textos de pouca ou média complexidade: deve ser pessoa cega ou com baixa visão, usuária do Sistema Braille e com leitura fluente, formação mínima em nível médio, capacidade de concentração, bons conhecimentos de Língua Portuguesa, domínio da Grafia Braille para a Língua Portuguesa e das Normas Técnicas para a Produção de Textos em Braille. (BRASIL, 2018, p.94).

Para textos mais complexos como livros didáticos de nível superior, vestibulares, provas de avaliação, é recomendado que a pessoa cega ou com baixa visão tenha formação em uma das seguintes áreas:

Linguagens, Matemática, Ciências Humanas, Ciências da Natureza, e todas as suas tecnologias, bons conhecimentos das línguas portuguesa, inglesa e espanhola, domínio da Grafia Braille para a Língua Portuguesa, das Normas Técnicas para a Produção de Textos em Braille e dos referenciais específicos (Código Matemático Unificado e Grafia Química Braille para Uso no Brasil) (BRASIL, 2018, p.95).

6ª Etapa: Escolha das texturas

A escolha das texturas está relacionada com o significado tátil, ou seja, o material deve possuir relevo perceptível e destacar as partes da imagem. É importante usar contrastes do tipo: liso/áspero, fino/espesso (CERQUEIRA; FERREIRA, 1996). A quantidade de texturas está relacionada à necessidade de destacar o (s) conceito (s) existente (s) na imagem e deve ser agradável ao toque, pois isso facilita o manuseio e, conseqüentemente, a compreensão do objeto.

Os materiais comuns para a texturização são linhas e fios de diferentes espessuras, rendas, botões, miçangas, lixas (para áreas bem pequenas), folhas de alumínio, papéis (ondulados, moldados), papelão ou papel Paraná (para elevação de algumas partes da imagem), telas de tecidos ou nylon. As NTPTB (2018) sugerem também a possibilidade de se usar as 63 ou 64 combinações da cela Braille para reproduzir diferentes representações, pois dessa forma

é possível, representar diversas figuras geométricas, gráficos e muitas outras ilustrações que tornam mais ricos e atrativos os textos produzidos para pessoas cegas. Esse recurso, nem sempre utilizado pelos educadores e produtores de braille, oferece, também, a possibilidade de que a própria pessoa cega possa elaborar as suas representações, valendo-se de uma reglete, de uma máquina braille ou do teclado de um computador e, principalmente, usando a sua capacidade imaginativa. (BRASIL, 2018, p. 34).

De acordo com Rosa (2015, p.135), após a seleção das texturas, assim como fios ou linhas, é importante que seja feita uma análise por revisores cegos, que identificam a melhor combinação, ou seja, “as junções que trazem para o material uma maior qualidade na percepção”. É importante após a escolha das texturizações, que seja feita uma cópia em PVC das texturizações escolhidas, para se confirmar a qualidade da percepção tátil com o revisor cego.

7ª Etapa: Texturização

A texturização feita por meio de recorte e colagem é uma técnica artesanal, que pode ser agilizada, de acordo com Rosa (2015.p.136), utilizando a técnica de espelhamento, que consiste em reproduzir a imagem de forma espelhada, ou seja, por meio de uma cópia invertida da área que se pretende texturizar, que servirá de guia para o corte e será colada no verso da textura que se pretende utilizar. Na texturização, os fios ou linhas são usados para delimitar uma determinada região na figura, para setas e tracejados ou para contornos de imagens. Ainda segundo a autora (2015, p.141), as linhas finas podem ser trançadas, as muitos maleáveis, podem ser enrijecidas com uma camada de cola, em sua superfície e a fixação das extremidades também requer muita atenção, para não soltar durante o manuseio. Nas texturizações das imagens, para a confecção das matrizes, utilizamos diversos materiais, listados a seguir:

- a) papel Paraná;
- b) papel cartão liso;
- c) papel corrugado;
- d) papel Kraft com texturas diferenciadas;
- e) papel Fix Indiano;
- f) tela;
- g) papel 120g texturizado em Monet (*Software* para desenho em relevo);
- h) linha de costura de algodão 10;
- i) linha cordonê encerado 05, 001, 002;
- j) lixas;
- k) diversos tipos e tamanhos de miçangas e botões de base chata;

Rosa (2015) destaca a importância da cola escolhida para cada tipo de material que será utilizado como textura, como também o cuidado com excesso de cola que pode deixar resíduos na matriz, ocasionando uma elevação ou contorno que não faz parte da

imagem, podendo prejudicar a leitura tátil. A autora também chama atenção para a utilização de materiais muito maleáveis e deslizantes (tecidos ou telas) e, nesse caso, “é aconselhável que os materiais sejam colados antes em superfícies como cartolina ou um papel mais encorpado” (ROSA, 2015, p.137).

Neste caso, para uma colagem eficiente é importante que o texturizador (pesquisador, professor ou designer) conheça os vários tipos de colas disponíveis. As mais utilizadas são: a cola de poliacetato de vinila (PVA) ou cola branca; cola PVA em solução alcoólica, cola instantânea de viscosidade média ou cola de contato (“cola de sapateiro”). Detalhamos a seguir as especificidades de cada tipo de cola.

A cola branca é uma solução aquosa de PVA, indicada para as colagens de papéis ou materiais porosos em geral, contudo pode causar o enrugamento do papel, causando um efeito indesejável.

A solução de alcoólica de PVA, é uma cola indicada para trabalhos artísticos e fotográficos, sua vantagem é que não enruga o papel. Cola escolhida para fazer as texturizações neste trabalho.

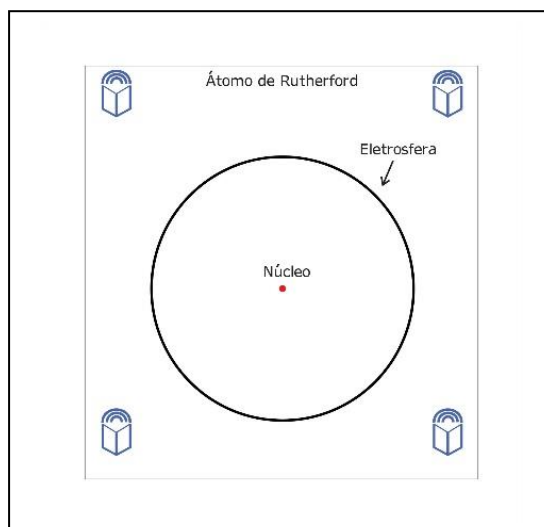
A cola instantânea de viscosidade média deve ser usada em pequenas regiões; serve para colar metais, madeiras, porcelanas, plásticos e cortiças.

A cola de contato deve ser usada para colar borrachas vulcanizadas, couro, EVA. Ressaltamos que é a mais tóxica, em sua composição temos polipropileno, resinas sintéticas em toluol, cetonas, ésteres e hidrocarbonetos alifáticos. É importante salientar que deve ser usada com máscaras de segurança ou em local aberto com boa ventilação.

Após a realização de todas essas etapas, temos como produto final as matrizes (imagens texturizadas) que serão analisadas pelo revisor cego. Apresentamos a seguir as imagens utilizadas na presente pesquisa antes e após a texturização. Observe nas imagens o ícone do produto educacional nas extremidades da imagem.

A Figura 3 apresenta a representação esquemática comumente utilizada para representar o átomo de Rutherford. Um círculo representando o movimento dos elétrons na região denominada eletrosfera e o núcleo na região central do átomo.

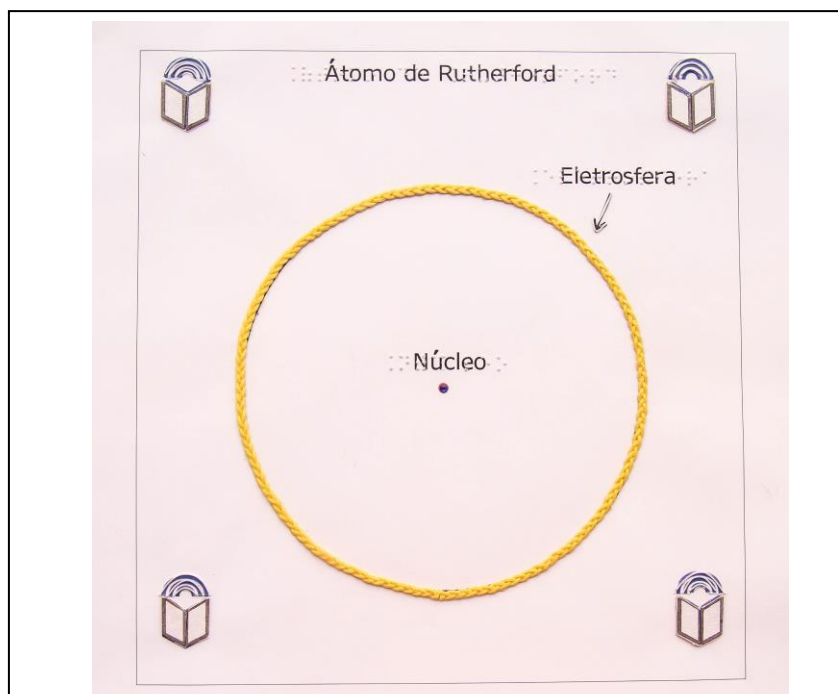
Figura 3- Átomo de Rutherford



Fonte: Própria (2019)

Na imagem texturizada do átomo de Rutherford (Figura 4) utilizamos para representar o movimento dos elétrons em torno do núcleo fios trançados.

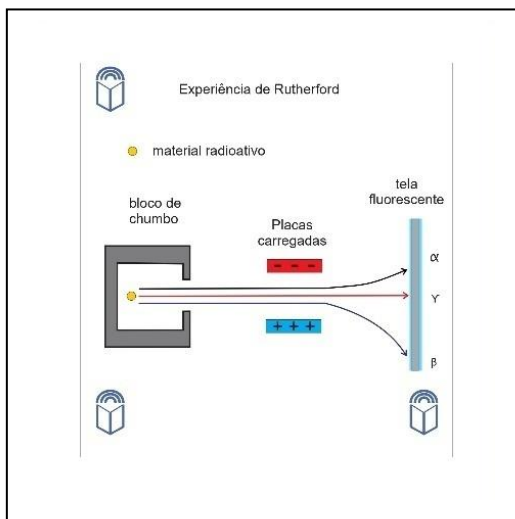
Figura 4 - Átomo de Rutherford texturizada



Fonte: Própria (2019)

A figura 5 apresenta a imagem da Experiência de Rutherford em que demonstrou o comportamento das partículas quando são submetidas a um campo elétrico.

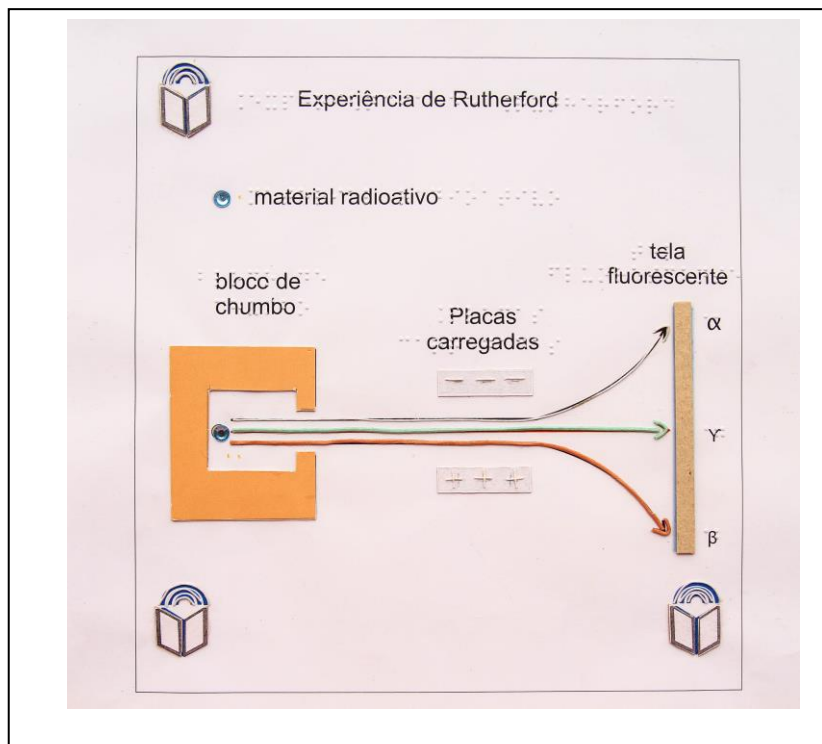
Figura 5 - Experiência de Rutherford



Fonte: Própria (2019)

Ao texturizar esta imagem (Figura 6), elevamos o bloco e a tela fluorescente.

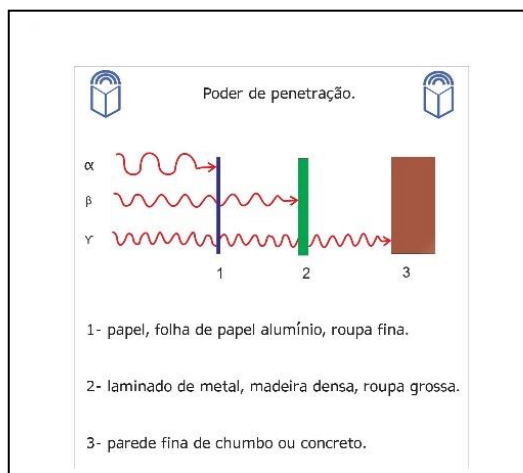
Figura 6 – Experiência de Rutherford texturizada



Fonte: Própria (2019)

A Figura 7 apresenta como as radiações penetram de forma diferenciadas na matéria.

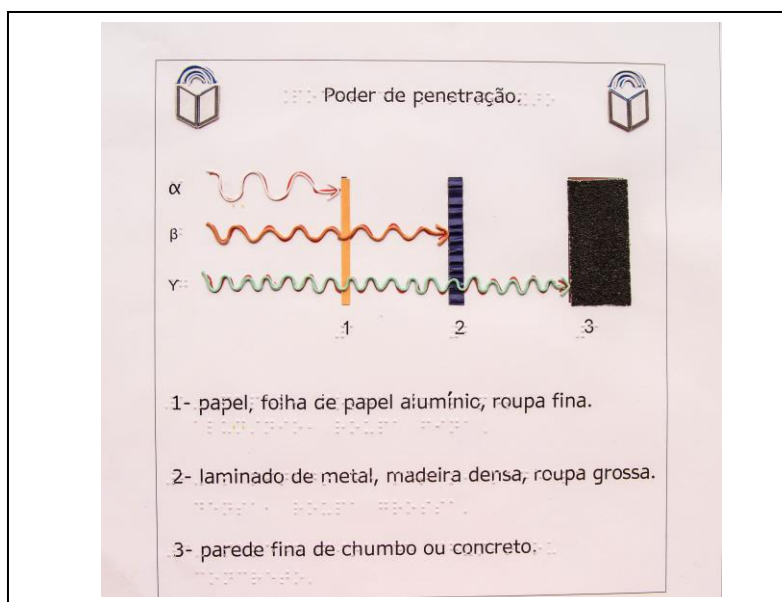
Figura 7 – Poder de Penetração



Fonte: Própria (2019)

Ao texturizar essa imagem (Figura 8) as placas foram elevadas com papel Paraná e com a cola ainda úmida, na superfície dos fios de espessuras diferentes, moldamos as ondas. Observe que a legenda se encontra embaixo da imagem, ressaltamos que esse formato foi utilizado com um objetivo específico na presente pesquisa.

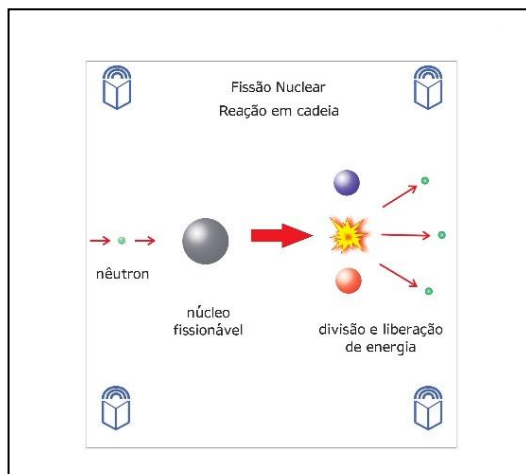
Figura 8 – Poder de penetração texturizada



Fonte: Própria (2019)

Ao produzir imagem (Figura 9) da fissão nuclear utilizamos a seta maior para designar a reação nuclear, enquanto as setas menores representam o movimento dos nêutrons.

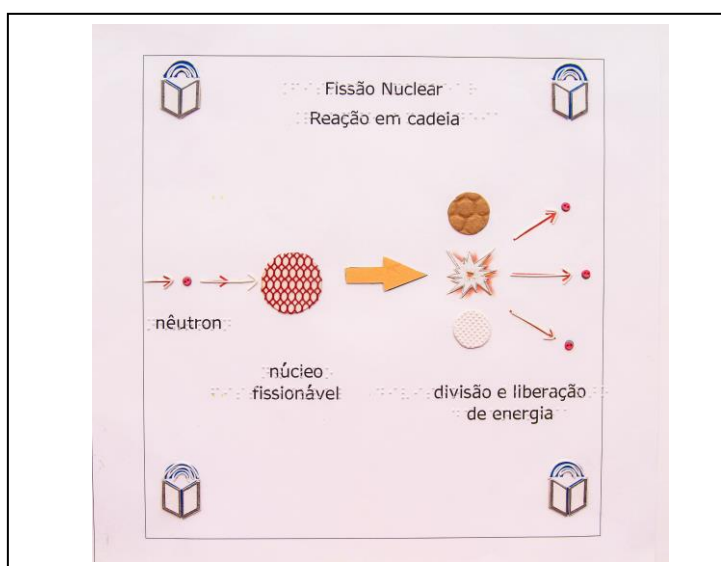
Figura 9 - Fissão Nuclear



Fonte: Própria (2019)

Para texturizar o núcleo fissionável (Figura 10) utilizamos uma tela maleável colada sobre um papel de 120 g com uma camada de cola na sua superfície. Para o átomo superior utilizamos o papel Kraft texturizado, para o inferior uma textura produzida no Programa Monet e para representar os nêutrons escolhemos mini botões.

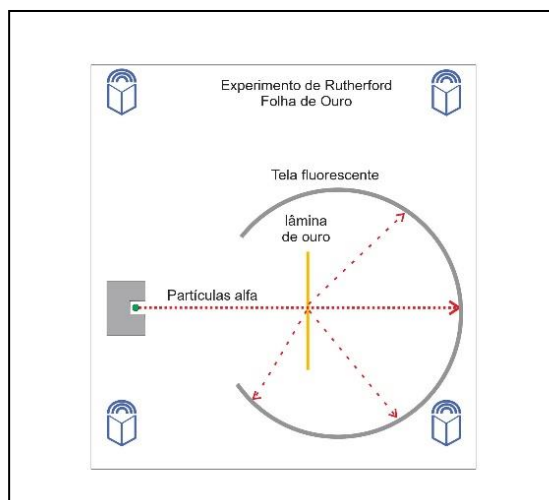
Figura 10 - Fissão Nuclear texturizada



Fonte: Própria (2019)

A Figura 11 representa o experimento de Rutherford feito com o bombardeamento das partículas alfa numa finíssima folha de ouro. Esse experimento é normalmente utilizado no ensino básico para explicar o modelo atômico de Rutherford.

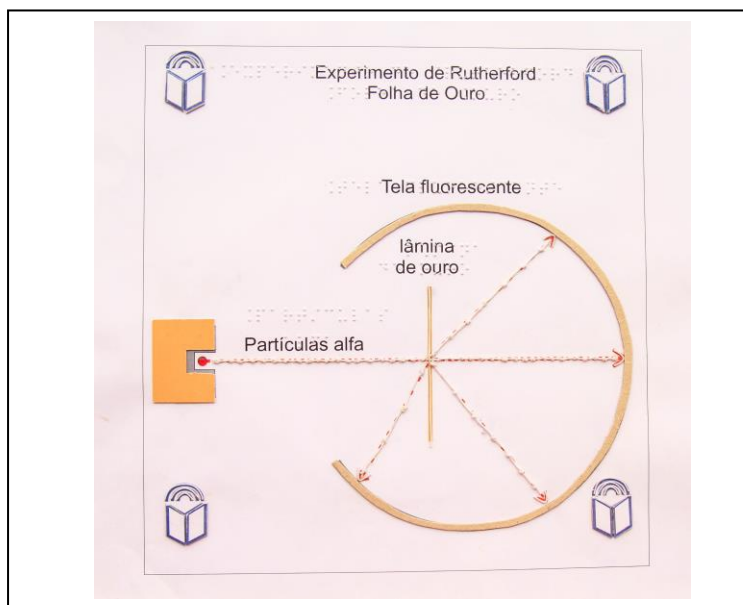
Figura 11- Experimento da Folha de Ouro



Fonte: Própria (2019)

Na texturização da figura 12 para representar a quantidade de elétrons, foram feitos enlaçamentos distanciados no fio selecionado. Observe que mantivemos o padrão de texturas já utilizados no bloco de chumbo, na tela fluorescente e nos fios.

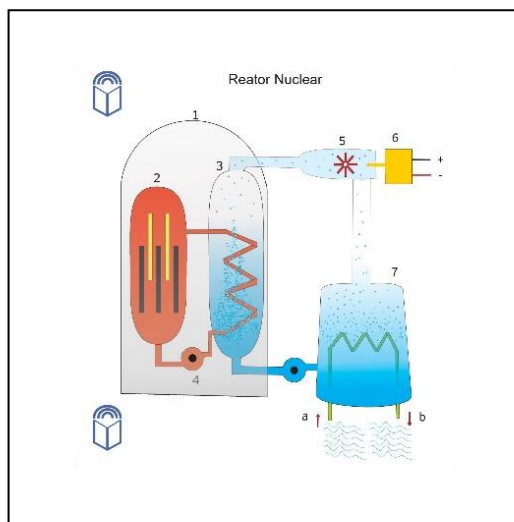
Figura 12 - Experimento da Folha de Ouro texturizada



Fonte: Própria (2019)

Para obtermos a imagem final do Reator Nuclear (Figura 13) foi um processo longo, foram várias tentativas para simplificar a imagem e não comprometer o entendimento do funcionamento básico de um reator.

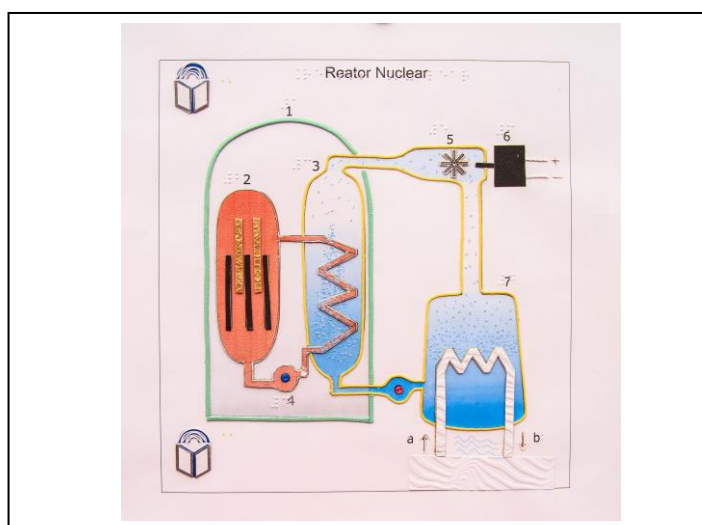
Figura 13 - Reator Nuclear



Fonte: Própria (2019)

Ao texturizar o o reator nuclear (Figura 14) elevamos as imagens sinalizadas pelos números dois, cinco e o condensador. As barras do reator também foram elevadas em alturas diferentes entre elas. Para simular os vapores de água foram feitos com alfinete furos no verso da folha. Esta técnica consiste em marcar os pontos desejados no verso da folha, colocá-la sobre um papel Paraná grosso e furar.

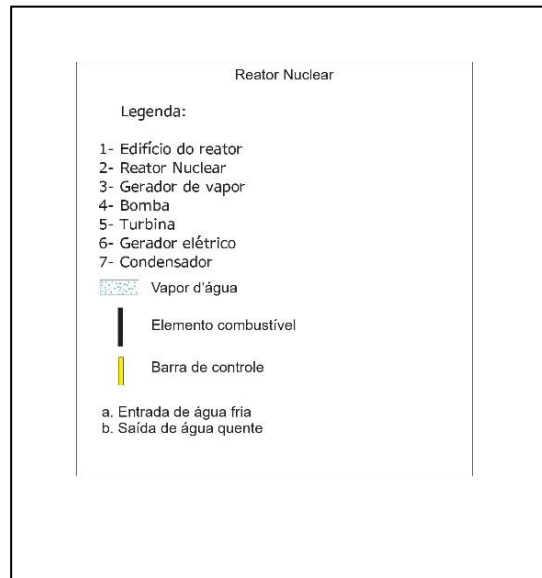
Figura 14 – Reator Nuclear texturizada



Fonte: Própria (2019)

A imagem do reator nuclear por ser complexa foi necessário produzir uma legenda em separado (Figura 15).

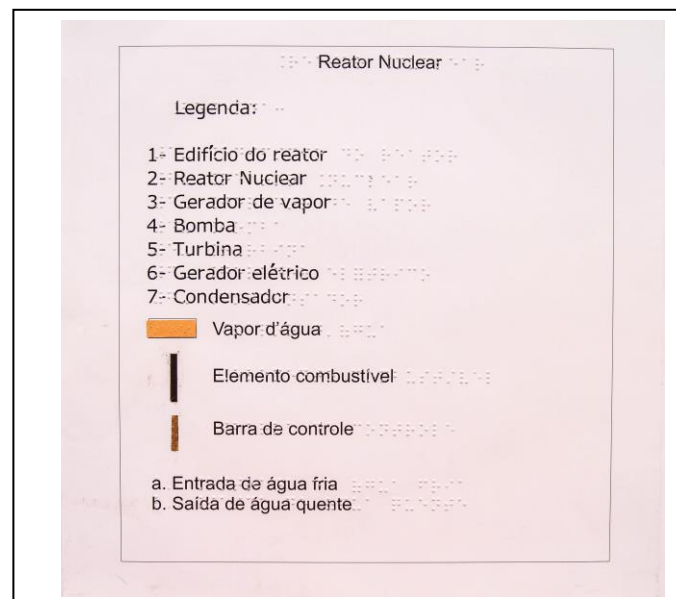
Figura 15 - Legenda do Reator Nuclear



Fonte: Própria (2019)

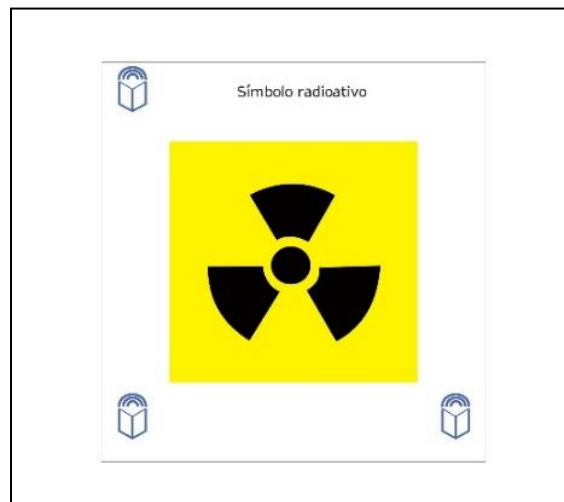
Na legenda é necessário utilizamos as texturas que simbolizavam o elemento combustível, a barra de controle e o vapor d'água, destaques em tinta sem identificação numérica na imagem correspondente.

Figura 16 – Legenda texturizada



Fonte: Própria (2019)

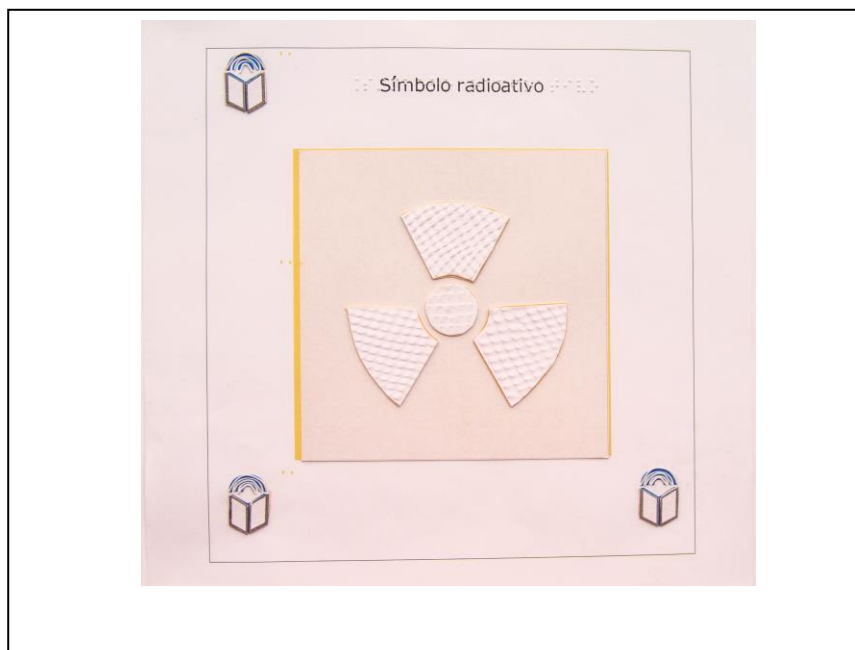
Figura 17 – Símbolo Radioativo



Fonte: Própria (2019)

Nesta imagem (Figura 18), o símbolo radioativo foi reproduzido com as técnicas de espelhamento e de elevação. O espelhamento é utilizado para figuras assimétricas.

Figura 18 – Símbolo Radioativo texturizado



Fonte: Própria (2019)

8ª Etapa: Análise do revisor

Após a etapa de texturização, é importante que o material seja avaliado por dois revisores cegos, que avaliam o Sistema Braille e sinalizam as modificações. O primeiro revisor escolhido, na presente pesquisa, apresenta experiência em revisão de imagens táteis. Avaliou a percepção tátil, ou seja, a compreensão das imagens pelo tato, assim como a correção do texto no Sistema Braille. Nesta etapa, o revisor pode perceber texturas semelhantes ou não compreender a estrutura da imagem e, desta forma, indicar as modificações necessárias, como também pode sinalizar a aprovação da matriz. O segundo revisor, assinala incorreções que passaram e dessa forma podem prejudicar a leitura e a interpretação do material. As análises das duas revisoras estão apresentadas nos Apêndices 3 a 6.

9ª Etapa: Replicação em película de PVC

A matriz pronta é colocada na máquina de Thermoform (Figura 19), que “possui um sistema de moldagem a vácuo, onde a película é aquecida e adquire a forma da matriz” (FERREIRA; SILVA, 2014, p.415). O processo de impressão, na máquina de Thermoform, passa pelas seguintes etapas:

- a) colocação da matriz pronta sobre o quadro inferior da máquina;
- b) sobre a matriz coloca-se a película de PVC;
- c) fecha-se o quadro da máquina e puxa-se a parte superior da máquina na qual está a resistência que aquece o material;
- d) ao receber calor, o PVC torna-se maleável e nesse momento é aplicado um vácuo, retirando o ar entre a película e a matriz;
- e) a matriz adere à película;
- f) após a retirada da fonte de calor, a película é resfriada e moldada;
- g) retirar com muito cuidado a película da matriz;
- h) a reprodução feita é uma cópia aproximada da matriz.

É importante salientar que a termoformagem é utilizada quando há necessidade de replicação em grandes quantidades. O professor deve estar atento que, o material grafotátil é uma reprodução aproximada da matriz. Portanto, se não houver possibilidade de utilizar esse tipo o material, utilize a matriz artesanal tendo o cuidado com os materiais que possam agredir o tato, causando rejeição do material pelo aluno.

Figura 19 - Máquina de Thermoform



Fonte: Própria (2019)

10ª Etapa: Avaliação do revisor da imagem tátil em película de PVC

A reprodução da matriz em película de PVC (Figura 20) requer uma nova avaliação do revisor, para se confirmar a qualidade da leitura tátil. Havendo qualquer imperfeição que prejudique a leitura e interpretação do material é feito novo processo de texturização e impressão. Caso não haja imperfeição, segue para a encadernação.

Figura 20 - Replicação em PVC



Fonte: Própria (2019)

11ª Etapa: Encadernação

A encadernação do conjunto (desenho em tinta + película) pode ser feita com espirais plásticas, que de acordo com as NTPTB (2018) oferece baixo custo e uma movimentação das folhas em torno da espiral reduzindo a área ocupada pelo livro quando aberto (Figura 21).

Figura 21 - Caderno espiralado



Fonte: Própria (2019)

12ª Etapa: Produção e colagem das etiquetas de leitura do sensor ótico

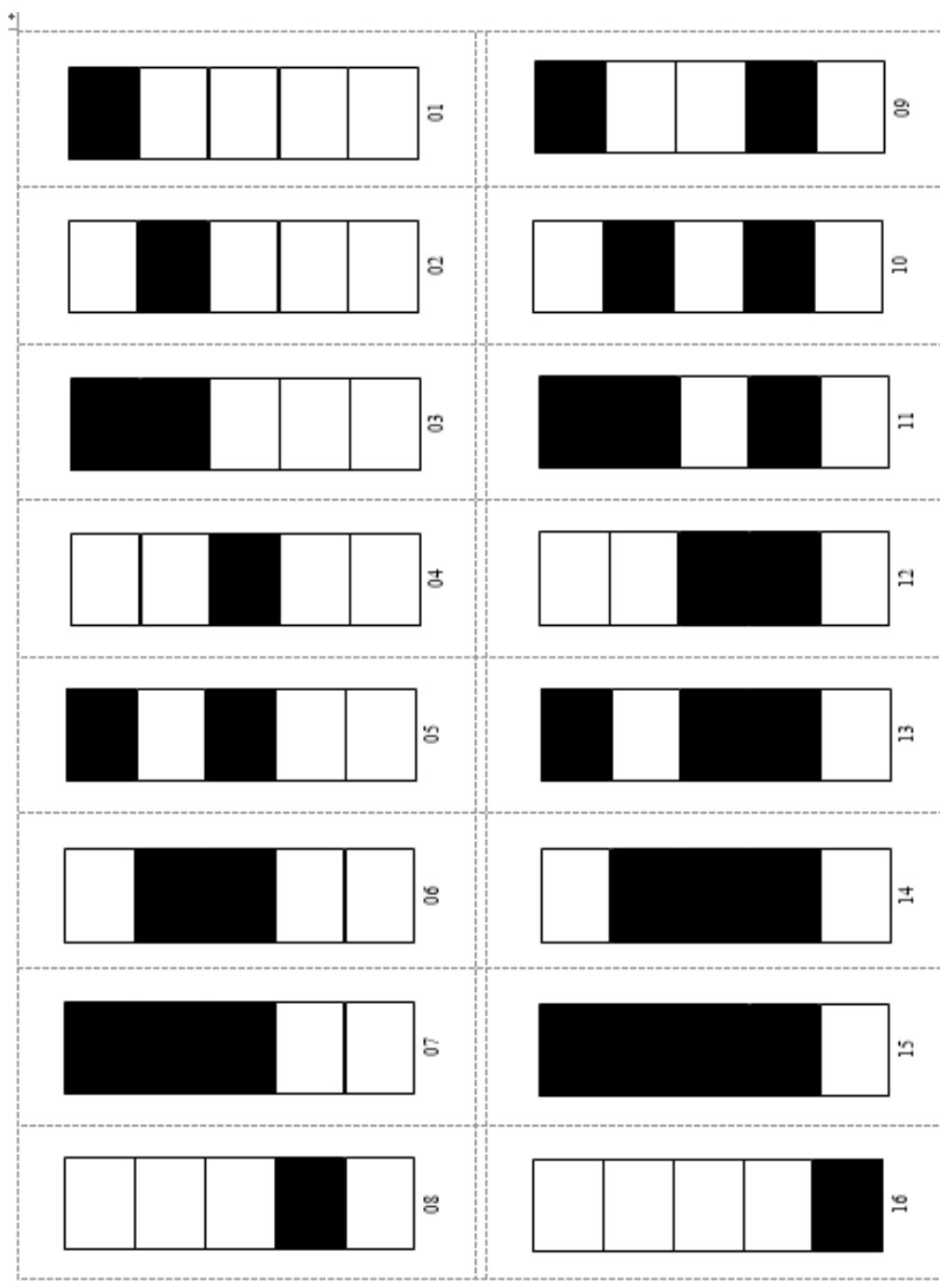
Após a impressão, texturização e reprodução das imagens em películas de PVC e encadernação em espiral, é necessário imprimir os códigos de barras em etiquetas adesivas para colar na lateral do caderno grafotátil. O código de barras utilizado no trabalho indica a figura e a página que estão sendo utilizadas para a reprodução do áudio correspondente.

A barra é a representação gráfica do código binário. Cada traço, seja branco ou preto, equivale a um bit, respectivamente 0 ou 1, e cada algarismo é sempre representado por cinco bits. A barra mais grossa corresponde a um somatório de traços, brancos ou pretos.

Para produzir um código de barras, devemos converter o sistema decimal para o sistema binário, por ser a linguagem interna dos computadores e torna-lo legível para os sensores óticos. A conversão de decimal para binário baseia-se na divisão sucessiva do número decimal por 2, aproveitando o resto. Observando que o primeiro dígito binário é o último resto encontrado e o último dígito binário é o primeiro resto da divisão. Para facilitar o trabalho do professor, disponibilizamos os códigos binários dos números

compreendidos entre 01 até 16, para isso basta imprimir o molde disponibilizado em etiquetas adesivas, utilizamos a marca Pimaco modelo A4254, tamanho A4 ou copiar para um documento do *Word* e imprimir (Figura 22).

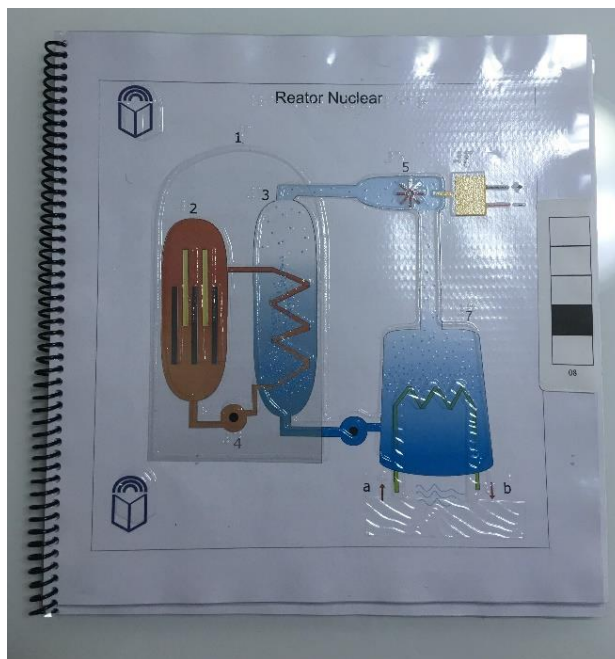
Figura 22 - Molde das etiquetas



Fonte: Própria (2019)

As etiquetas confeccionadas com código de barras devem ser coladas na margem direita da película contida no caderno (Figura 23).

Figura 23- Caderno com etiqueta do código de barras



Fonte: Própria (2019)

4.2.3 Construção e desenvolvimento do TOKVOX

De acordo com Bonadiman “as tecnologias estão disponíveis para serem pesquisadas e adaptadas para várias realidades em prol da acessibilidade” (2011, p.67). Dessa forma, para dar continuidade ao projeto, foi necessário contar, em algumas etapas, com o trabalho de profissionais especialistas em tecnologia - Designer gráfico e Técnico em eletrônica - para elaborarem os projetos de acordo com as Normas da ABNT e fazerem a concatenação da parte elétrica e computacional. A partir dos projetos desenvolvidos por esses profissionais, as peças foram confeccionadas em empresas do ramo e a concatenação realizada.

Destaca-se ainda a importância do trabalho do professor e do aluno cego - essencial para que saibamos a funcionalidade do produto - em conjunto com uma equipe multidisciplinar, com formação adequada na elaboração de recursos que envolvam diversas áreas do conhecimento, como na presente pesquisa e assim possamos desenvolver caminhos que levem a construção de recursos que ampliem a acessibilidade e a inclusão escolar desse aluno.

A construção da parte elétrica e computacional foi dividida nas seguintes etapas:

1. Construção do suporte em MDF;
2. Construção do Teclado membrana com Cable Flat;
3. Desenvolvimento e montagem da placa eletrônica;
4. Preparação de etiquetas do sensor ótico.
5. Programação da leitura do teclado, do leitor ótico, de concatenação e de reprodução de áudio.

Os materiais necessários para a construção e o desenvolvimento do equipamento eletrônico e computacional, estão listados a seguir:

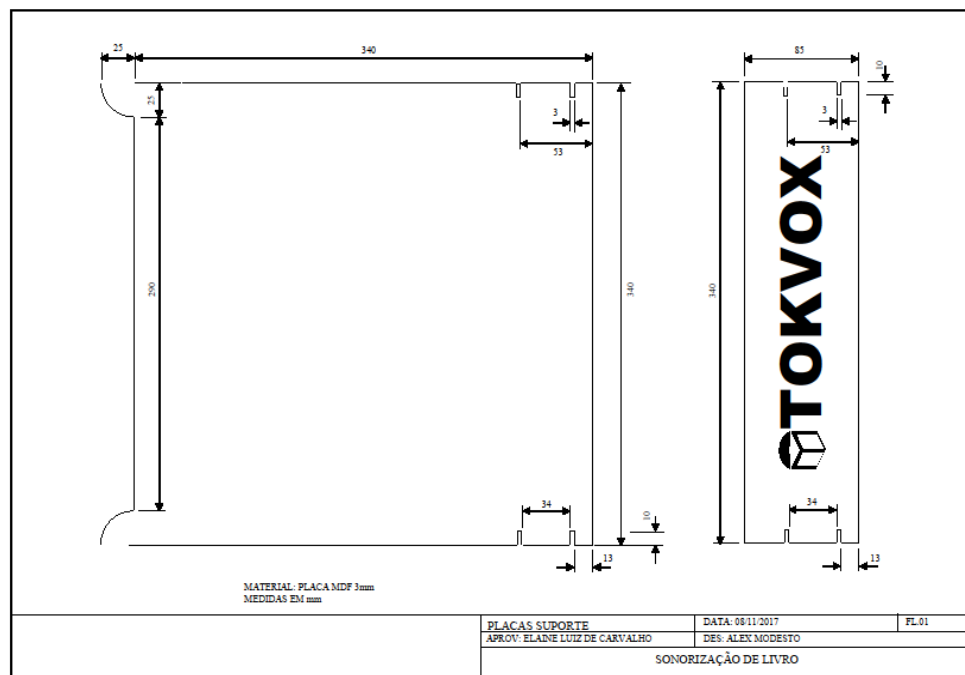
- 1- Um *Arduino Mega 2560*
- 2- Um Módulo *Bluetooth HC-05*
- 3- Dez sensores óticos TCRT 5000
- 4- Dez resistores 10K ohms
- 5- Dez resistores 330 R
- 6- Um resistor 2K ohms
- 7- Dois resistores 1K ohms
- 8- Um buzzer 5V
- 9- Um transistor BC548
- 10- Uma bateria 9V recarregável
- 11- Um suporte de bateria
- 12- Uma chave SS 2 posições 90°
- 13- Três barras de pinos 180°
- 14- Uma placa de circuito impresso *
- 15- Um teclado membrana 25 x 25 cm *
- 16- Uma placa suporte inferior MDF*
- 17- Uma placa superior MDF*

* Esses materiais foram confeccionados em empresas especializadas.

1ª Etapa: Construção e montagem do suporte em MDF

O suporte em MDF (Figura 24) foi idealizado para encaixar o caderno de imagens e receber a parte sensível ao toque e a parte eletrônica e computacional.

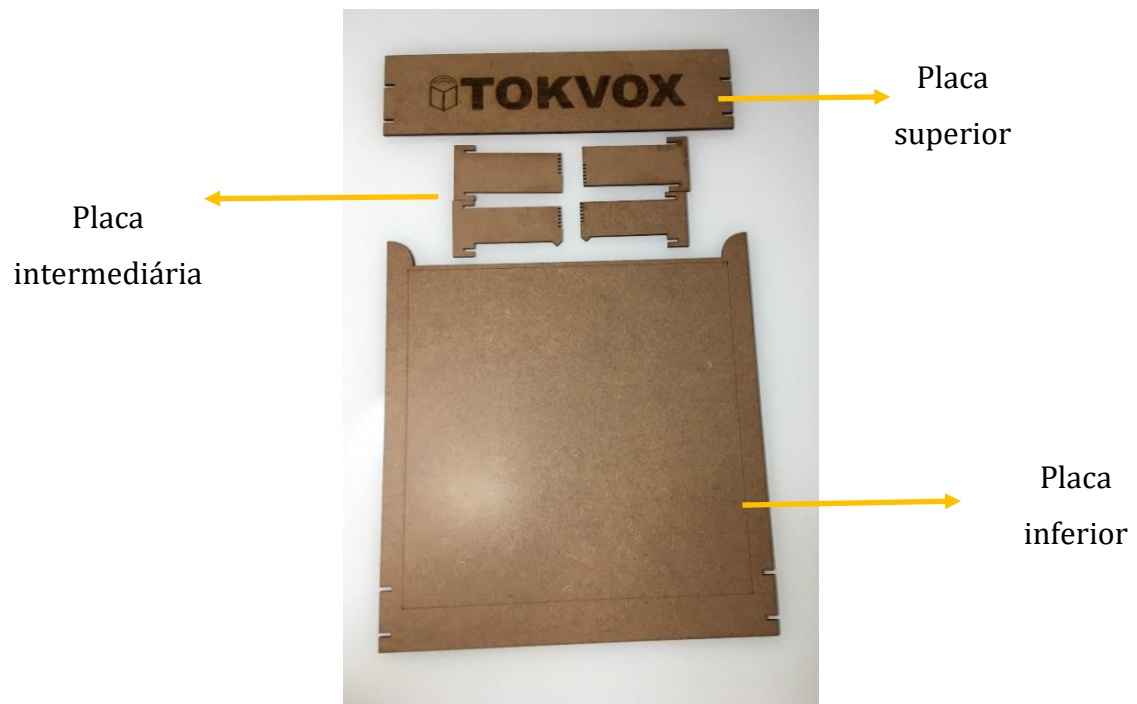
Figura 24 – Desenho em *Corel Draw* do equipamento físico em MDF



Fonte: Própria (2019)

Foi desenhado previamente em *CorelDraw* e construído a partir do corte a laser, é constituído por placas encaixadas, uma placa inferior que suporta o teclado membrana e serve de guia para o encaixe correto da etiqueta sob o sensor, as placas intermediárias apresentam dentes para o encaixe da placa eletrônica e a placa superior, que protege a placa eletrônica (sensor ótico, o *Arduino Mega* e o módulo *bluetooth*). A figura 25 apresenta ao equipamento físico finalizado.

Figura 25- Partes do equipamento físico em MDF

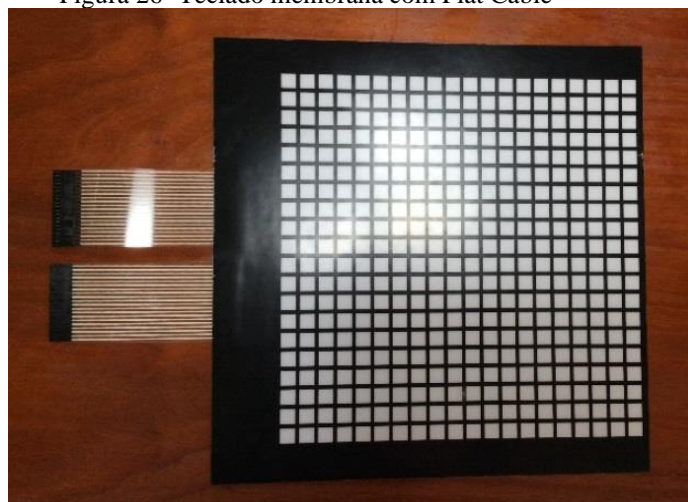


Fonte: Própria (2019)

2ª Etapa: Construção do teclado membrana

O teclado membrana (Figura 26), que é a parte sensível ao toque, foi desenhado no *Corel Draw* e produzido em policarbonato. Apresenta 400 teclas, produzida a partir de uma matriz de 20 linhas por 20 colunas, em um formato de 260 mm x 260 mm, e um *Flat Cable* de 100 mm de comprimento para ser conectado à placa eletrônica.

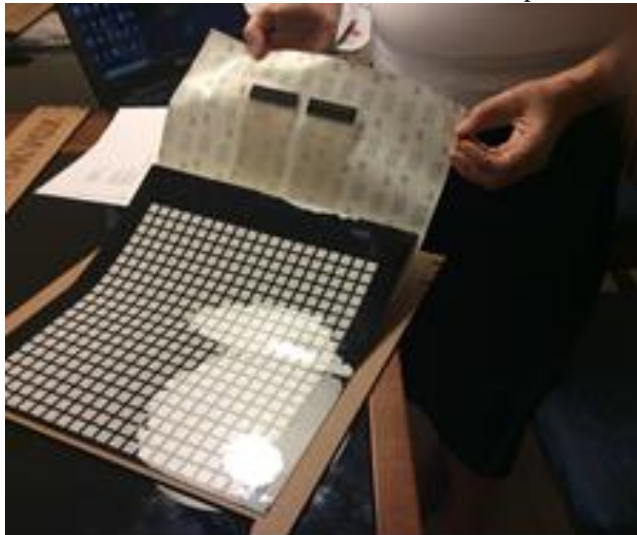
Figura 26- Teclado membrana com Flat Cable



Fonte: Própria (2019)

Este teclado já vem com adesivo para ser colado na placa inferior do suporte em MDF (Figura 27).

Figura 27 - Teclado membrana adesivado colado na placa inferior

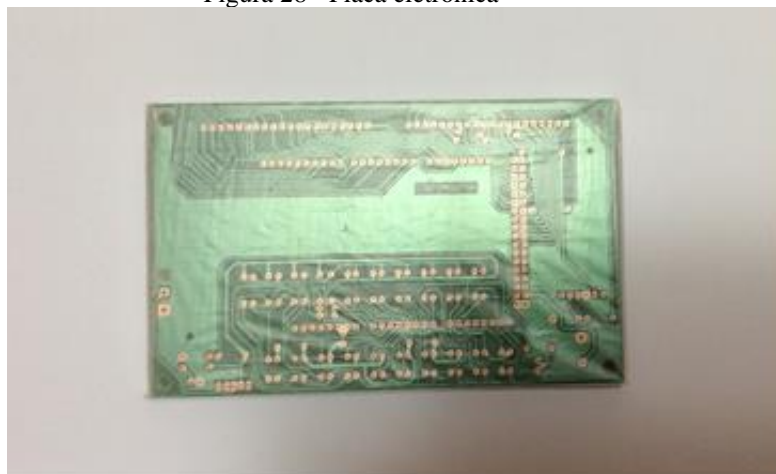


Fonte: Própria (2019)

3ª Etapa: Desenvolvimento e montagem da placa eletrônica

A placa eletrônica (Figura 28) foi elaborada no *software Proteus*, tem como componente principal o módulo *Arduino MEGA 2560*.

Figura 28 - Placa eletrônica



Fonte: Própria (2019)

O *Arduino* (BANZI; SHILOH, 2016) é uma plataforma aberta para a criação de protótipos baseada em *software* e *hardware* livres, sendo formado por dois componentes principais: a placa *Arduino*, elemento de *hardware* com o qual

trabalhamos para construir objetos; e o ambiente de desenvolvimento integrado do *Arduíno* ou *Integrated Development Environment* (IDE), software executado no computador. O IDE é usado na criação de um *sketch* (um programa em C contendo o algoritmo que soluciona o problema em questão) cujo o *upload* deve ser feito na placa *Arduíno*. O *sketch* dirá o que a placa deve fazer.

Na literatura, encontramos nos trabalhos de PINTO; RODRIGUES, 2017, BENITE; *et al*, 2015 e ARIDE, 2015 projetos desenvolvidos com o *Arduíno* para alunos com deficiência visual.

Há muitas versões da placa *Arduíno*, entre elas o *Arduíno* Uno, nossa escolha inicial. Contudo, trocamos pela placa *Arduíno* Mega por necessitarmos de muitos pinos de entrada e saída e de mais memória.

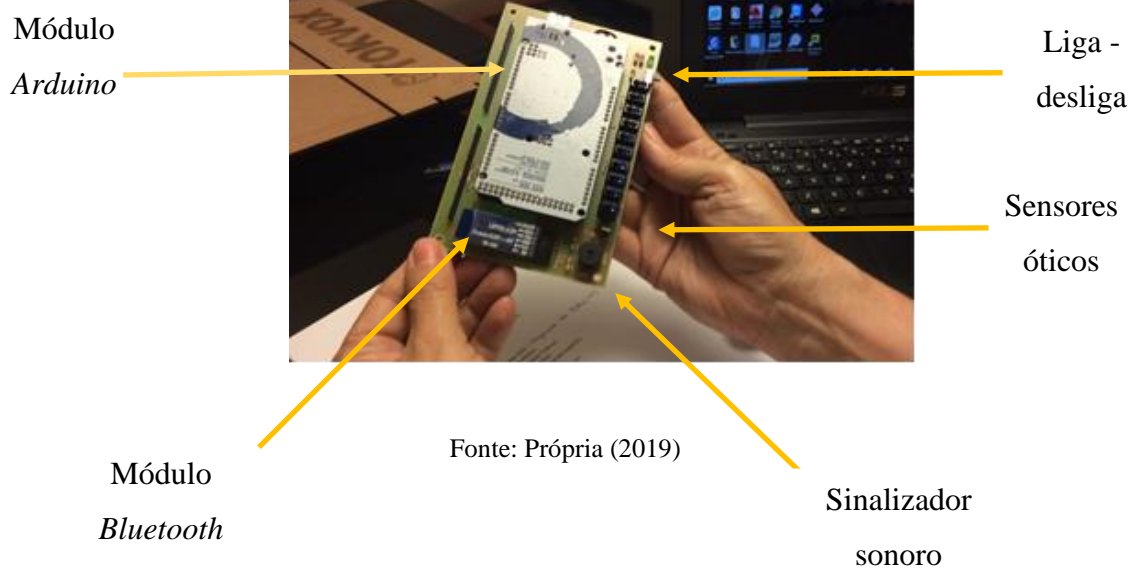
No módulo *Arduíno* Mega, foi instalado um programa específico para realizar as tarefas de leitura do teclado membrana quando pressionado, a leitura do código de barras fixado em cada página do caderno grafotátil pelo sensor ótico e o envio dos dados, via *bluetooth* para o aplicativo de celular.

O reconhecimento de livro e página ocorre através do sensor ótico, que lê um código de barras afixado em cada página do livro. A identificação da figura tátil, fica a cargo do teclado membrana que está posicionado sob o material didático e é sensibilizado ao ser pressionado.

A placa eletrônica possui um botão de acionamento liga-desliga que, ao ser ligado, emite um alarme sonoro, promovendo dessa forma acessibilidade no uso do equipamento. Após um certo tempo sem uso, o som é emitido de forma contínua para avisar que o equipamento foi esquecido ligado.

Portanto, a placa eletrônica é constituída de um módulo *Arduíno* MEGA 2560, 10 sensores óticos, 1 módulo *bluetooth*, 1 sinalizador sonoro e 1 botão liga-desliga, como mostra a Figura 29.

Figura 29 - Placa eletrônica finalizada



Após a finalização da montagem da placa eletrônica, foi feito o encaixe nas placas intermediárias em MDF finalizando o equipamento físico (Figura 30).

Figura 30- Equipamento físico finalizado



Fonte: Própria (2019)

4.2.4 Desenvolvimento do aplicativo Tokvox

O software para celular com sistema operacional *Android*, denominado também Tokvox, foi implementado na linguagem de programação App Inventor e tem a função

de receber as informações do livro, da página e da tecla por meio do *Arduino* e reproduzir o áudio correspondente.

A plataforma aberta App Inventor foi inicialmente desenvolvida pelo Google e atualmente é mantida pelo Instituto de Tecnologia de *Massachusetts* (MIT). Sendo muito utilizada para desenvolver aplicativos na área da Educação.

O MIT App Inventor é “um ambiente de programação visual e intuitiva que permite a criação de aplicativos para *smartphones* e *tablets*. É uma ferramenta baseada em blocos que facilita a criação de aplicativos complexos” (MIT APP INVENTOR, 2018).

O ícone do App Tokvox (Figura 31) é um livro com ondas sonoras partindo da parte superior e seu nome surgiu da ideia do toque no teclado membrana e o som reproduzido no celular.

Figura 31- Ícone do App Tokvox

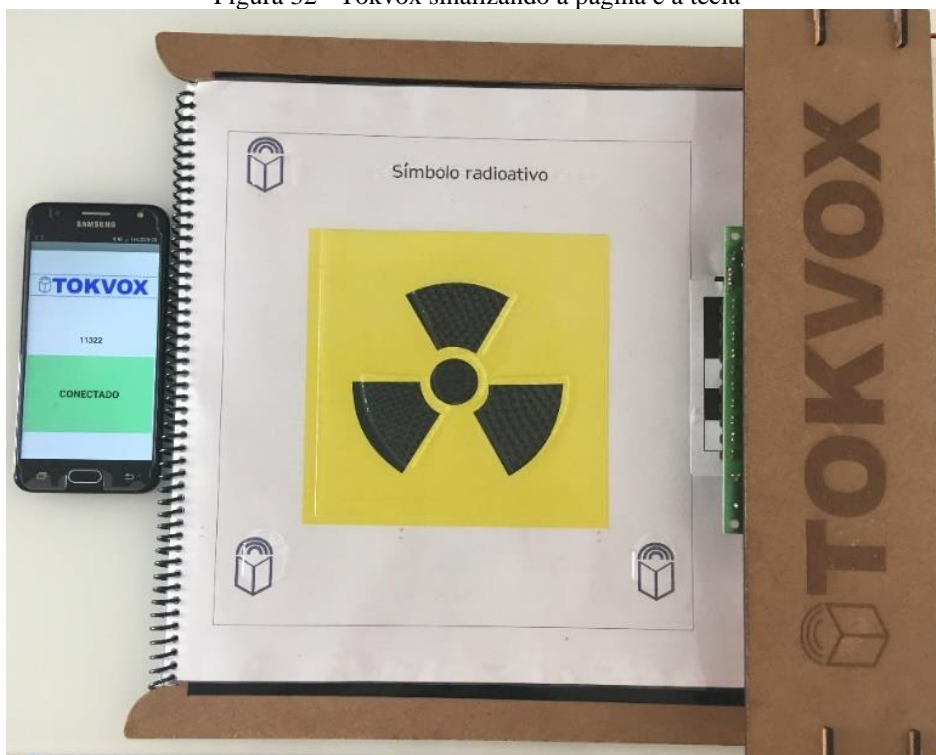


Fonte: Própria (2019)

O aparelho celular que acompanha o TOKVOX deve ter o aplicativo instalado para o professor gravar e reproduzir os áudios. O App Tokvox permite ao professor fazer as gravações correspondentes às imagens do caderno, quando estas são pressionadas. As gravações são reproduzidas em áudio quando o aluno tocar nas figuras do caderno grafotátil. Por sugestão das revisoras, adicionamos nas bordas das imagens, botões de referência para que o aluno possa acionar a tecla correspondente e o som ser reproduzido. Escolhemos como botões de referência o ícone do App Tokvok, onde serão feitas preferencialmente as gravações. Contudo nada impede que qualquer tecla seja utilizada para gravar o conteúdo correspondente às imagens selecionadas.

Quando o aluno posicionar o caderno com o código de barras embaixo do sensor óptico e pressionar a figura (pressionando indiretamente o teclado membrana), aparecerá no celular um número correspondente à página e a tecla acionada do teclado membrana. Na figura 32, a figura ao ser pressionada originou o código 11322 na tela do celular, que corresponde a página 11 do livro e a tecla de número 322.

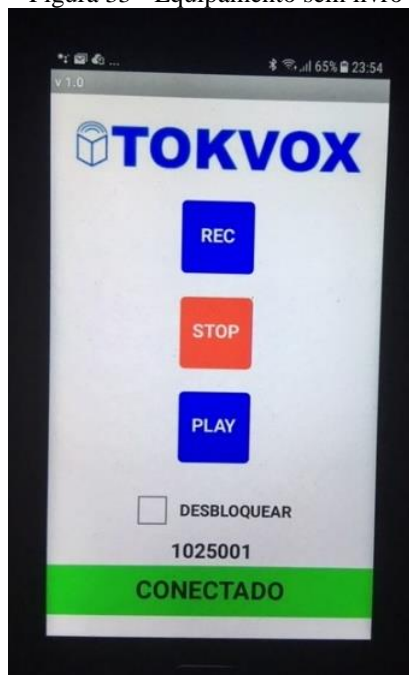
Figura 32 - Tokvox sinalizando a página e a tecla



Fonte: Própria (2019)

Quando o código de barras não está posicionado corretamente embaixo do sensor, o aluno recebe uma notificação, ou seja, ao apertar uma tecla com o livro fora do sensor, o aluno ouvirá a seguinte mensagem: “a etiqueta não está posicionada”. Observe que nesse caso aparecerá um outro número no celular que corresponde ao erro cometido (Figura 33).

Figura 33 - Equipamento sem livro

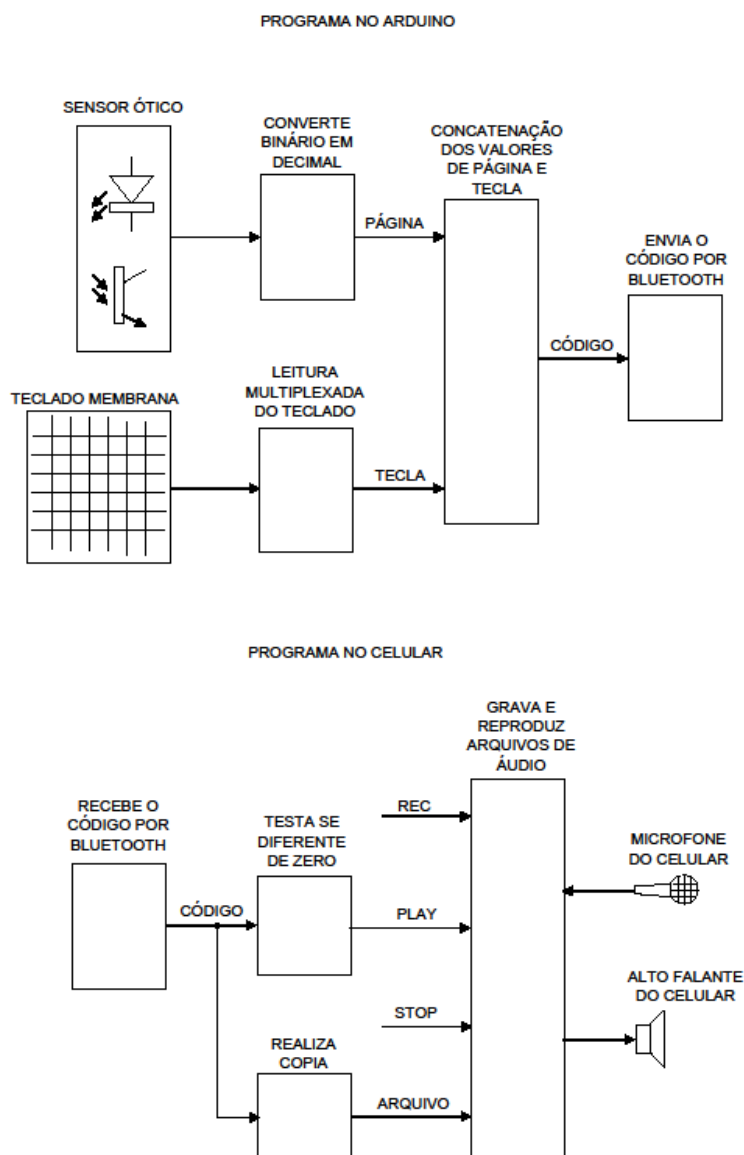


Fonte: Própria (2019)

4.2.5 Esquema do programa no *Arduino* e no celular

Ao posicionar o caderno no equipamento TOKVOX, os sensores óticos ficam posicionados sobre o código de barras, pronto para fazer a leitura. Por sua vez o teclado membrana fica posicionado sob as imagens grafotáteis que compõem o caderno. As teclas são pressionadas indiretamente quando pressionamos essas imagens.

Os sensores óticos fazem a leitura de preto e branco através da reflexão da luz na etiqueta do código de barras, resultando em um número em código binário. Dessa forma, a leitura do código de barras é realizada pelos sensores óticos, que geram um código binário que é convertido para decimal e escrito na variável PAGINA (Figura 34), este número pode ser de 0 a 1023, que corresponde a um número de 10bits. Na presente pesquisa utilizamos um código com apenas 5 bits, metade da etiqueta original, devido à limitação do sensor utilizado.

Figura 34- Programa em blocos do *Arduino* e do celular

Fonte: Dados da Pesquisa

A leitura da tecla pressionada é realizada por meio da técnica chamada de multiplexação, em que a matriz 20x20 (linhas x colunas) que forma o teclado é varrida, verificando tecla por tecla para identificar qual está pressionada (energizada) resultando na escrita na variável TECLA que pode ser um número de 1 a 400.

O próximo passo foi concatenar estes dois valores para formar a variável CODIGO. Como exemplo, temos PAGINA = 20 e TECLA=340, o CODIGO = 20340

Este CODIGO gerado é enviado via *bluetooth* para o celular e em seguida retorna para o valor zero.

No celular a variável CODIGO é recebida via *bluetooth*, copiada para a variável ARQUIVO e é testada se seu valor é diferente de zero. Caso positivo, gera um comando *PLAY* que reproduz o áudio referente ao valor da variável ARQUIVO. Este áudio, referente a figura pressionada, contém o conteúdo selecionado e gravado previamente pelo professor.

4.2.6 Operação do TOKVOX

É necessário ressaltar a importância do professor no processo de aprendizagem do equipamento TOKVOX. O professor deve estar disponível para o aluno, até que ele tenha autonomia no uso.

Ao ligar o equipamento TOKVOX na tomada e em seguida a chave liga/desliga, um bip longo será emitido para sinalizar que o equipamento está ligado e uma luz acenderá. O aluno deve encaixar o caderno e confirmar o posicionamento da etiqueta embaixo do sensor, por meio da percepção tátil.

Para fazer o pareamento via *bluetooth* do equipamento TOKVOX com o celular, deve-se clicar na página inicial do celular, no ícone Tokvox. Dessa forma se abrirá uma nova tela onde aparecerá a palavra CONECTAR na barra inferior do celular. Ao clicar em CONECTAR, o aluno será direcionado a tela que contém o código Bluetooth que possibilitará o pareamento do aparelho celular com o TOKVOX. Cada aparelho tem seu código descrito em Braille na lateral superior.

Após o pareamento do aparelho com o celular, a tela mostrará a mensagem CONECTADO. Ao pressionar a figura do material didático (pressionando indiretamente o teclado membrana), aparecerá na tela do celular o número da página e a tecla acionada e o áudio explicativo referente à figura será reproduzido.

A gravação dos áudios pelo professor deve ser feita em local silencioso, para evitar a captação de sons que interfiram na qualidade de reprodução. O professor pode gravar e regravar quantas vezes forem necessárias. Isso é possível a partir da função DESBLOQUEAR, que não está acessível ao aluno para evitar alteração nos áudios. Os áudios ficam armazenados no celular na pasta MEUS ARQUIVOS. O número de áudios depende da memória disponível e do tempo de gravação. Por exemplo, na

presente pesquisa foram gravados 514 arquivos de áudio ocupando um espaço de memória de 19,24MB.

4.2.7 Etapas para gravação de áudios pelo professor

Antes de iniciar a gravação o professor deve ter instalado o aplicativo de gravação nomeado Tokvox no celular e seguir a seguinte sequência de gravação:

- a) ligar o equipamento TOKVOX;
- b) clicar no ícone do App Tokvox;
- c) clicar em CONECTAR (Figura 35);

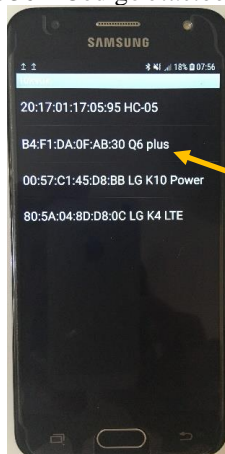
Figura 35 – Tela conexão com *bluetooth*



Fonte: Própria (2019)

- d) clicar no código do *bluetooth* correspondente - **HC-05** (Figura 36). Cada aparelho físico deve ter seu código escrito em Braille na lateral superior;

Figura 36 – Código *bluetooth*



Código do
bluetooth

- e) clicar na linha acima da palavra TOKVOX, aparecerá a tela para gravação (Figura 37) ;

Figura 37 - Tela de gravação



Fonte: Própria (2019)

- f) clicar em DESBLOQUEAR;
- g) pressionar preferencialmente nos ícones do Tokvox do material didático (pressionando indiretamente o teclado membrana) ou em qualquer tecla;
- h) clicar em REC;
- i) gravar áudio relacionado à figura pressionada;
- j) clicar em STOP;
- k) clicar em PLAY para ouvir o áudio gravado;
- l) repetir o procedimento quantas vezes achar necessário;
- m) para sair basta clicar na linha fina abaixo da palavra TOKVOX, neste caso, irá automaticamente para a tela correspondente ao aluno ou se desejar clicar na função retornar do celular.

4.2.8 Textos para os áudios

Os textos utilizados foram produzidos pela pesquisadora, são reduzidos para que os áudios apresentem curta duração e não sobrecarreguem a memória do celular.

Texto 1: Poder de Penetração

As três principais emissões radioativas, alfa, beta e gama apresentam diferentes poderes de penetração na matéria. A partícula alfa tem pouco poder de penetração, a partícula beta é mais penetrante que alfa, enquanto a radiação gama apresenta um poder de penetração tão grande que consegue atravessar alguns centímetros de chumbo.

Texto 2: Ação do campo elétrico sobre as radiações

Sabendo que cargas de sinais opostos se atraem, podemos observar que a partícula alfa quando submetida a um campo elétrico é desviada para o polo negativo, portanto apresenta carga elétrica positiva. Observe que a partícula beta é atraída pela placa positiva, sendo assim apresenta carga negativa. Os raios gama não sofrem desvio, portanto não apresentam carga elétrica.

Texto 3: Experimento da lâmina de ouro

Neste experimento Rutherford bombardeou uma finíssima lâmina de ouro com o polônio, material radioativo que emite partículas alfa, que apresenta carga positiva. A maior parte das partículas alfa passa direto pela lâmina de ouro, sem sofrer desvios, evidenciando espaços vazios. Uma pequena parte sofre desvios, evidenciando a presença de carga positiva. Por fim, uma pequena parte colide com uma região maciça e volta. Este experimento evidencia para Rutherford que o átomo não é maciço.

Texto 4: Modelo atômico de Rutherford

A partir do experimento com a fina lâmina de ouro, Rutherford propõe que o átomo apresenta duas regiões: um núcleo muito pequeno que concentra toda a massa do átomo onde se localizam os prótons e uma região muito grande e oca denominada eletrosfera, ocupada por elétrons.

Texto 5: Fissão Nuclear

A fissão nuclear é a divisão de um núcleo pesado formando dois núcleos menores liberando grande quantidade de energia e nêutrons. Esses nêutrons são utilizados para atingir outros núcleos e assim sucessivamente, ocorrendo o que denominamos reação em cadeia.

Texto 6: Símbolo Radioativo

Sinaliza a presença de material radioativo.

Texto 7: Reator nuclear

Um reator nuclear é construído para gerar energia elétrica. Dentro do reator existem os materiais que absorvem os nêutrons e controlam a reação em cadeia e em pequena quantidade o combustível denominado urânio enriquecido.

A temperatura do reator é muito elevada por isso a água líquida utilizada para o seu resfriamento transforma-se em vapor. Esse vapor impulsiona as turbinas responsáveis por gerar a energia elétrica que é distribuída pelas linhas de transmissão. Esse vapor é resfriado a partir da troca de calor com um condensador. A água fria presente neste condensador é devolvida ao meio ambiente em temperaturas altas, afetando o equilíbrio ambiental.

4.2.9 Revisão do material e suas considerações

Seguindo as NTPTB (2018), testamos o caderno de imagens, o equipamento de áudio e a junção dos dois com duas revisoras. A primeira revisão é aquela em que o revisor fará as considerações necessárias para a alteração das matrizes ou sua aprovação. Feitas as modificações sugeridas, faz-se uma nova revisão com outro profissional. A seguir, são apresentadas as observações feitas a partir das imagens texturizadas com a primeira revisora cega aqui denominada de (R1). Antes de iniciar a revisão, fizemos uma entrevista semiestruturada com um roteiro (Apêndice 1) voltado para conhecer um pouco sobre sua vida, pois a percepção tátil está relacionada a experiência de cada indivíduo e o tipo de cegueira.

Neste pequeno roteiro, estavam listadas perguntas sobre a escolaridade, a profissão, tempo de profissão, idade que teve a visão comprometida e as causas. Perguntamos também sobre os recursos de TA que utiliza no dia a dia e como foi sua experiência com o ensino de Química.

A revisora R1, até os 14 anos, tinha um resíduo de visão em torno de 25%. Após essa idade passou a ter somente uma percepção de luz. Atualmente não apresenta mais essa percepção. Estudou dos cinco anos até o término do Ensino Fundamental II no IBC. Possui E.M. completo, realizado entre os anos de 1987-1989 em escola regular de formação de professores. Atualmente, trabalha como Oficial de Revisão Braille,

profissão que exerce há nove anos, e tem contato diário com materiais em relevo. Ao ser questionada sobre que recurso de TA mais utiliza, respondeu com a seguinte afirmação:

“A TA são os recursos que a gente dispõe no dia a dia, são materiais que nos permitem autonomia. A bengala me auxilia pra andar nas ruas e no ir e vir do trabalho, o celular, ele também tem um programa de voz e o punção e a reglete”.

Ao falar sobre sua participação nas aulas de Química durante o E.M., respondeu:

“Nós tínhamos mais a teoria né..., porque naquela época não tinha material grafotátil, por isso era mais a explicação da professora, um colega que fazia alguma coisa pra gente, mais nada significativo como agora”.

Que meios você utilizava para estudar os conteúdos?

“Nós só tínhamos o livro em tinta e aí nós gravávamos, em fita cassete, o que ia cair na prova. Gravava e estudava, alguma coisa que tivesse figura ou a professora explicava ou algum colega fazia pra gente, eles pegavam na nossa mão e contornavam alguma figura pra gente ter uma noção”.

Foi então perguntado como você percebia a figura?

“Era um pouco vaga, dava pra perceber alguma coisa e estudar, tinham umas colegas com mais disponibilidade e aí faziam com barbante ou arame”.

Você revisa, diariamente, esses materiais, quais são os benefícios do material grafotátil?

“Os benefícios são muitos, porque a gente passa a ter noção da forma desses materiais. Por exemplo o átomo, os mapas, a gente passa a ter noção da forma dos países, dos estados, do tamanho e assim dá pra gente ter noção”.

Após a entrevista, iniciou-se a revisão e foram apresentadas as imagens texturizadas. Inicialmente, as imagens foram exploradas tatilmente, para serem avaliadas em relação ao Sistema Braille e ao tamanho. Em todas as imagens o Braille estava correto e bem perceptível. O tamanho foi considerado ideal, de acordo com a revisora R1 é o tamanho adequado para o cego perceber a figura.

Como ressalta a revisora R1, *“se o tamanho for pequenininho, não dá pra diferenciar, pra gente perceber a forma correta. E se for muito grande, a figura fica muito extensa é até difícil de entender”.*

Ao ser apresentada a matriz texturizada, Ação do campo elétrico, R1 avaliou positivamente, com ressalvas em relação ao sinal das cargas positiva e negativa que poderiam estar em Braille (Apêndice 3), contudo foi argumentado que os sinais ficariam

soltos e seria necessário colocar os pontos da cela cheia (123456) em Braille para sinalizar as cargas e não haveria espaço.

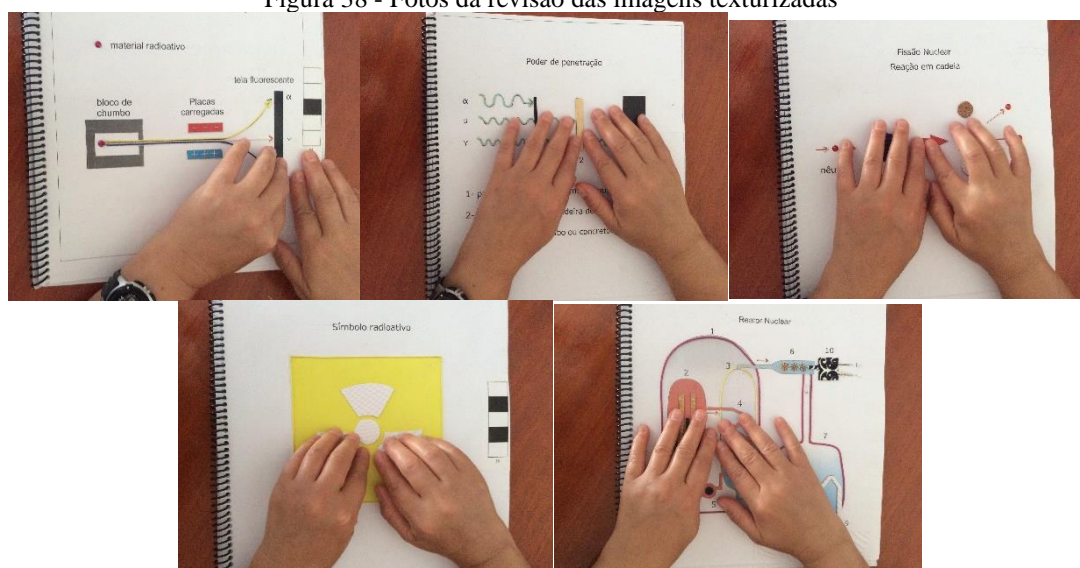
A segunda matriz texturizada apresentada, Poder de Penetração, foi aprovada com a observação sobre a legenda (Apêndice 4), segundo a revisora o ideal seria que estivesse antes da figura, para que o aluno ao fazer a leitura tátil da imagem já soubesse o que seria cada anteparo.

A terceira matriz texturizada revisada foi a da Fissão nuclear. Percebeu-se a dificuldade da revisora para entender como iniciar a revisão. Ao ser perguntada, ela sinalizou que a imagem não dava autonomia como as anteriores, que seria preciso uma explicação (Apêndice 5). Após a explicação, houve o entendimento da imagem.

A matriz de símbolo radioativo, quando revisada, gerou uma fala interessante sobre a curiosidade que ela tinha de conhecer os símbolos de segurança do laboratório *“Os símbolos de segurança do laboratório, eu gostei muito, eles são importantes e eu não tinha noção de como era a forma deles, pra mim foi muito importante saber como ele é constituído”*.

A revisão da matriz do reator nuclear foi a mais longa, sendo cada trecho explicado teórica e separadamente. Contudo após a explicação a revisora compreendeu o esquema e sinalizou sua dificuldade por não ter noção de como seria um reator nuclear (Apêndice 7), verificou-se a necessidade de legenda. Na figura 38 apresentamos a revisão das imagens texturizadas

Figura 38 - Fotos da revisão das imagens texturizadas



Fonte: Própria (2019)

A segunda revisão foi feita por uma profissional que denominaremos R2. Utilizamos os mesmos questionamentos iniciais. R2 exerce a profissão de Oficial de Revisão Braille faz três anos, e tem pouco contato com material em relevo, fazendo mais revisões de textos em Braille. Apresenta cegueira congênita causada por Citomegalovirose e apresenta pouquíssima percepção de luz. Possui nível superior completo em Psicologia com Pós-graduação em Educação Inclusiva. Estudou no IBC até os nove anos e depois foi para a escola regular com a sala de recursos. Durante o Ensino Fundamental, precisou mudar três vezes de escola para se adaptar. Coursou o Ensino Médio em escola particular, ano de conclusão 2010.

Ao ser questionada sobre o recurso de TA mais utilizado, respondeu com a seguinte afirmação: *“TA é quando usamos ferramentas que nos proporcionam autonomia, independência”*.

Ao falar sobre sua participação nas aulas de Química durante o E.M., respondeu:

“Minha professora tomou uma surra muito grande para me ensinar Química. Assim . . . ela não tinha o material. As Instituições não fornecem material para o aluno que está fora da rede pública. Até a oitava série (atualmente nono ano), no ensino público, eu tinha... depois... eu não tinha o que oferecer para ela (a professora), mas ela foi muito legal, ela pegava os materiais, tentava adaptar, mas assim ... ficou sempre uma coisa muito teórica, mas teoria que prática”.

Foi, então, perguntada que meios utilizava para estudar os conteúdos:

“Era tudo no computador, as apostilas eram em forma de CD”.

Quem cedia o CD?

“A escola cedia com o conteúdo”.

Questionada como estudava quando apareciam gráficos, esquemas e figuras, respondeu:

“Bem ela (a professora) tirava um tempo antes da aula, sentava comigo e explicava naquele momento, o que ela ia explicar para a turma e aí ela tentava com as matérias que ela ia usar. Eu falei pra ela que podia usar tudo: arroz, feijão, tecido, todas as texturas. Dessa forma, ela foi montando e ensinando do jeito que dava.”

Quais são os benefícios do material grafotátil?

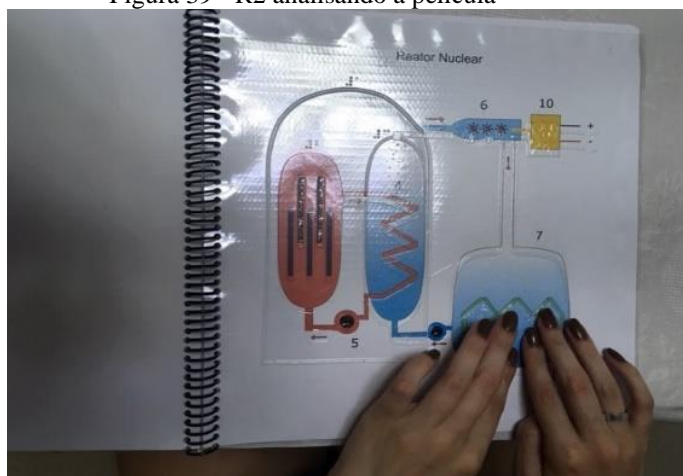
“Meus colegas (do IBC) que tiveram contato, por muito tempo, com esse material tem uma noção muito maior de Química e Matemática que eu. Eles conseguem entender muito melhor, pelo hábito, por usar”.

“O nosso lúdico, a nossa imaginação é muito forte, tudo que a gente não vê, não existe . . . é como se não existisse, de verdade, é isso. Trazer à tona desenhos, gráficos estimula. Por exemplo, o símbolo radioativo, eu não imaginava, você vê isso quando um filho que enxerga pergunta sobre as placas na rua e aí a gente não sabe responder”.

Após a entrevista, iniciou-se a revisão das imagens texturizadas. Primeiramente, as imagens foram exploradas, tatilmente, para serem avaliadas em relação ao Sistema Braille e ao tamanho.

A revisora R2 avaliou as imagens com tamanho condizente com a folha, ressaltando que o desenho deveria ter o tamanho das mãos. Os textos estavam de acordo com o Sistema Braille e as texturas bem diferenciadas, exceto na figura Reator Nuclear, o condensador do reator 2, em película de PVC, ficou parecido com textura da água desse reator (Figura 39). Dessa forma, a texturização foi refeita e aprovada por ambas as revisoras.

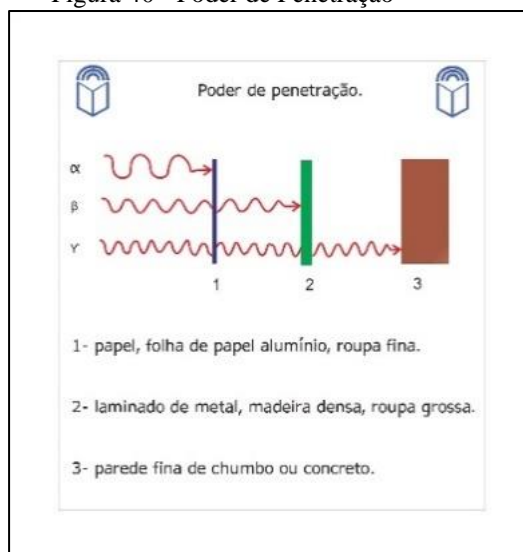
Figura 39 - R2 analisando a película



Fonte: Própria (2019)

Em relação às legendas, R2 sinalizou da mesma forma que R1 que na figura intitulada Poder de Penetração (Figura 40), para a revisora a legenda deveria vir primeiro e depois a imagem. Ao ser questionada se havia realmente necessidade dessa inversão, R2 respondeu que é importante para o aluno cego que ele leia antes a legenda, para saber do que se trata. Contudo, resolvemos testar com os alunos sem fazer a inversão para analisarmos a importância dessa observação.

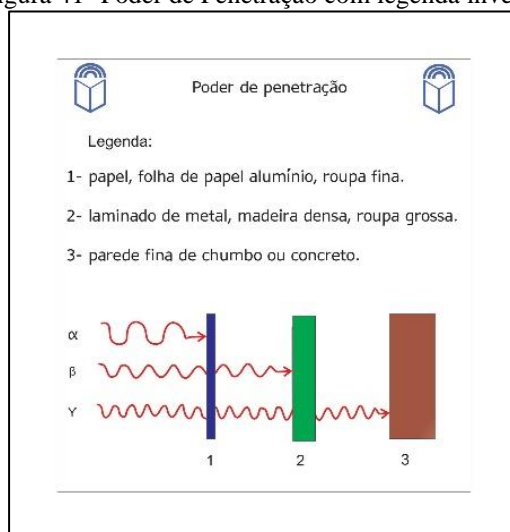
Figura 40 - Poder de Penetração



Fonte: Própria (2019)

Conforme orientação das revisoras a imagem foi refeita (Figura 41).

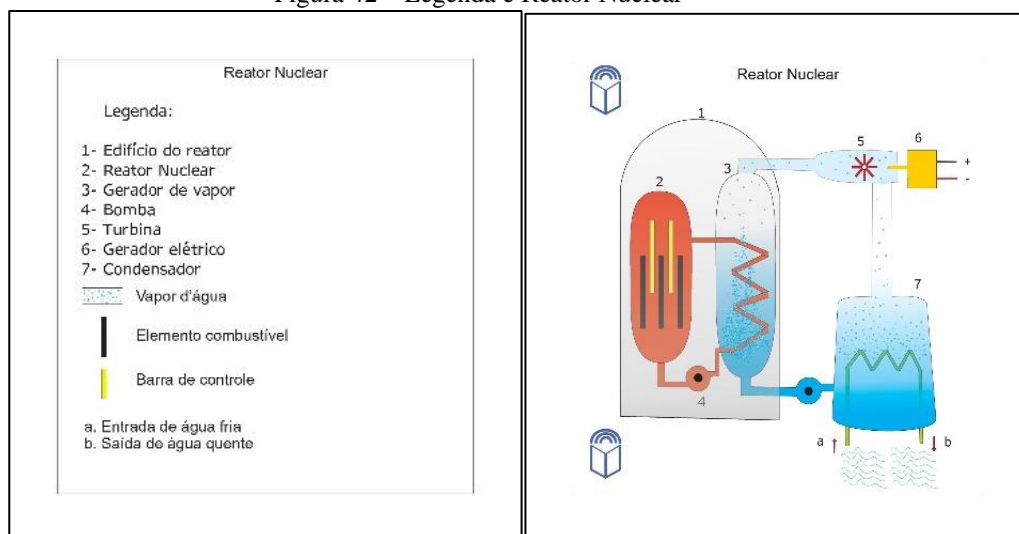
Figura 41- Poder de Penetração com legenda invertida



Fonte: Própria (2019)

Em relação à figura do Reator nuclear, R2 observou que por ser uma figura complexa havia necessidade de legendas e questionou se os números assinalados na imagem correspondiam ao da legenda. Observamos que R2 tem pouca experiência em revisar material grafotátil, dessa forma foi explicado a revisora que quando a imagem é complexa ou não cabe no desenho devemos fazer a legenda numa folha separada. (Figura 42) e que optamos por utilizar a numeração para identificar as partes do reator.

Figura 42 – Legenda e Reator Nuclear



Fonte: Própria (2019)

Após a avaliação e aprovação das imagens texturizadas, apresentamos o equipamento. Inicialmente, R2 explorou tatilmente, e em seguida explicou-se o funcionamento e a utilização do equipamento.

4.2.10 Avaliação das revisoras sobre o manuseio do Produto Educacional

Após as revisoras testarem o equipamento (Figura 43), foram feitas perguntas e transcritas (Apêndice 8). As perguntas foram estruturadas em um roteiro previamente definido.

Figura 43 - R2 testando o produto educacional



Fonte: Própria (2019)

Depois da utilização do equipamento, reviram a questão das legendas e divergiram sobre a audiodescrição das imagens (Apêndice 8). Ambas concordaram com

a utilização de pontos de acionamento para a tecla que possui a gravação, para que o aluno, não tenha de ficar apertando aleatoriamente.

A revisora R2 questionou se o equipamento poderia funcionar com uma bateria e sugeriu que o equipamento fosse usado em salas de recursos, sinalizando que geralmente é um pedagogo que atende na sala de recurso e não significa que ele saiba a matéria, ele auxilia o aluno a partir do que o professor explica em sala.

A partir das considerações e sugestões das revisoras, foram adicionados em cada extremidade da imagem tátil, ícones do Tokvox, para facilitar a localização dos áudios, foram feitas também alterações na imagem do reator e a produção da legenda antes da imagem do Poder de Penetração.

4.3 Metodologia de Validação e Aplicação do Produto

O produto educacional foi desenvolvido para colaborar com o ensino e aprendizagem de química a partir de imagens grafotáteis para alunos cegos. A validação do produto educacional se deu em três etapas:

1ª etapa - Avaliação dos participantes quanto ao uso de recursos tecnológicos, de materiais grafotáteis e sua atitude em relação às aulas de química;

2ª etapa - Apresentação do caderno de imagens grafotáteis de radioatividade sem o TOKVOX;

3ª etapa - Avaliação do TOKVOX (equipamento de áudio com o caderno de imagens grafotáteis e aplicativo).

Apresentamos nesta seção o desenvolvimento da pesquisa, os procedimentos utilizados na coleta e análise de dados. A abordagem metodológica utilizada em nossa pesquisa foi o estudo de caso de abordagem qualitativa. Os dados foram coletados a partir de entrevistas individuais semiestruturadas gravadas em áudio, posteriormente transcritas, e para análise de dados escolhemos a Análise de Conteúdo apoiada nas autoras Bardin (2016) e Franco (2018).

4.3.1 Metodologia de Validação

Segundo Gil (2016), a presente pesquisa é qualitativa na medida em que é realizada em ambiente natural, a escola, com um número reduzido de alunos. Apresenta as seguintes características, de acordo com Silveira e Córdova:

Objetivação do fenômeno; hierarquização das ações de descrever, compreender, explicar, precisão das relações entre o global e o local em determinado fenômeno; observância das diferenças entre o mundo social e o mundo natural; respeito ao caráter interativo entre os objetivos buscados pelos investigadores, suas orientações teóricas e seus dados empíricos; busca de resultados os mais fidedignos possíveis; oposição ao pressuposto que defende um modelo único da pesquisa para todas as ciências (SILVEIRA; CÓRDOVA, 2009, p.32).

Como delineamento da pesquisa, apresentamos o estudo de caso, com a finalidade de direcionar a coleta e análise de dados, pois de acordo com Yin (2015), essa metodologia é uma investigação empírica, um método que abrange tudo: planejamento, técnicas de coleta de dados e a análise deles. O autor define o estudo de caso como

Uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo (o caso) em profundidade e em seu contexto de mundo real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto puderem não ser claramente evidentes (YIN, 2015, p.17).

Destaca-se, ainda, que a metodologia do estudo de caso pode ser adotada quando:

[...] as principais questões da pesquisa são ‘como?’ ou ‘por quê?’; um pesquisador tem pouco ou nenhum controle sobre eventos comportamentais; e o foco do interesse for um fenômeno contemporâneo, que esteja ocorrendo numa situação real (YIN, 2015, p.2).

O autor afirma que essa metodologia também se aplica quando a pesquisa contribui para o entendimento do uso de uma nova tecnologia e de qualquer problema encontrado (YIN, 2015, p. 119).

Inicialmente, foi realizada a revisão da literatura pois de acordo com Gil (2016, p. 121), “a consulta a fontes documentais é imprescindível em qualquer estudo de caso”. As principais fontes documentais consultadas na pesquisa foram artigos científicos, dissertações e teses publicadas em âmbito nacional, assim como livros editados, constantes no Banco de Periódicos e de Dissertações da CAPES e no Google Acadêmico.

Para Yin (2015), a investigação de um estudo de caso se baseia no trabalho de campo, estudando uma pessoa, um programa ou uma instituição na sua realidade,

utilizando para isso: entrevistas, observações, documentos oficiais e questionários. Para o autor a fonte mais importante de informação para o estudo de caso é a entrevista (YIN, 2015, p. 114).

Desta forma, optou-se pela entrevista semiestruturada, que inclui uma lista de questões pensadas e preparadas, antecipadamente, utilizadas como roteiros, visando à elaboração de temas que possam surgir no caminho e por permitirem maior segurança ao pesquisador (GIL, 2016). A finalidade da entrevista foi coletar informações e opiniões a respeito do produto educacional desenvolvido. Para aumentar a confiabilidade da pesquisa, as entrevistas foram gravadas. Yin (2015, p. 114) afirma que: “o áudio registrado certamente fornece uma interpretação mais precisa de qualquer entrevista”, assim como as fotografias ajudam a transmitir importantes características do caso (YIN, 2015, p.13), ressaltando que foram feitos previamente pedidos de permissão aos participantes da pesquisa para todo o processo.

Segundo Yin (2015), o protocolo é um conjunto de perguntas que possibilitam analisar a questão central da pesquisa e serviram de um roteiro para a coleta de dados.

- 1 - Quais os benefícios da utilização dos materiais grafotáteis de forma geral?
- 2 - De que forma o caderno de imagens grafotáteis contribuiu para o entendimento do conteúdo de química apresentado?
- 3 - O que você acha da inserção do celular, para utilização do áudio, no produto educacional apresentado?
- 4 - O Produto Educacional auxilia na compreensão dos conteúdos abordados?
- 5 - O Produto Educacional proporciona autonomia a ponto de o professor ser dispensado? Por quê?

Procurando obter informações importantes para a validação do produto educacional foram elaborados roteiros (Apêndice 2) para a realização das entrevistas semiestruturadas em cada etapa da pesquisa.

4.3.2 Contexto da Pesquisa

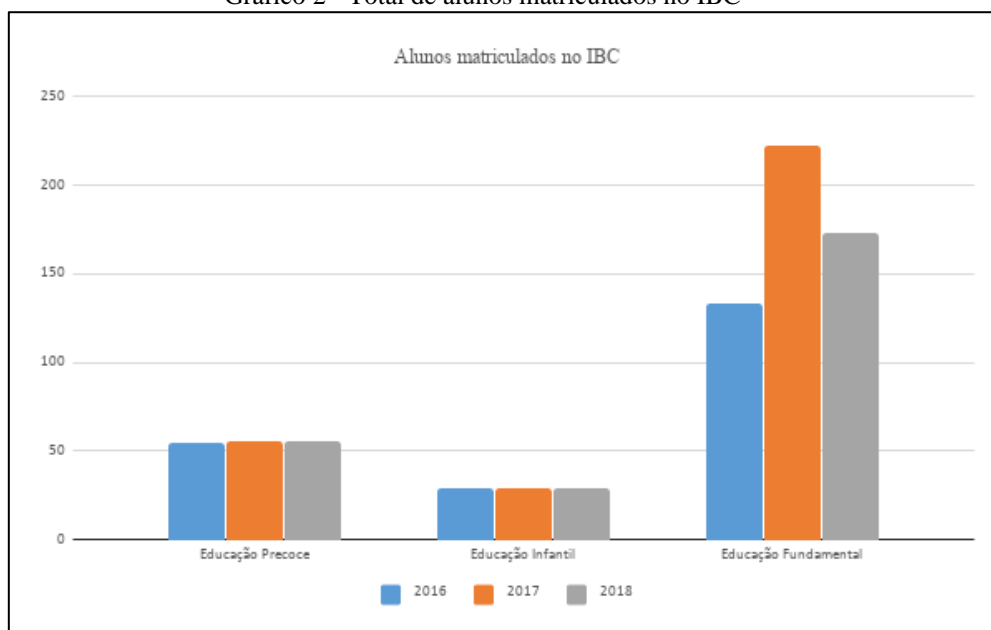
O Instituto Benjamin Constant (IBC), Centro de Referência Nacional na Área da Deficiência Visual, é ligado diretamente ao Gabinete do Ministro de Estado da Educação e apresenta como uma de suas competências, de acordo com o artigo 1º de seu Regimento interno, “ofertar Educação Precoce, Ensino Pré-escolar, Ensino

Fundamental (EF) e Educação Profissional Técnica de Nível Médio, nas formas articulada e subsequente, para às pessoas com deficiência visual”.

O IBC está localizado na zona Sul do Rio de Janeiro, no bairro da Urca e funciona em regime de externato. Contudo, dependendo da situação socioeconômica e do local de residência, o aluno do EF II pode optar pelo regime de semi-internato. No entanto, ainda não é oferecido ao aluno matriculado na Educação Profissional Técnica de Nível Médio o regime de semi-internato.

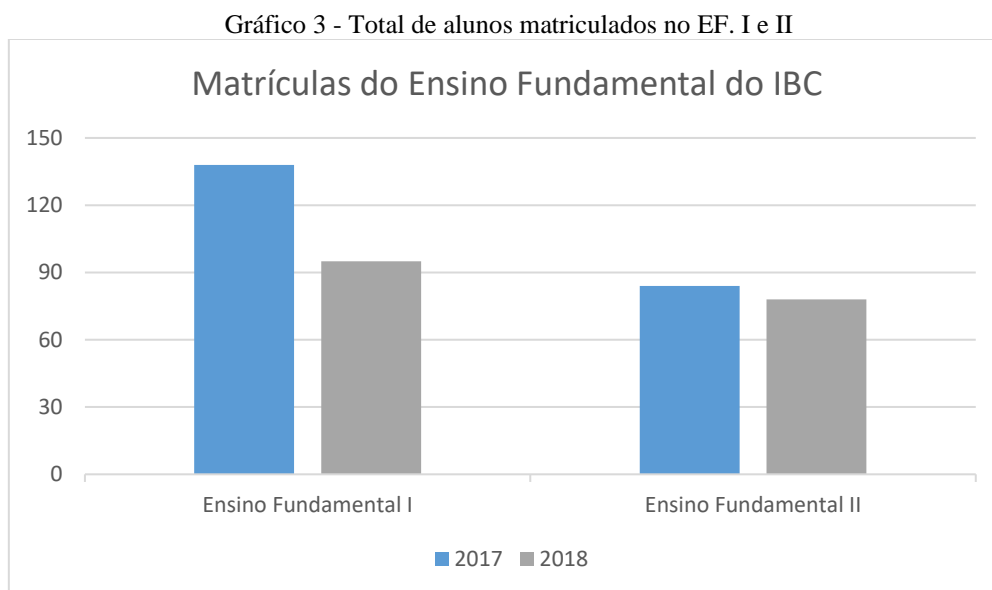
O número de crianças e adolescente atendidos no período de 2016 à 2018 no Departamento de Educação (DED) que “engloba as áreas de atendimento e escolarização, respondendo pelo processo ensino-aprendizagem dos alunos cegos e de baixa visão” (IBC, 2019), é significativamente maior no EF.

Gráfico 2 - Total de alunos matriculados no IBC



Fonte: www.ibc.gov.br/o-IBC

A partir do gráfico 3 podemos comparar o número de alunos matriculado no EF I e EF II separadamente nos anos de 2017 e 2018, conforme dados fornecidos pelo *site* oficial da instituição.



Fonte: www.ibc.gov.br/o-IBC

Comparando os dois quadros, observamos que apesar o número de alunos matriculados do EF ser maior que nos outros segmentos, o EFI sofreu uma redução considerável, este evento pode ser explicado pela dificuldade de acesso ao bairro e abertura de vagas em escolas regulares, próximo as suas residências.

A Educação Profissional Técnica de Nível Médio foi implementada neste ano - 2019 -, portanto ainda não temos dados oficiais relativos ao número de alunos cursando esta modalidade.

O ensino da química no EFII do IBC, tem como proposta proporcionar um primeiro contato com estudo das transformações da matéria e da energia, a compreensão dos fenômenos macroscópicos no nível microscópico e como são encaminhadas a exploração dos recursos naturais. Dessa forma, é desenvolvido um trabalho que aponte para o entendimento dos fenômenos com explicações que contribuam para a construção do conhecimento no decorrer dos seus estudos.

A Química e a Física são disciplinas ministradas nas escolas regulares no 9º ano do EFII. No IBC, durante o período de 2010 à 2018, essas disciplinas foram inseridas de forma diferenciada das escolas regulares. Devido a carência de professores licenciados em Ciências no quadro do IBC e a partir da implantação do Projeto Político Pedagógico de 2010 da Instituição, as disciplinas de Química e de Física passaram a ser ministradas em séries diferentes do EFII. A Química no 8º ano enquanto a Física no 9º ano, ambas com três tempos semanais. A quantidade de tempos foi sugerida pela equipe de Ciências devido a quantidade de conteúdo proposto.

Em 2014, essas disciplinas passaram a ser ministradas pelos professores concursados e licenciados em Química e Física. A mesma disposição de tempos e anos permaneceu até 2017.

No final 2017, iniciou-se uma adequação do currículo para Base Nacional Comum Curricular (BNCC), para isso foi feita uma modificação na grade curricular e de tempos em Ciências. Desta forma, em 2018 os alunos do 8º ano tiveram 3 tempos de Química e 1 de Física, enquanto os alunos do 9º ano permaneceram com 3 tempos de Física. No ano seguinte a nova turma de 9º ano teria 3 tempos de Física e 1 tempo de Química, totalizando 4 tempos para cada disciplina ao final do EFII.

Contudo, em 2019, uma nova modificação foi feita, os alunos passaram a ter 2 tempos em cada disciplina no 9ºano. Portanto, os alunos matriculados no 9º ano de 2019, totalizam 5 tempos de Química e 3 tempos de Física.

Com a implementação da BNCC em todos os anos do EFII, o conteúdo de Química será diluído em anos de escolaridade diferentes. Desta forma, será possível selecionar o conteúdo de Química na perspectiva de desenvolver o que realmente é importante e necessário para que o aluno com deficiência visual prossiga seus estudos. Contudo é preciso retirar do 9ºano, tanto para alunos cegos como para videntes, a obrigatoriedade de estar atrelado ao Ensino Médio, evitando assim um excesso de conteúdos neste ano de escolaridade.

4.3.3 Participantes da Pesquisa

De acordo com Duarte (2002), numa metodologia de base qualitativa o número de sujeitos dificilmente pode ser determinado *a priori*, tudo depende da qualidade das informações obtidas. Ainda de acordo com a autora, a descrição e delimitação dos participantes que serão entrevistados, assim como o seu grau de representatividade no grupo social em estudo é primordial para a pesquisa (p.141, 2002). Neste viés, nossa pesquisa foi direcionada exclusivamente para alunos com cegueira adquirida e cegueira congênita do 9º ano do EF II, pois o trabalho com alunos de BV é complexo devido à variedade e diferentes intensidades de comprometimentos visuais.

O IBC apresenta atualmente 7 alunos cegos matriculados nas turmas 901 e 902. Apesar de todos os alunos terem se oferecido para participar da pesquisa dois desistiram, um por não conciliar as atividades no contraturno e o outro por estar

frequentando o programa Jovem Aprendiz. Por esse motivo, a pesquisa contou com a colaboração de cinco alunos cegos do 9º ano do EF II com faixa etária compreendida entre 15 e 19 anos. Sendo quatro alunos com cegueira congênita e um aluno cegueira adquirida. Os alunos foram identificados na pesquisa como A1, A2, A3, A4 e A5.

Os alunos selecionados participaram de uma reunião para conhecer o objetivo da pesquisa e como seriam realizados nossos encontros. Nesta reunião foi feita a leitura e entrega do TCLE dos responsáveis (Anexo 1) e alunos (Anexo 2), o Termo de Assentimento e o Termo de Autorização de Imagens (Anexo 3), deixando claro que os encontros seriam individuais, gravados em áudio e fotografados. Foi ressaltado que eles seriam voluntários, podendo a qualquer momento parar ou desistir. Os encontros foram agendados de acordo com a disponibilidade de cada participante, na própria escola, sem prejuízo aos estudos dos alunos.

4.3.4 Coleta de Dados

A coleta de dados foi realizada durante os encontros individuais nos quais as atividades foram desenvolvidas. Optamos pela entrevista semiestruturada que possibilita ao pesquisador a utilização de um roteiro previamente definido (Apêndice 2). A opção por encontros e entrevistas individuais foi realizada com a finalidade de explorar em detalhes as observações de cada participante e evitar que o aluno ficasse constrangido ou hesitante perante o grupo (BAUER; GASKEL, 2015, p. 74). Dessa forma, as entrevistas foram realizadas com os cinco alunos individualmente com gravações em áudio e dividida em três partes. Os encontros e as entrevistas foram realizados na própria escola, no contraturno, sem prejuízo aos estudos dos alunos.

A primeira parte da entrevista foi realizada antes de iniciarmos as atividades, seu objetivo foi levantar dados relativos à idade, características da deficiência visual e sobre a sua experiência na utilização de recursos pedagógicos associados à sua aprendizagem. Permitindo que o aluno possa falar livremente é possível estabelecer uma relação de confiança e segurança (BAUER, GASKEL, 2015, p. 74).

Essa entrevista inicial foi realizada na 1ª etapa de validação do produto educacional, antes de apresentarmos o produto educacional e a partir do seguinte roteiro:

1. Qual a sua idade?
2. Qual o seu comprometimento visual?

3. Com que idade sua visão ficou comprometida?
4. Você usa recursos tecnológicos para estudar?
5. Quais são os recursos tecnológicos que você utiliza para estudar?
6. Como você participa das aulas de Química?
7. Que meios você utiliza para estudar os conteúdos ensinados durante as aulas de Química em que são utilizados esquemas, gráficos e imagens?
8. Você já utilizou materiais grafotáteis em seus estudos? Em que matérias?

A segunda parte da entrevista foi realizada com o objetivo de coletar dados sobre a avaliação do caderno de imagens grafotáteis. Os alunos avaliaram as informações táteis, a clareza e objetividade da imagem, sobre o entendimento do aluno em relação à colaboração das imagens no processo de aprendizagem do conhecimento químico. Essa entrevista foi realizada 2ª etapa de validação ao final do terceiro encontro, seguindo o roteiro apresentado a seguir.

1. As texturas apresentadas no caderno de imagens estão bem diferenciadas?
2. O tamanho dos esquemas/ ilustrações apresentados no caderno de imagens estão adequados?
3. Há necessidade de legenda?
4. As imagens são fáceis ou difíceis de entender?
5. Você gostaria de descrever alguma imagem apresentada?
6. De que forma o caderno de imagens grafotáteis contribuiu para o entendimento do conteúdo de química apresentado?

A terceira e última parte da entrevista ocorreu na 3ª etapa de validação e sua finalidade foi coletar dados sobre a avaliação do produto educacional completo. Procurando levantar dados sobre as características físicas, o uso do equipamento de áudio, bem como a colaboração do produto educacional no aprendizado do conteúdo apresentado a partir do seguinte roteiro.

1. O tamanho do equipamento eletrônico e computacional está adequado?
2. Como você avalia o peso e o transporte do produto educacional?
3. E o manuseio?
4. Você já utilizou algum recurso semelhante ao equipamento?

5. Com o equipamento há necessidade de descrever as ilustrações ou usar legendas? Por quê?
6. O que você acha da inserção do celular, para utilização do áudio, no produto educacional apresentado?
7. O Produto Educacional auxilia na compreensão dos conteúdos abordados?
8. O Produto Educacional proporciona autonomia a ponto de o professor ser dispensado? Por quê?

4.3.5 Aplicação do Produto Educacional

Com a finalidade de aplicação do produto foram realizados seis encontros individuais para aplicar as atividades propostas, incluindo as entrevistas semiestruturadas. O primeiro encontro serviu para fazer uma avaliação dos participantes quanto ao uso de recursos tecnológicos, de materiais grafotáteis e sua atitude em relação as aulas de química. No segundo e terceiro encontros apresentamos o caderno de imagens grafotáteis. Nesta etapa foram organizadas três atividades com o objetivo de avaliar a partir das percepções dos participantes, as informações táteis, o tamanho das imagens, a clareza e objetividade da imagem. Antes de cada atividade foi realizada uma exposição teórica sobre o conteúdo representado nas imagens esquemáticas. É importante que o aluno cego tenha conhecimento teórico prévio, para assim poder relacionar a imagem tátil com o processo de aprendizagem.

As imagens grafotáteis foram apresentadas na seguinte sequência:

Imagem 1- Poder de penetração

Imagem 2- Experiência de Rutherford: Ação do campo elétrico

Imagem 3- Experimento de Rutherford: Folha de ouro

Imagem 4 - Átomo de Rutherford

Imagem 5 - Fissão nuclear: Reação em cadeia

Imagem 6 - Reator Nuclear (acompanhado de legenda em separado)

Imagem 7 - Símbolo Radioativo

As atividades 1, 2 e 3 foram programadas de acordo com a organização das imagens no caderno grafotátil. A cada novo encontro o aluno era convidado a refazer a leitura tátil das imagens já apresentadas.

Atividade 1: Apresentação das imagens esquemáticas grafotáteis do poder de penetração das partículas e a experiência de Rutherford sobre a ação do campo elétrico.

Atividade 2: Apresentação das imagens esquemáticas grafotáteis do experimento da lâmina de ouro e do Modelo Atômico de Rutherford.

Atividade 3: Apresentação das imagens esquemáticas grafotáteis da fissão nuclear, do reator nuclear e do símbolo radioativo.

No quarto encontro o aluno foi convidado inicialmente a explorar o equipamento físico e o aplicativo Tokvox. Após esse primeiro contato foi orientado como utilizar o produto educacional.

Atividade 4: Apresentar e orientar sobre a utilização do equipamento tátil-auditivo com o caderno de imagens.

O quinto encontro foi utilizado para que o aluno utilizasse sozinho o TOKVOX, ou seja, a junção do material tátil com o equipamento eletrônico e computacional e o celular. No sexto e último encontro a mesma atividade se repetiu e ao final foi aplicada a última parte da entrevista semiestruturada.

Atividades 5 e 6: Aplicação do equipamento tátil-auditivo.

Dessa forma, para organizar o método empregado na validação do TOKVOX são apresentadas as atividades, o desenvolvimento e objetivo de cada encontro realizado.

Encontro 01: 1 período de 1h30min.

Atividade: Entrevista semiestruturada

Objetivo: Levantar dados relativos à idade, às características da deficiência visual e sobre a sua experiência na utilização de recursos pedagógicos associados à sua aprendizagem.

Encontro 02: 1 período de 1h30min

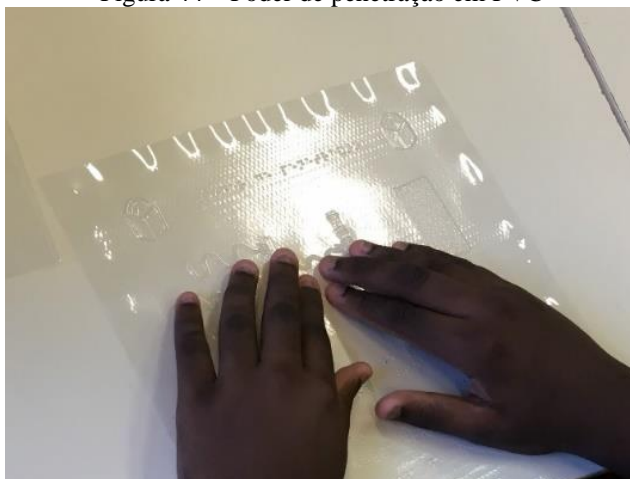
Atividade 1: Apresentação das imagens esquemáticas grafotáteis do poder de penetração das partículas (Figura 44) e a experiência de Rutherford sobre a ação do campo elétrico.

Desenvolvimento: Introduziu-se a importância da experimentação na comprovação de um modelo científico. Foi apresentado os conhecimentos científicos sobre os fenômenos radioativos relativos à época da proposta do modelo atômico por Rutherford. Trabalhou-se a radioatividade como um fenômeno nuclear, apresentando as emissões

alfa, beta e gama, ressaltando a diferença entre partículas e ondas eletromagnéticas e poder de penetração dessas emissões.

Objetivo: Os alunos avaliarem as informações táteis, a clareza e objetividade da imagem.

Figura 44 – Poder de penetração em PVC



Fonte: Própria (2019)

Atividade 2: Apresentação das imagens esquemáticas grafotáteis do experimento da lâmina de ouro e do Modelo Atômico de Rutherford (Figura 45).

Desenvolvimento: Continuando com a exposição teórica sobre a importância dos experimentos na formulação e comprovação do modelo de Rutherford, apresentamos aos alunos os experimentos de Rutherford e suas conclusões a respeito da carga e da massa das emissões radioativas e de seu modelo atômico.

Objetivo: Os alunos avaliarem as informações táteis, a clareza e objetividade da imagem.

Figura 45 – Átomo de Rutherford em PVC



Fonte: Própria (2019)

Um terceiro encontro foi necessário devido à complexidade das imagens grafotáteis que seriam apresentadas.

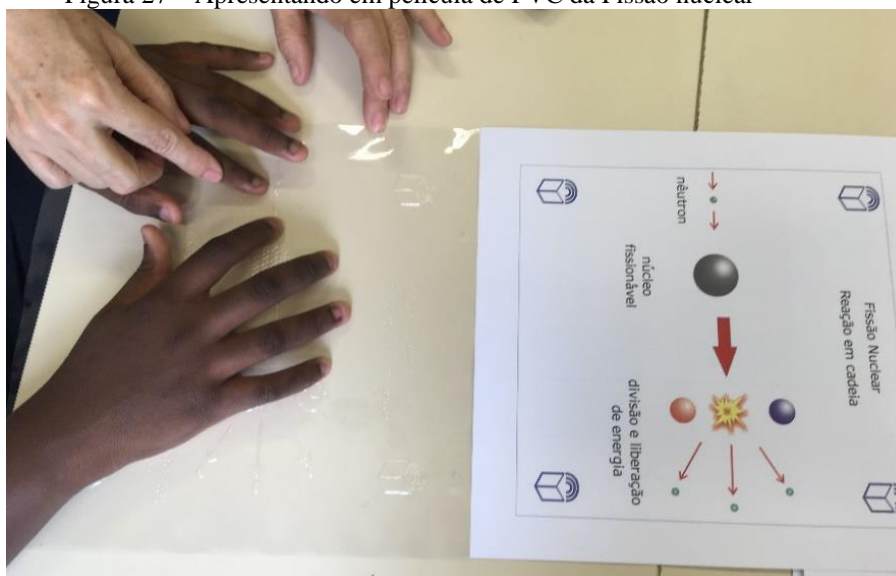
Encontro 03: 1 período de 1h30min.

Atividade 3: Apresentação das imagens esquemáticas em película de PVC da fissão nuclear, do reator nuclear e do símbolo radioativo (Figura 27). Entrevista semiestruturada.

Desenvolvimento: Neste encontro, foi apresentado aos alunos a fissão nuclear e como a energia elétrica é gerada no reator nuclear.

Objetivo: Os alunos avaliarem as informações táteis, a clareza e a objetividade da imagem.

Figura 27 – Apresentando em película de PVC da Fissão nuclear



Fonte: Própria (2019)

Após a validação do caderno de imagem foi realizado o quarto encontro para apresentar e ensinar a utilização do equipamento eletrônico e computacional de áudio. Ressaltamos que todo material desenvolvido para o aluno com deficiência visual requer um tempo de aprendizagem.

Encontro 04: 1 período de 1h30min.

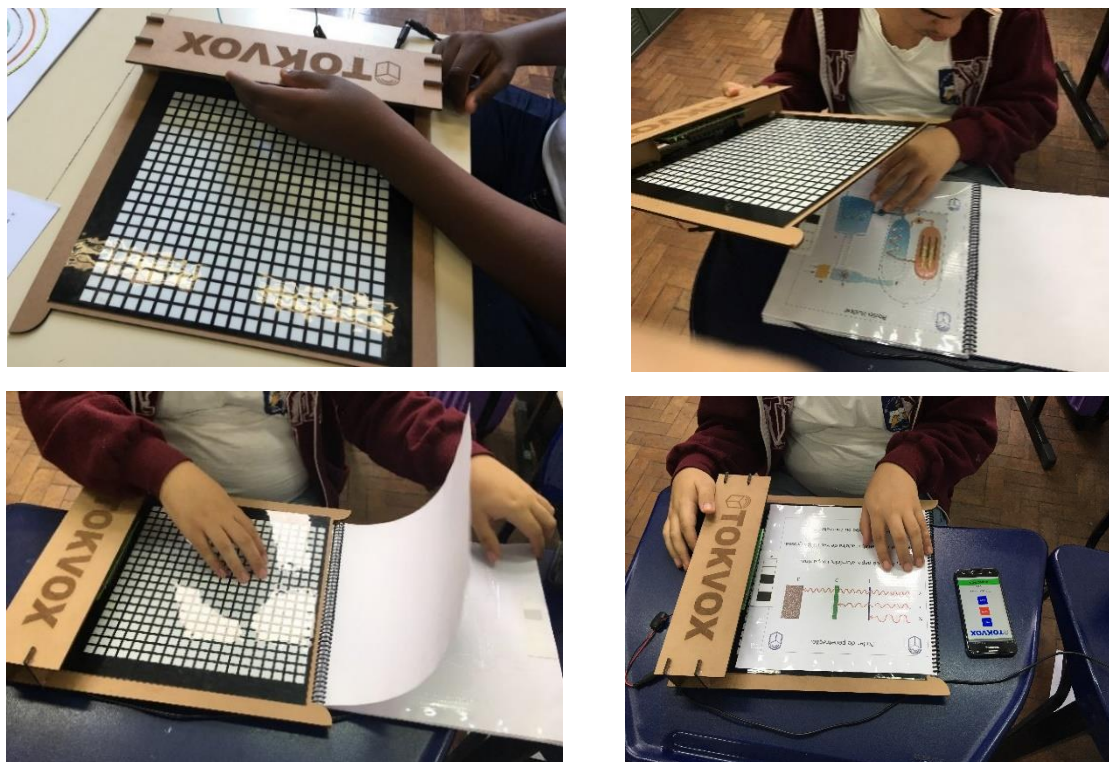
Atividade 4: Apresentar e orientar sobre a utilização do equipamento tátil-auditivo com o caderno de imagens (Figura 46).

Desenvolvimento:

- a) ligar o equipamento computacional e eletrônico na tomada e o ligar o botão de liga/desliga. Para confirmar que o aparelho está ligado é disparado um breve apito sonoro;
- b) pressionar o teclado membrana para sentir a pressão necessária do toque;
- c) reconhecer a localização do sensor ótico;
- d) posicionar o caderno de imagens etiquetado com o código de barras presente na margem central direita embaixo do sensor;
- e) pressionar uma imagem texturizada do material didático para que o áudio explicativo referente à figura seja reproduzido no celular.

Objetivo: Ensinar os alunos a manusear o equipamento tátil-auditivo.

Figura 46 – Alunos aprendendo a manusear o equipamento



Fonte: Própria (2019)

Ao final dessa atividade foram programados mais dois encontros, para a realização da terceira e última etapa da pesquisa.

Na terceira etapa da pesquisa os alunos usaram sozinhos o produto educacional completo (Figura 47), sendo realizada a última parte da entrevista semiestruturada.

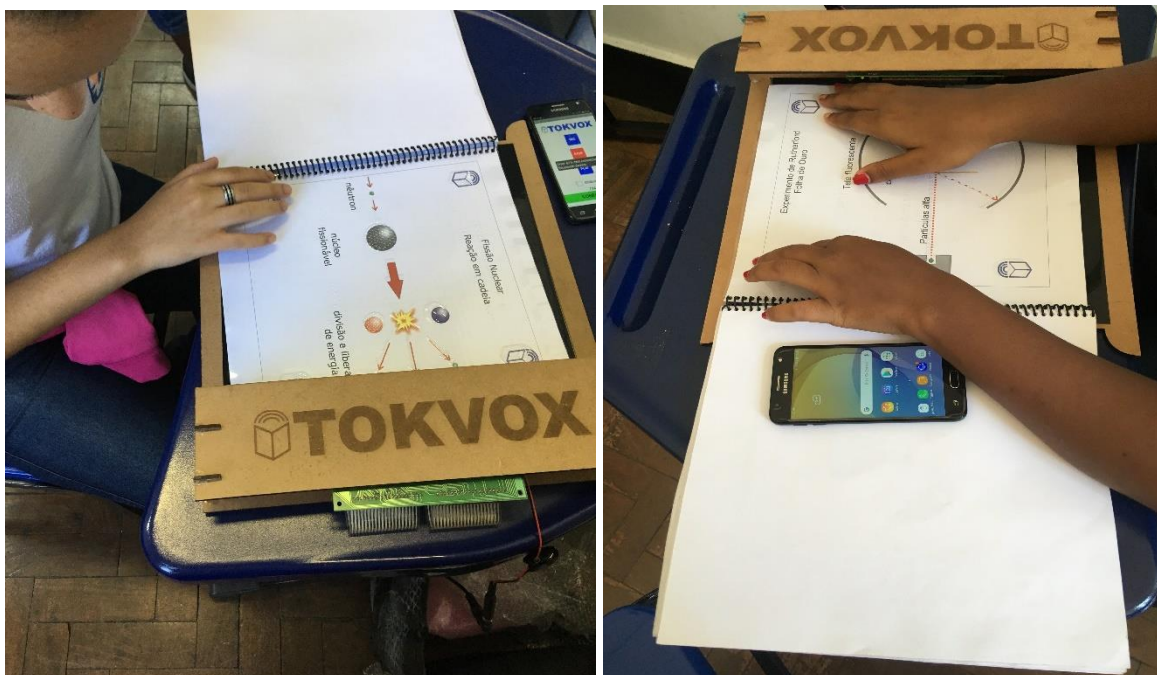
Encontros 05 e 06: Totalizando 3h

Atividades 5 e 6: Aplicação do equipamento tátil-auditivo. Entrevista semiestruturada no sexto encontro.

Desenvolvimento: Dando continuidade à atividade anterior o aluno utilizará sozinho o produto educacional.

Objetivo: Avaliar a colaboração do produto educacional na compreensão dos conteúdos abordados a partir da leitura tátil com áudio. Entrevista semiestruturada.

Figura 47 – Alunas testando o equipamento



Fonte: Própria (2019)

Ao final do sexto encontro, foi realizada a terceira e última parte da entrevista semiestruturada, que apresentou como objetivo, coletar opiniões a respeito das características como tamanho, peso, transporte e manuseio do equipamento, do uso do celular, se há necessidade de audiodescrição e se proporcionam interesse pelo conhecimento químico.

4.3.6 Análise de Dados

Os dados obtidos a partir da transcrição das entrevistas semiestruturadas, foram organizados e analisados utilizando a metodologia de Análise de Conteúdo, apoiando-se nas autoras Bardin (2016) e Franco (2018). Bardin define a análise de conteúdo como:

Um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitem a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) dessas mensagens (BARDIN, 2016, p. 48).

Dessa forma a Análise de Conteúdo permite ao pesquisador fazer inferências sobre os elementos de comunicação, atribuir-lhes significados que devem refletir os objetivos da pesquisa.

Ainda de acordo com Franco (2018) “a análise de conteúdo é um procedimento de pesquisa que se situa em um delineamento mais amplo da comunicação e tem como ponto de partida a mensagem”. Em nossa pesquisa as mensagens foram obtidas de forma oral durante as entrevistas semiestruturadas aplicadas.

A presente pesquisa organizou processo da análise de conteúdo nas três principais etapas que de acordo com as autoras são: a pré-análise, a categorização e a inferência.

1ª etapa: Pré-análise

Etapa em que ocorre a organização e sistematização do material para ser analisado. Nesta etapa, foi delimitado *o corpus* definido como “um conjunto dos documentos tidos em conta para serem submetidos aos procedimentos analíticos” (BARDIN, 2016, p.126). *O corpus* da pesquisa foram as entrevistas semiestruturadas realizadas nas três etapas de validação do produto educacional. Todo material foi coletado a partir de gravações em áudio, digitados e impressos em papel para se proceder a categorização.

A pré-análise é composta pelas seguintes atividades:

- a) A leitura flutuante
- b) A escolha dos documentos
- c) Regra da exaustividade

- d) Regra da representatividade
- e) Regra da homogeneidade
- f) Regra de pertinência

2ª etapa: A categorização

Etapa realizada após a sistematização e organização do material coletado, ou seja, após a transcrição das entrevistas, o agrupamento das respostas de cada aluno e de várias leituras. Sendo que “esta fase longa e fastiosa consiste essencialmente em operações de codificação, decomposição ou enumeração, em função de regras previamente formuladas (BARDIN, 2016, p.130)”.

Iniciou-se a categorização utilizando uma “operação de classificação de elementos constitutivos de um conjunto, por diferenciação, seguida de um reagrupamento baseado em analogias (FRANCO, 2018, p. 63)”.

Na presente pesquisa as categorias não foram definidas *a priori*, neste caso, as “categorias vão sendo criadas à medida que surgem nas respostas, para depois serem interpretadas à luz das teorias explicativas” (FRANCO, 2018, p. 66). De acordo com Bardin “a análise pode efetuar-se numa amostra, se ela for uma parte representativa do universo inicial” (2016, p. 130).

Portanto, após várias leituras do material produzido, definiram-se as perguntas que serviriam de guia para categorizar as falas e facilitar a análise da informação. As perguntas analisadas estão listadas a seguir.

1. Quais os benefícios da utilização dos materiais grafotáteis de forma geral?
2. De que forma o caderno de imagens grafotáteis contribuiu para o entendimento do conteúdo de química apresentado?
3. O que você acha da inserção do celular, para utilização do áudio, no produto educacional apresentado?
4. O Produto Educacional auxilia na compreensão dos conteúdos abordados?
5. O Produto Educacional proporciona autonomia a ponto de o professor ser dispensado? Por quê?

3ª etapa: A inferência Etapa em que o pesquisador a partir do tratamento dos dados passa a comparar de maneira lógica as diferentes abordagens teóricas

5 RESULTADOS DA VALIDAÇÃO

Nesta seção apresentamos a transcrição e análise de cada uma das respostas dadas para a validação do produto educacional obtidas nas seguintes etapas:

1ª etapa - avaliação dos participantes quanto ao uso de recursos tecnológicos, de materiais grafotáteis e sua atitude em relação às aulas de química;

2ª etapa - apresentação do caderno de imagens grafotáteis de radioatividade;

3ª etapa - avaliação do TOKVOX (equipamento de áudio com o caderno de imagens grafotáteis e aplicativo).

Foram elaborados quadros com as transcrições de cada resposta e a seguir sua análise a partir do referencial teórico.

Tomou-se como referencial para a análise de dados a aplicação da análise de conteúdo (BARDIN, 2016). Efetuada numa amostra representativa do universo inicial de perguntas. Desta forma são apresentados os processos de análise das entrevistas de perguntas selecionadas, que consistiu de um trabalho sistemático de organização das unidades de registros para se obter as categorias.

No primeiro encontro com o objetivo de conhecer um pouco sobre as características dos cinco alunos quanto a sua deficiência visual, foram apresentadas as seguintes perguntas:

1. Qual a sua idade?
2. Qual o seu comprometimento visual?
3. Com que idade sua visão ficou comprometida?

Podemos observar no Quadro 2 que quatro alunos perderam a visão antes de cinco anos e segundo especialistas, até essa idade “não se é capaz de reter imagens visuais úteis” (AMIRALIAN, 2000, p. 96). Para Kastrup (2007) cegos congênitos “são pessoas que nunca viram e seu sistema cognitivo é, desde o nascimento, constituído com base nos demais sentidos e sem referência a elementos visuais”. Baseando-se nas autoras, os alunos A1, A2, A3 e A5 foram considerados cegos congênitos e A4 apresenta cegueira adquirida. A faixa etária 15 – 19 anos dos participantes, demonstra uma defasagem idade-série. De acordo com o Relatório da Unicef (2018) no Brasil 56% dos estudantes com deficiência estão em distorção idade-série nos anos finais do EF (6º ao 9ºano) versus 26% da média nacional para alunos sem deficiência.

Quadro 2 – Dados dos alunos participantes da pesquisa

	Qual a sua idade?	Qual o seu comprometimento visual?	Com que idade sua visão ficou comprometida?
A1	15 anos.	Cego. Glaucoma.	Eu já nasci assim.
A2	15 anos, vou fazer 16 esse ano.	Cegueira. Câncer nos olhos.	1 ano e 2 meses
A3	19 anos.	Cega. Ah...os médicos falaram pra minha mãe que durante seis meses eu tinha como enxergar, aí depois que passou os seis meses, não deu mais porque as córneas paralisaram ficaram tipo areia.	Já nasci assim, tia.
A4	19 anos.	Cego. Leptospirose. Peguei leptospirose, fui para o hospital fiquei lá 1 ano, depois me recuperei.	Aos 8 anos
A5	17anos.	É...cego total	Desde que nasci, congênito.

Fonte: Dados da Pesquisa

Quando questionados (Quadro 3) se usavam recursos tecnológicos para estudar e quais eram, obtivemos as seguintes respostas:

Quadro 3 - Recursos tecnológicos e o estudo

	Você usa recursos tecnológicos para estudar?	Quais são os recursos tecnológicos que você utiliza para estudar?
A1	Sim.	Celular e computador
A2	Só para fazer pesquisa, no momento...só pra fazer pesquisa.	Celular.
A3	Uso.	Celular e computador quando estou em casa.
A4	Sim	Celular e computador.
A5	Sim	É...máquina Perkins, é livro em Braille e outros.

Fonte: Dados da Pesquisa

Observa-se que a maioria dos alunos percebem como recursos tecnológicos os dispositivos eletrônicos, apenas A5 reconheceu a máquina de datilografia Braille e os livros em Braille como tecnologia, ressaltando que este aluno está sem celular há seis meses. As respostas apontam que tanto o computador quanto o celular abriram novas possibilidades de estudo, facilitando acesso as informações necessárias quanto ao conteúdo.

Todos os alunos entrevistados utilizavam no computador o Dosvox. De acordo com Cerqueira e Ferreira (1996) o Sistema Dosvox “alcançou ampla aceitação em todo o Brasil, registrando-se várias centenas de usuários, muito deles, estudantes de diferentes níveis de escolaridade”. No celular usam o *TalkBack*, que permite a pessoa com deficiência acessar todas as funções do aparelho com sistema operacional Android.

Ao serem questionados como participam das aulas de Química percebe-se a partir dos dados obtidos, interesse pela disciplina (Quadro 4). Este interesse pode ter relação ao trabalho pedagógico desenvolvido no IBC. As turmas são pequenas, em média 12 alunos, os materiais fornecidos estão de acordo com as necessidades dos discentes; assim como, as dinâmicas feitas pelos professores propiciam estratégias em que todos participem e aprendam.

Quanto aos meios utilizados pelos professores de Química para apresentar esquemas, gráficos e imagens, observa-se pelas respostas no Quadro 4, que a principal estratégia são os materiais grafotáteis, no entanto, a resposta de A2 “*eu só vejo na hora que o professor tá dando*” indica que o material não é utilizado para estudar sem o apoio do professor. O TOKVOX pode ajudar esse aluno a estudar esses materiais sem a presença do professor.

Quadro 4- Participação nas aulas de Química e meios para estudar representações.

	Como você participa das aulas de Química?	Que meios você utiliza para estudar os conteúdos ensinados durante as aulas de Química em que são utilizados esquemas, gráficos e imagens?
A1	<i>Eu acho que sou bastante participativo. Eu gosto de estar sempre questionando, perguntando como funcionam as coisas.</i>	<i>Eu gosto quando tem a questão dos gráficos, eu fico analisando tudo. Tudo o que eu posso absorver e prestar atenção naquilo.</i>
A2	<i>Eu presto bastante atenção. Quando ela pede pra ler, eu acompanho e quando ela dita, eu escrevo.</i>	<i>Eu só vejo na hora que o professor tá dando, eu presto muita atenção pra eu poder entender.</i>

A3	<i>Entendia o conteúdo, só não gostava de perguntar.</i>	<i>Ele dava um papel como esse aqui (película de PVC), ele dava e perguntava “gente verifica pra ver se tá tudo certinho, se tem algum erro, se as coisas estão iguais as que eu falei pra vocês e só.</i>
A4	<i>Eu me sinto interessado, gosto de tudo.</i>	<i>Que eu me lembre o professor só deu uma figura pra gente. Deixa eu lembrar... eu acho que ele, só deu uma relacionada a propriedade da matéria.</i>
A5	<i>Bom... tem vezes que eu interajo mais.</i>	<i>Através de um thermoform, tem uma página que é em tinta, que é uma folha normal, e em Braille através de um papel PVC.</i>

Fonte: Dados da Pesquisa

Ao serem questionados se utilizavam materiais grafotáteis e em quais disciplinas (Quadro 5), observa-se a predominância em Física. A disciplina apresenta todo o conteúdo de 9º ano disponibilizado em cadernos grafotáteis confeccionados pelos professores responsáveis da disciplina, na DPME. Como afirma Bonadiman (2011) no ensino superior a instituição deve providenciar o material especializado para os alunos, fator determinante para a sua permanência no curso. No ensino básico o fornecimento de material especializado pela instituição tem a perspectiva de viabilizar de forma efetiva o ensino, a aprendizagem e a inclusão desse aluno.

Quadro 5 - Utilização de materiais grafotáteis

	Você já utilizou materiais grafotáteis em seus estudos? Em que matérias?
A1	<i>Sim. Química e Física também.</i>
A2	<i>Só na aula da senhora. Em Física só tinha apostila em película.</i>
A3	<i>Física.</i>
A4	<i>Física, a gente usa direto. Biologia e Geografia.</i>
A5	<i>Em Física, quando a gente viu os gráficos de Cinemática.</i>

Fonte: Dados da Pesquisa

Professores de Química e das demais disciplinas do IBC utilizam recursos didáticos como apostilas no Sistema Braille, maquetes, imagens texturizadas em forma de pranchas, cadernos grafotáteis em alguns conteúdos específicos, vídeos com audiodescrição e aulas experimentais no laboratório de Ciências (sala de Ciências).

A segunda etapa de validação tem por objetivo a apresentação do caderno de imagens grafotáteis de radioatividade.

A entrevista desta etapa foi realizada após o término do terceiro encontro, com o objetivo de avaliar a percepção das imagens do caderno grafotátil.

É importante destacar que para as imagens serem acessíveis aos cegos é preciso considerar além das texturas diferenciadas, o tamanho, a simplificação do desenho e a legenda. Conforme se observa no Quadro 6, as texturas escolhidas e tamanhos das imagens foram aprovadas pelos alunos.

Quadro 6 - Percepção das imagens grafotáteis de radioatividade

	As texturas apresentadas nas imagens estão bem diferenciadas?	O tamanho das imagens apresentadas no caderno grafotáteis estão adequadas?	Há necessidade de legenda?	As imagens são fáceis ou difíceis de entender?
A1	<i>Sim. Dá pra entender bem, no caso do poder de penetração achei a ideia das ondas bem legal, ainda tem uma legenda embaixo.</i>	<i>Tá, tá legal, tá sim. Eu achei legal, tem uma setinha no reator indicando todo o caminho...</i>	<i>A do reator, do poder de penetração e o da fissão, os outros não. Esse do símbolo radioativo, não precisa.</i>	<i>Algumas são fáceis e outras mais difíceis que requer mais explicação. Depois que você explica fica mais fácil de entender.</i>
A2	<i>Sim ... bastante</i>	<i>O tamanho tá bom, não precisa aumentar e nem diminuir, tá bom.</i>	<i>Pra algumas imagens sim, aquelas que a gente possa ter mais dificuldades, a legenda é importante, mas outras são bem fáceis de entender.</i>	<i>Algumas são fáceis e outras são mais difíceis.</i>
A3	<i>Sim.</i>	<i>Tá, tão boas.</i>	<i>Tem que colocar legenda, para as pessoas saberem do que se trata.</i>	<i>São mais ou menos. Umas difíceis e outras fáceis.</i>

A4	<i>São, pra mim dá pra diferenciar.</i>	<i>Estão boas.</i>	<i>Eu acho melhor ter, porque dá pra se orientar melhor.</i>	Fáceis. Poder de penetração, ação do campo elétrico, textos para áudios símbolo radioativo, fissão. Não, todas não, o reator é um pouquinho complicado.
A5	<i>Sim, consegui perceber tudo.</i>	<i>Está ótimo.</i>	<i>Na maioria das vezes, não. Se for mais complexo, é bem melhor para entender as imagens</i>	São fáceis.

Fonte: Dados da Pesquisa

Ressalta-se que as imagens antes de serem apresentadas aos alunos, passaram pela revisão de duas profissionais experientes do Sistema Braille (Apêndice 3-8).

A utilização de títulos no Sistema Braille é fundamental para indicar a que se refere a imagem, assim como é importante utilizar as legendas em materiais em alto relevo para indicar cada textura utilizada. De acordo com as NTPTB (2018, p. 34), é necessária a “criação de legenda para informações que não couberem na imagem”, e este deve ser um cuidado observado na produção desses materiais.

O Quadro 5 sintetiza na fala dos alunos a importância do uso de legendas. Na primeira imagem apresentada aos alunos, intitulada Poder de penetração, a legenda estava posicionada embaixo da imagem. Os alunos sinalizaram que preferem a legenda antes, pois esse processo facilita a compreensão, corroborando com a análise das revisoras. A matriz foi refeita e reaplicada. As imagens apresentadas foram classificadas pelos alunos em sua maioria como de fácil entendimento, nesse item observamos a importância da “eliminação de detalhes supérfluos” como orientado nas NTPTB (2018, p.34), por Cerqueira e Ferreira (1996) e Silva (2016).

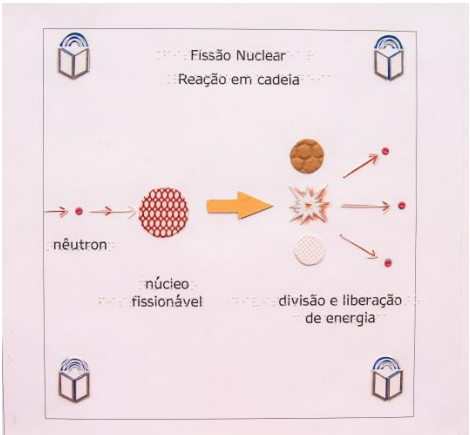
Observamos que a imagem do Reator nuclear, por ser mais detalhada, apresentou em todos os alunos um grau de dificuldade maior, mesmo com a presença de legenda, como demonstra a fala de A4 no Quadro 4. Martins; Gouvêa (2005) analisaram que os alunos videntes necessitam de um tempo menor para a observação e significação de imagens, enquanto imagens com maior densidade de informações remetem a uma necessidade de pausa para pensar e analisar as possibilidades descritivas. Da mesma forma observa-se nos alunos cegos que imagens grafotáteis simples são rapidamente

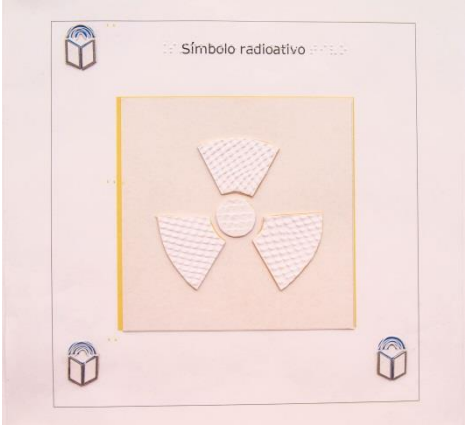
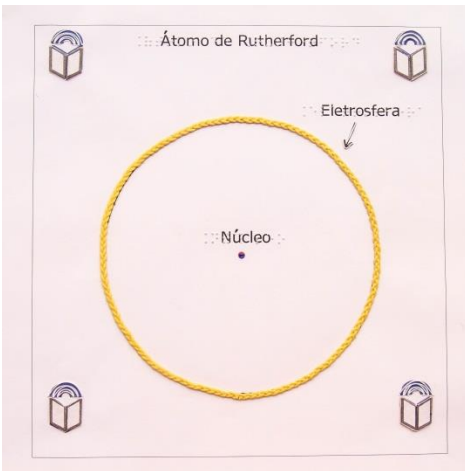

assimiladas enquanto imagens grafotáteis mais complexas precisam de um tempo maior para serem entendidas. Ressalta-se que o professor deve estar ao lado do aluno para tirar as dúvidas e fazer as explicações necessárias.

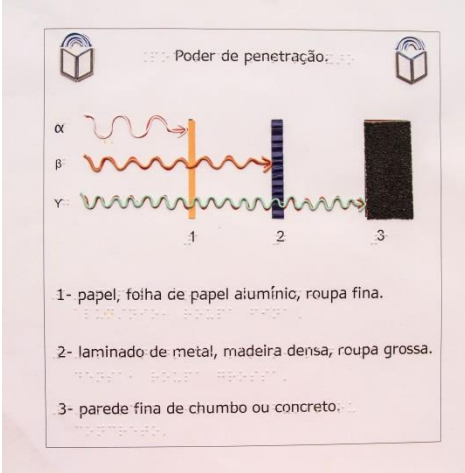
No processo de ensino e aprendizagem, por meio de imagens, é importante que o aluno cego consiga descrevê-las, para que o professor possa observar os caminhos percorridos durante esse processo.

Dessa forma, os alunos foram convidados a descrever uma imagem e atenderam prontamente (Quadro 7).

Quadro 7 - Descrição das imagens pelos alunos

	Você gostaria de descrever alguma imagem apresentada?	Imagem escolhida
A1	<p><i>Ah! Seria a da fissão em cadeia, a que eu gostei achei bem legal.</i></p> <p><i>Bem começa com uma seta indicando né ... o nêutron, aí tem outra seta indicando que ele tá batendo no...núcleo, aí depois desse núcleo tem...(acho que isso é uma seta grande) aí leva para o símbolo de energia e em cima tem mais duas partículas.</i></p> <p><i>P: Uma embaixo e outra em cima.</i></p> <p><i>A1: Isso, uma embaixo e outra em cima do símbolo de energia.</i></p> <p><i>P: Maiores ou menores que o núcleo fissionável?</i></p> <p><i>A1: Menores. E desse símbolo de energia de cada... ele parece uma estrela...né... de cada pontinha dessa estrela tem ... três pontas que saem três setas e no final delas tem um nêutron.</i></p> <p><i>P1: O que acontece com esses nêutrons?</i></p> <p><i>A1: Esses nêutrons vão se chocar com outros ... núcleos, formando mais energia.</i></p>	

A2	<p><i>Eu gostei da radiação, o símbolo radioativo.</i></p> <p><i>Um círculo no meio e em volta dele, teria três... num...num formato de leque.</i></p>	 <p>Diagrama do símbolo radioativo, mostrando um círculo centralizado dentro de um triângulo invertido dividido em três setores, todo dentro de um quadrado amarelo. O título é 'Símbolo radioativo'.</p>
A3	<p><i>O Modelo de Rutherford. Tem uma bolinha no meio e um círculo grandão em volta.</i></p>	 <p>Diagrama do Modelo de Rutherford, mostrando um pequeno círculo centralizado dentro de um círculo grande amarelo. O título é 'Átomo de Rutherford'. Há rótulos 'Núcleo' apontando para o círculo central e 'Eletrosfera' apontando para o círculo amarelo.</p>
A4	<p><i>A do símbolo radioativo. Imagina uma hélice de ventilador. Uma bola no meio, com três formas meio que num triângulo, só que com uma ponta maior, encostada praticamente na bola.</i></p>	 <p>Diagrama do símbolo radioativo, mostrando um círculo centralizado dentro de um triângulo invertido dividido em três setores, todo dentro de um quadrado amarelo. O título é 'Símbolo radioativo'.</p>

A5	<p><i>Gostaria a 1ª (poder de penetração). Bom, são três radiações: alfa, que fica aqui em cima e tem o beta que fica no meio e outra que é a gama. Na partícula alfa pode-se prevenir com roupas finas, no caso, no beta com roupas grossas e no gama com concreto.</i></p>	 <p>Diagrama de penetração de radiação:</p> <p>1- papel, folha de papel alumínio, roupa fina.</p> <p>2- laminado de metal, madeira densa, roupa grossa.</p> <p>3- parede fina de chumbo ou concreto.</p>
----	--	--

Fonte: Dados da Pesquisa

Observa-se que A1 necessitou da ajuda do professor para completar a informação a partir da leitura tátil. Os alunos A2 e A4, ao descreverem a imagem grafotátil do símbolo radioativo, usaram, respectivamente, as expressões “*formato de leque*”, “*uma hélice de ventilador*” associando imagens abstratas (símbolo radioativo) com objetos com que já tiveram contato e formaram sua imagem mental, o que não os diferencia dos estudantes videntes do ensino fundamental ao descreverem imagens, como observam Martins; Gouvêa (2005) “os alunos fazem leituras descritivas, especialmente de aspectos comuns e cotidianos das imagens, revelando dificuldades para identificar elementos abstratos e que não possuem uma representatividade em seu universo mais próximo”.

Após o término da avaliação das imagens grafotáteis, iniciou-se a fase de interação com o produto educacional completo: caderno de imagens de radioatividade + equipamento computacional e eletrônico + celular.

Nesta etapa foram realizadas atividades individuais e a entrevista semiestruturada, para coletar as percepções dos participantes sobre o uso do equipamento físico e contribuição para a aprendizagem, foi realizada no último encontro.

As respostas em relação aos aspectos físicos do equipamento (Quadro8) sugerem que os participantes ficaram satisfeitos com o tamanho, o peso e o transporte. Em relação ao manuseio do equipamento somente o participante A4 apresentou uma certa impaciência na utilização do equipamento. De acordo com Torres; Mazzoni; Mello

(2007, p.382) temos que respeitar as preferências “que são estabelecidas em função de algumas características pessoais” como saber usar, ter capacidade de usar e querer usar.

Quadro 8- Aspectos físicos do equipamento

	O tamanho do equipamento eletrônico e computacional está adequado?	Como você avalia o peso e o transporte do produto educacional?	É de fácil o manuseio?
A1	<i>Sim, tá legal. Não ocupa muito espaço.</i>	<i>Ele é leve, por ser feito de uma madeira fininha. Acho que é fácil transportar.</i>	<i>Ah! É bastante. Eu gostei.</i>
A2	<i>Sim, está legal. Ele dá em cima da mesa.</i>	<i>Dá pra carregar, é leve, não é pesado.</i>	<i>Achei fácil.</i>
A3	<i>Deveria diminuir um pouquinho.</i>	<i>Eu acho fácil transportar, só basta a pessoa saber carregar. P: E o peso? Leve.</i>	<i>É achei fácil.</i>
A4	<i>Tá. Está do tamanho da folha</i>	<i>Bem o peso tá bom, é leve, mas em relação a parte superior está alta.</i>	<i>É... sei lá, sei lá se é treino ou se é posição... acho que vou perder tempo.</i>
A5	<i>Sim, bom, ele cabe na mesa.</i>		<i>Achei sim, o som de liga/desliga é de alta qualidade. Achei fácil ligar e desligar.</i>

Fonte: Dados da Pesquisa

O produto educacional desenvolvido possibilita a gravação e reprodução de áudios. Na presente pesquisa optamos por gravar somente o conteúdo, contudo questionamos os alunos se havia necessidade de audiodescrição das imagens (Quadro 9).

A audiodescrição é uma técnica destinada às pessoas com deficiência visual e de acordo com Adam (2015) “é uma Tecnologia Assistiva que trata de uma descrição clara e objetiva utilizada para tornar acessível toda informação compreendida visualmente e que não está contida em diálogos, textos”.

Quadro 9 – Audiodescrição

	Com o equipamento há necessidade de descrever as ilustrações ou usar legendas? Por quê?
A1	<i>Só o conteúdo, porque a imagem já dá pra entender bastante. Você combina com o conteúdo e dá para entender mais.</i>
A2	<i>Não. O equipamento diz, então não precisa.</i>
A3	<i>Não... porque o equipamento já está falando tudo praticamente que está na figura.</i>
A4	<i>Acho que o equipamento deveria ler coisas maiores e não legendas, ler um texto e não legendas.</i>
A5	<i>Até que não precisa de audiodescrição. Deu pra compreender melhor com o áudio.</i>

Fonte: Dados da Pesquisa

De acordo com as respostas nenhum aluno achou necessária a audiodescrição das imagens. Para eles, é mais interessante a explicação do conteúdo, reforçando a importância da utilização simultânea da imagem e do áudio, contribuindo dessa forma para a validação do produto.

A apresentação do equipamento proporcionou aos alunos contato com um recurso novo (Quadro 10) permitindo-os experimentar a leitura tátil com os conteúdos associados em áudios.

Quadro 10 - Apresentação do equipamento eletrônico e computacional

	Você já utilizou algum recurso semelhante ao equipamento?
A1	<i>Existem equipamentos para leitura de livros, eles escaneiam e passam aquilo pra você. Mas semelhante a esse com imagem tátil, que você pode colocar num equipamento assim...Não.</i>
A2	<i>Não... não que me lembre.</i>
A3	<i>Não.</i>
A4	<i>Não.</i>
A5	<i>A esse não, é a primeira vez.</i>

Fonte: Dados da Pesquisa

É preciso destacar a importância do Sistema Braille como a principal forma de leitura e escrita da pessoa cega. Os recursos de TA desenvolvidos no campo educacional devem ter como foco, não a desbrailização, ou seja, a subutilização do Sistema Braille por meio de recursos que utilizem áudios, mas a função de complementar o acesso ao ensino.

São apresentados a seguir os processos de análise das entrevistas de perguntas selecionadas, que consistiu de um trabalho sistemático de organização das unidades de registros para se obter as categorias. As expressões em negritos são os indicadores que propiciam a “inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) dessas mensagens” (BARDIN, 2016, p. 48).

As perguntas selecionadas para aplicar a análise de conteúdo, seus objetivos e sua análise são elencadas a seguir:

1 Quais os benefícios da utilização dos materiais grafotáteis de forma geral?

Pergunta feita com o objetivo de inferir até que ponto o material grafotátil é importante para o aluno cego em qualquer situação (Quadro 11).

Quadro 11- Opiniões sobre materiais grafotáteis de uma forma geral

Quais os benefícios da utilização dos materiais grafotáteis de forma geral?	
Unidades de registros	Categorias
<p>A1 - <i>Eu acho que eles estão aí, para simplificar o entendimento maior para as pessoas com deficiência visual.</i></p> <p>A4 -<i>O benefício é que ele dá uma noção da forma, da estrutura das coisas.</i></p> <p>A5 -<i>Bom ... essas películas são bem mais fácil de utilizar, bem interessante.</i></p>	Facilidade de entendimento
<p>A2 -<i>A gente guarda bastante coisas e não temos poucos livros ou poucas apostilas, então o peso...se fosse de papel apagara e esse grafotátil não apaga, demora mais para apagar que a folha normal.</i></p>	Durabilidade
<p>A3 -<i>Ah... tia, pra imagem eu gosto, mas para a leitura é ruim, que gruda o nosso dedo, gruda muito.</i></p>	Inadequado para a função leitura

Fonte: Dados da Pesquisa

De acordo com os resultados expostos no Quadro 3 pode-se evidenciar na categoria denominada facilidade de entendimento, que os alunos pesquisados apresentam experiência prévia com os materiais táteis bidimensionais. Os alunos

reconhecem que simplificam (A1), que ajudam a perceber os objetos (A4) e são fáceis de utilizar (A5). Na categoria durabilidade, A2 demonstra boa receptividade ao material grafotátil devido a imagem e o texto em Braille não desaparecerem. É importante compreender que quando A2 fala que o ‘papel apagaria’, isto significa amassar os pontos em relevo do Sistema Braille tornando-os imperceptíveis ao tato. A3 afirma que a película em PVC causa dificuldade na leitura, contudo ela gosta para imagens. Salienta-se que em sala de aula a pesquisadora também notou um desconforto dos alunos durante a leitura de textos longos no Sistema Braille na película, corroborando, deste modo, a afirmação de A3.

2 De que forma o caderno de imagens grafotáteis contribuiu para o entendimento do conteúdo de química apresentado?

Pergunta feita para identificar o auxílio das imagens em alto relevo em sua aprendizagem (Quadro 12). As imagens apresentadas não continham excesso de detalhes para facilitar a compreensão do conteúdo e dessa forma o aluno cego poder utilizar esse tipo de recurso para sua aprendizagem. Ressaltamos que a facilidade de compreensão dessas representações também depende da experiência com esse tipo de material.

Após a análise das respostas, identificamos para essa pergunta a categoria Compreensão do tema (Quadro 4), confirmando o objetivo do material grafotátil apresentado. Constatamos por meio das unidades de registro dos alunos entrevistados o que afirma Rosa (2015) “quando esses materiais são elaborados, respeitando as características necessárias para a compreensão da pessoa com deficiência visual, como também, as características visuais, estes recursos fazem grande diferença na compreensão dos conceitos”.

Quadro 12- Contribuição do caderno de imagens grafotáteis aplicado na pesquisa

De que forma o caderno de imagens grafotáteis contribuiu para o entendimento do conteúdo de química apresentado?	
Unidades de registros	Categoria
<p>A1 - <i>Muito! Essa questão do reator nuclear, é uma coisa que eu não fazia a mínima ideia, assim, todo mundo falava, o reator não sei o quê, mas eu não sabia como funcionava direito, como aquilo gerava energia elétrica. Agora eu já sei, que o vapor gira a turbina.</i></p> <p>A2 - <i>Hum... fica mais fácil de entender com o desenho, do que só lendo e ouvindo. A gente que não enxerga não tem como ver uma imagem no Google ou em qualquer outro aplicativo no telefone, muitas das vezes, não temos acessibilidade necessária pra isso e mesmo a pessoa descrevendo pra gente, nem todo mundo consegue descrever e nem tudo dá para descrever, porque às vezes fica muitas voltas... acho que ficaria meio difícil de entender.</i></p> <p>A3 - <i>Ajuda entender, se for uma coisa que eu não saiba eu vou poder saber.</i></p> <p>A4 - <i>A gente tem mais noção, né do que é as coisas.</i></p> <p>A5 - <i>Bom...essas películas são bem mais fácil de utilizar, bem interessante.</i></p>	Compreensão do tema

Fonte: Dados da Pesquisa

3 O que você acha da inserção do celular, para utilização do áudio, no produto educacional apresentado?

O objetivo desta questão é avaliar a percepção da tecnologia móvel para o aluno estudar. De acordo com Machado; Machado; Conforto (2014) a presença de dispositivos móveis no contexto educacional é muito importante, mas deve ser questionada quanto a qualidade da tecnologia utilizada em relação a acessibilidade e uso para todos. Para essa pergunta foram obtidas três categorias (Quadro 13).

Quadro 13 - Utilização do celular na reprodução do áudio

O que você acha da inserção do celular, para utilização do áudio, no produto educacional apresentado?	
Unidades de registros	Categoria
<p>A1-<i>Eu gostei muito, achei uma ideia legal, porque assim, na maioria das vezes quando as pessoas fazem um equipamento, eles colocam uma memória que fica no aparelho, mas acho que fica mais complicado de fazer sim, no celular fica mais fácil.</i></p> <p>A4 - <i>Bom. Porque a gente carrega o celular pra cima e pra baixo.</i></p>	Mobilidade para o uso
<p>A2 -<i>Bom. Porque se você puder botar um fone de ouvido numa sala de aula, num lugar, numa biblioteca que você queira estudar, não precisa falar alto pra todo mundo ouvir, dá pra você conectar o fone de ouvido e ouvir só você pra não atrapalhar as outras pessoas.</i></p> <p>A3 - <i>Achei que a voz poderia sair mais alta.</i></p>	Uso do áudio
<p>A5 - <i>Serve pra melhor compreensão do conteúdo dado.</i></p>	Compreensão do tema

Fonte: Dados da Pesquisa

A categoria mobilidade para uso está em conformidade com Vicentin (2008) que afirma que o celular “nos permite conciliar comunicação e movimento”. Dessa forma a mobilidade é a característica central do aparelho celular como fica evidenciado na fala do aluno A4. Com relação à categoria Uso do áudio, observa-se a preocupação de A2 com o uso do celular em público, já que a acessibilidade nos celulares está relacionada ao *TalkBack*, em celulares *Android*, que ajuda na navegação do celular e descreve as ações e notificações recebidas em áudio. Nota-se na fala de A3 que é preciso ter cuidado nas gravações em áudio, pois como afirma Kastrup (2007) “as modulações de intensidade e timbre de voz são importantes nas relações sociais das pessoas com deficiências visual”. O aluno A5 confirma a importância da junção dos recursos tátil-auditivo para auxiliar na compreensão dos conteúdos químicos. A maioria dos conteúdos abordados em química envolvem apelos visuais e por essa razão proporcionar ao aluno cego a oportunidade de estudar utilizando ao mesmo tempo seus sentidos remanescentes diminui a complexidade que envolve a aprendizagem dos conteúdos por alunos cegos. Com esse foco, a proposta do TOKVOX foi desenvolvida para

possibilitar o acesso simultâneo à imagem tátil e ao conteúdo de química em áudio e estimular o aluno a estudar Química em ambientes externos à sala de aula.

4 O Produto Educacional auxilia na compreensão dos conteúdos abordados?

A questão serve para avaliar a distribuição da atenção entre o tato e a audição. As respostas proporcionaram duas categorias, apresentadas no Quadro 14.

Quadro 14- Utilização do produto educacional

O Produto Educacional auxilia a compreensão dos conteúdos abordados? Por quê?	
Unidades de registros	Categoria
<p>A1 - <i>Vai auxiliar. Vai ficar mais fácil, porque aqui você coloca o caderno que você pode tatear a imagem e você recebe mais informações sobre a matéria, sobre o assunto, a parte escrita da questão.</i></p> <p>A2 - <i>Sim, bastante. O equipamento diz o texto.</i></p> <p>A4 - <i>Vai. Porque ele tá lendo e eu posso ver a figura.</i></p> <p>A5-<i>Sim. Eu achei interessante, deu para compreender bem as figuras. Serve pra que o aluno compreenda bem o conteúdo.</i></p>	Áudio e imagem se complementam
<p>A3 - <i>Sim. Auxilia porque a gente pode estudar tanto com professor quanto na ausência do professor, em casa, em qualquer lugar.</i></p>	Mobilidade para o uso

Fonte: Dados da Pesquisa

Percebe-se a partir de A1 que a junção dos dois sentidos, oportuniza ao aluno cego receber mais informações e de acordo com A4 possibilita ouvir a explicação e fazer a leitura tátil ao mesmo tempo. Estas categorias confirmam as repostas dadas nas duas perguntas anteriores. De acordo com Galvão Filho e Damasceno (2002, p.1) a importância de “desenvolver recursos de acessibilidade seria uma maneira concreta de neutralizar as barreiras causadas pela deficiência”, portanto o desenvolvimento do TOKVOX colabora para amenizar as dificuldades apresentadas numa disciplina que é apresentada a partir de formas não-verbais, como imagens, gráficos e diagramas. A3 apresenta como ponto vantajoso a possibilidade de utilizar o produto educacional em qualquer lugar. É preciso compreender que além da importância de desenvolver um recurso de acessibilidade é fundamental que esse aluno possa utilizá-lo em vários ambientes, respeitando as individualidades do aluno com deficiência visual.

5 O Produto Educacional proporciona autonomia a ponto de o professor ser dispensado? Por quê?

Pergunta feita para inferir a importância do professor no ensino e aprendizagem do aluno cego. Foram obtidas duas categorias, apresentadas no Quadro 15.

Quadro 15 - A importância do professor

O equipamento proporciona autonomia a ponto de o professor ser dispensado? Por que?	
Unidades de registros	Categoria
<p>A1 - Bem...eu acho que o professor continua sendo importante. Porque o professor, ele pode te explicar mais. Isso aqui seria legal, pra sei lá... estudar sozinho, ter numa biblioteca junto com o caderno de imagens, seria legal.</p> <p>A2 - Não. Algumas coisas precisam da ajuda do professor, até para explicar as imagens mais difíceis, por exemplo, você conectou o aparelho e tudo mais, mas você não conseguiu entender o que o aparelho disse ou ele disse... você ouviu...ótimo... a altura tá boa também... mas você não conseguiu entender muito bem, ai você pode perguntar ao professor ou alguém mais específico.</p> <p>A3 - Depende...talvez sim... talvez não. Assim... as vezes a gente tá com uma dúvida que nem o aparelho ia conseguir, uma dúvida grave, mas fora isso sim.</p> <p>A5 - Não. Porque o professor tem que estar por perto, pra que o aluno também compreenda melhor.</p>	<p>Aporte de conhecimento e/ou informação</p>
A4 - Não sei. Só testando .	Outros

Fonte: Dados da Pesquisa

O professor é fundamental no ensino do aluno cego, ele não é somente aquele que ensina. Ele estabelece estratégias de ensino para os recursos disponíveis e garante dessa forma, o processo de mediação adequada entre o recurso e o aluno. Neste sentido, os alunos em suas respostas exprimem a necessidade da figura do professor como uma base de conhecimento que vai além do que o equipamento pode oferecer. Pois os recursos de TA desenvolvidos no campo educacional apresentam como foco a função de complementar o acesso ao ensino e não de substituir o professor. Dessa forma, é preciso que a oferta de formação continuada para os professores, como previsto na estratégia 4.18, da Meta 4 do PNE vigente (2014, p.57), de fato seja implantada para garantir ao aluno cego um professor capacitado que promova o uso correto dos recursos, proporcionando uma diminuição na desigualdade de oportunidades de aprendizagem e um desempenho satisfatório desse aluno nos conteúdos que apresentam maior dificuldade.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nós professores devemos ter a pesquisa como uma das nossas principais funções, porque precisamos, acima de tudo, buscar – de forma incansável – um saber que nos qualificará para desenvolvermos os mais diversos saberes dos alunos. Para tanto, temos que ter a consciência de possuímos o dever de colaborar, direta ou indiretamente, na produção de materiais didáticos e/ou pedagógicos para serem utilizados em nossas salas de aula. Por estes motivos procuramos pesquisar, testar e produzir o produto didático e/ou pedagógico denominado de TOKVOX, que foi criado com a finalidade de tornar os conteúdos programáticos, que utilizam imagens de química, acessíveis, sobretudo, aos alunos cegos, além de ser instrumento de motivação e de enriquecimento nos processos de ensino e de aprendizagem, nas instituições educacionais nas quais se praticam a inclusão.

A utilização da imagem associada ao áudio explicativo, na construção dos conceitos químicos que apresentam a representação visual como recurso pedagógico para a materialização do abstrato, se fez relevante por utilizar uma técnica artesanal associada à tecnologia. Dessa forma, o TOKVOX foi desenvolvido interligando a percepção tátil, por meio da produção de matrizes artesanais, ao sentido da audição mediante as novas tecnologias.

Nesta pesquisa, apresentamos resultados que evidenciam a importância do desenvolvimento de recursos didáticos, a partir de tecnologia livre ou de associação dos diversos outros recursos já existentes com as novas tecnologias. A análise dos procedimentos e do uso pelos alunos contribuiu para identificar imperfeições e provocar melhorias de acessibilidade e de usabilidade no produto educacional. Isso evidencia a importância de desenvolver o recurso em conjunto com o aluno, usuário final do Produto Educacional.

Os principais resultados obtidos nessa pesquisa sugerem que:

- A utilização da leitura tátil de imagens e do conteúdo em áudio, simultaneamente, permite ao aluno experimentar uma forma diferenciada de aprendizagem na utilização das pranchas;
- A necessidade da presença do docente, como mediador de conhecimento, comprova a importância do professor para o aluno cego. O professor

representa uma base de conhecimento que vai além do que o equipamento pode oferecer, atuando como mediador entre o aluno e o recurso;

- A importância do material grafotátil na compreensão das imagens, sem a necessidade de o professor descrevê-las;
- A possibilidade do uso do equipamento em diversos locais de estudo, proporciona um estímulo maior ao estudo de Química e de diferentes disciplinas.

Espera-se que o uso do TOKVOX contribua na mediação dos obstáculos proporcionados pelas representações visuais, utilizadas de uma forma geral para o aluno cego em todas as disciplinas, mas especificamente em química, que faz uso de muitas formas não verbais para facilitar o aprendizado do aluno vidente.

É preciso destacar a importância do Sistema Braille no ensino e na aprendizagem do aluno cego em todos os segmentos; O Braille é a principal forma de leitura e escrita da pessoa cega. Os recursos de TA desenvolvidos no campo educacional devem ter como foco, não a desbrailleização, mas a função de complementar o acesso ao ensino. Por isso, é fundamental que se desenvolvam recursos que utilizem os sentidos remanescentes, estimulem e complementem a aprendizagem do aluno cego. Com esse foco, a proposta do TOKVOX foi desenvolvida para possibilitar o acesso simultâneo à imagem tátil e ao conteúdo de química em áudio estimulando o aluno cego estudar química em ambientes externos à sala de aula. Nesta perspectiva, a aplicação do TOKVOX possibilitará oportunidades próximas de aprendizagem ao conteúdo com imagens do estudante cego em relação ao estudante vidente. Nesse caso, o estudante poderá superar os obstáculos proporcionados por essas representações, pois a associação do tato e da audição irá colaborar para aumentar a sua motivação e sua aprendizagem dos conteúdos de química, colaborando para a inclusão escolar.

Por fim, como perspectivas futuras, essa pesquisa deve: desdobrar-se em investigações cujo interesse esteja voltado para o aperfeiçoamento do TOKVOX e seu aplicativo; aprofundar a pesquisa sobre a influência desse recurso na aprendizagem e na autonomia de estudo do aluno, por meio de uma amostragem maior e em diferentes instituições; capacitar docentes de Química e outras disciplinas para a utilização do TOKVOX avaliando suas impressões e a possibilidade de desenvolver um banco de imagens e áudios associados a determinados conteúdos.

REFERÊNCIAS

- ADAM, D.L. **Premissas de criação de imagens em relevo em Objetos de Aprendizagem para cegos.**2015. Dissertação (Mestrado em Design) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2015.
- AICHINGER, E. C.; *et.al.* **Química Básica 3:** 1 ed. E.P.U. São Paulo.1981.
- ALVES, C.R. *et. al.* A evolução dos suportes de informação e sua acessibilidade pelos deficientes visuais. *In:* CONGRESSO BRASILEIRO DE BIBLIOTECONOMIA, DOCUMENTAÇÃO E CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO - FEBAB. XXV. 2013, Florianópolis.SC., 2013. p. 1500-1515.
- AMIRALIAN, M. L. T. **Compreendendo O cego uma visão psicanalítica da cegueira por meio de desenhos-estórias.** São Paulo: UFPR, 2000.
- ANDRIOLI, M.G.P. **Desenvolvimento de recursos na área de Tecnologia Assistiva: Desafios e possibilidades em Institutos Federais.** 2017.278f. (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.
- ARIDE, A. S. **Design Inclusivo:** Livro ilustrado multissensorial para crianças deficientes visuais e videntes. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.
- ARRUDA, L. M. S. Geografia na infância para alunos com deficiência visual: a utilização de uma maquete multissensorial para aprendizagem do conceito de paisagem. **Revista Brasileira de Educação em Geografia.** v.6, n.11, p.208-221, jan./jun. 2016.
- BANZI, M.; SHILOH, M. **Primeiros Passos com Arduíno.** 2.ed. São Paulo: Novatec, Santos, 2016.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo.** 6. ed. Almedina, 2016.
- BAUER, M.W; GASKELL, G. **Pesquisa qualitativa com texto, imagem e som: um manual prático.** Petrópolis: Vozes, 2015.
- BENITE, C.R.M.; *et al.* Atendimento Educacional Especializado: a Tecnologia Assistiva para a experimentação no ensino de química. ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS. 10. Águas de Lindóia, SP. Anais [...] Águas de Lindóia:2015. p. 1-8
- BERSCH, R. **Introdução à Tecnologia Assistiva:** assistiva, tecnologia e educação. Porto Alegre, 2017. Disponível em: http://www.assistiva.com.br/Introdução_Tecnologia_Assistiva.pdf. Acesso em: 18 abr.2018.

BONADIMAN, T.C.N.Q, Produção de material didático alunos com Deficiência Visual. **Revista Tecnologia e Cultura**. n. 18, p. 61-68, jan/jun, 2011.

BRASIL. Lei. 13.005, de 25 de junho de 2014. **Plano Nacional de Educação 2014-2024- PNE**. Brasília: Câmara dos Deputados, Edições Câmara, p. 1-86, 2014. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2014/Lei/L13005.htm. Acesso em: 23 nov.2017.

BRASIL. Lei 13.146, de 06 de julho de 2015. **Lei Brasileira de Inclusão**. Brasília, DF, jul 2015. Disponível em:http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/lei/13146.htm. Acesso em: 23 nov.2017.

BRASIL. Secretaria Especial dos Direitos Humanos. Coordenadoria Nacional para Integração da Pessoa Portadora de Deficiência. **Ata da VII Reunião do Comitê de Ajudas Técnicas** - CAT/Corde/SEDH/PR, realizada em 13 e 14 de dezembro de 2007. Brasília, 2007.

BRASIL. Secretaria de Educação Especial. Política de Educação Especial na Perspectiva da Educação Inclusiva. **Revista da Educação Especial**. Brasília: MEC/SECADI. v.4, n.1, p.9-17, jan/jul.2008.

BRASIL.MEC-Inep. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Censo Escolar da Educação Básica**.art.4º Decreto nº6.425/2008. Disponível em: http://download.inep.gov.br/educacao_basica/censo_escolar/notas_estatisticas/2017/notas_estatisticas_censo_escolar_da_educacao_basica_2016.pdf. Acesso em 18 abr.2018.

BRASIL. MEC- INEP. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Censo Escolar da Educação Básica**.art.4º Decreto nº6.425/2008. Disponível em:http://download.inep.gov.br/educacao_basica/censo_escolar/notas_estatisticas/2018/notas_estatisticas_Censo_Escolar_2017.pdf. Acesso em: 30 jan.2019.

BRASIL. MEC. Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). **PCN + Ensino Médio:Orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília:MEC/Semtec,2002.

BRASIL.MEC. **Política Nacional de Educação Especial na Perspectiva da Educação Inclusiva**. Brasília/DF, jan. 2008. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/arquivos/pdf/politicaeduespecial.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2017.

BRASIL, MEC. Secretaria de Educação Especial. Saberes e práticas da inclusão: **desenvolvendo competências para o atendimento às necessidades educacionais especiais de alunos cegos e de alunos com baixa visão**. 2.ed. 2006.p.208.

BRASIL. **Normas Técnicas para a Produção de Textos em Braille**. Brasília: MEC/SECADI, 3. p.120.2018.

CARDOSO, E.M. **A Energia Nuclear. 3.** Rio de Janeiro: CNEM, 2012.

CERQUEIRA, J.B.; FERREIRA, E.M.B. Recursos didáticos na educação especial. **Rev. Benjamin Constant**, Rio de Janeiro, n. 5, p. 1-6, 1996.

CONDE, A.J.M. **Definindo a cegueira e a visão subnormal.** 2013. Rio de Janeiro: IBC. Disponível em <http://www.ibc.gov.br/?itemid=94#more>. Acesso em: 14 set.2018.

DUARTE, R. Pesquisa qualitativa: reflexões sobre o trabalho de campo. **Cadernos de Pesquisa.** n.115, p.139-154, mar. 2002.

FERREIRA, M.E, S. F.; SILVA, L.F.C.F. A aplicação das tecnologias de prototipagem rápida na confecção de matrizes táteis. **Boletim de Ciências Geodésicas.** v.20, n.2, p.411-426. Abr./jun.2014.

FIGUEIREDO, J.R.M. **Um universo entre outros dois.** Disponível em: <http://ibc.gov.br>. Acesso em: 20 set.2018.

FILLMANN, M.C.F; CATTANI, A. Recursos para o design gráfico orientado para o tato. *In:* VAN DER LINDEN, J.C.S; BRUSCATO, U. M.; BERNARDES, M.M.S. (Org.). **Design em Pesquisa – V. II.** Porto Alegre: Marcavvisual. 2018. p.412-435.

FRANCO, M.L.P.B. **Análise de Conteúdo.** 5. Campinas: Editora Autores Associados, São Paulo, 2018.

GALVÃO FILHO, T.A.; DAMASCENO, L.L.. As novas tecnologias e a Tecnologia Assistiva: utilizando os recursos de acessibilidade na Educação Especial. *In:* CONGRSSO IBERO- AMERICANO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO ESPECIAL, 3. Fortaleza, 2002. Resumos. Fortaleza: MEC, 2002. p.1. Disponível em: <http://www.galvao filho.net/assistiva/assistiva.htm>. Acessado em 07.out.2019.

GALVÃO FILHO, T.A. A Tecnologia Assistiva: de que se trata? *In:* MACHADO, G.J.C.; SOBRAL, M. N. (Org.). **Conexões:** educação, comunicação, inclusão e interculturalidade. Porto alegre: Redes Editora, p.2017-235, 2009.

GARCIA, J.C.D.; *et.al.* A Inovação em Tecnologia Assistiva no Brasil: Possibilidades e Limites. *In.* SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE ESTUDOS SOBRE A DEFICIÊNCIA, 1., 2013, São Paulo. **Anais [...].** São Paulo: Diversitas, 2013. p. 1-15.

GASPARETTO, M.E.R.F. *et al.* Utilização de Recursos de Tecnologia Assistiva por Escolares com Deficiência Visual. **Informática na Educação:** teoria e prática. Porto Alegre. v.15, p. 113-130, jul./dez. 2012.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social.** 6. São Paulo: Atlas, 2008.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 5. São Paulo: Atlas, 2016.

IBC. Disponível em: <http://www.ibc.gov.br/o-ibc/departamentos/departamento-de-educacao>. Acesso em: 16 jul.2019.

IBGE. Censo Demográfico 2010: Características gerais da população, religião e pessoas com deficiência. IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, 2010. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/caracteristicas_religiaoedeficiencia/caracteristica_religiao_deficiencia_tab_pdf.shtm. Acesso em: 12 set.2018.

KASTRUP, V. A Invenção na ponta dos dedos: a reversão da atenção em pessoas com deficiência visual. **Psicologia em Revista**. v.13, n.1, p. 69-89. 2007.

KOTZ, J.C.; TREICHEL, P. **Química e Reações Químicas**. 3. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos. 1998.

MACHADO, D.R.; MACHADO, R.P.; CONFORTO, D. **Dispositivos móveis e usuários cegos: recomendações de acessibilidade em discussão**. Nuevas Ideas em Informática Educativa. p.737-742, 2014.

MANTOAN, M. T. E. (Org.). **O desafio das diferenças nas escolas**. Petrópolis/RJ: Vozes, 2008.v.1, n.12. p.23-30, 2018. Disponível em: <https://www.ifgoiano.edu.br/periodicos/>. Acesso em: 30 mai.2018.

MATEUS, A. L.; *et.al.* A História Química da Radioatividade: incluindo fenômenos em uma abordagem histórica dos modelos atômicos. *In*. ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, XV ENEQ, Brasília. **Anais [...]**. Brasília,2010. p. 1

MARTINS, I.; GÔUVEA, G. Analisando aspectos da leitura de imagens em livros didáticos de Ciências por estudantes do Ensino fundamental no Brasil. **Ensenanza da Las Ciências**, número extra,2005.

MARTINS, R.A. Como Becquerel não descobriu a radioatividade. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. v.7, p. 27-45. jun. 1990.

MARQUES, D.M.; CALUZI, J. J. Ensino de Química e História da Ciência: o modelo atômico de Rutherford. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 4., 2003, Bauru. **Anais [...]**. SP, 2003. p. 1-4

MASI, I. D. Deficiente Visual: educação e reabilitação. **Programa Nacional de Apoio à Educação de Deficientes Visuais**. Brasília: MEC, 2002

MASSON, R.; *et al.* Tabela Periódica Inclusiva. **Journal of Research in Special Educational Needs**, v. 16, n. 1, 2016.

MAZZOTA, M. J. S. **Educação Especial no Brasil: Histórias e Políticas Públicas**. São Paulo: Cortez, 1996.

MELLO, A. R. L. Refletindo sobre a inclusão escolar brasileira. **Journal of Research in Special Educational Needs**. v.15, n.1, p.931-935. 2016.

MIRANDA, A.A.B. História, Deficiência e Educação Especial. Disponível em: <http://atividadeparaeducacaoespecial.com/wpcontent/uploads/2014/09/INCLUS%C3%83O-DEFICENCIA-E-EDUCA%C3%87%C3%83O-ESPECIAL.pdf>. Acesso em 26.jan.2019.

MIT APP INVENTOR. Disponível em: <https://appinventor.mit.edu>. Acesso em: 26 jan.2018

MORAES, L. **A educação especial no contexto do Plano Nacional de Educação**. Brasília: INEP, p.42, 2017.

MOTTA, L. M. V. M. **A audiodescrição na escola: abrindo caminhos para leitura de mundo**. 2013. Disponível em: <<http://www.vercompalavras.com.br/pdf/audiodescricao-na-escola.pdf>>. Acesso 30 out. 2017.

NUERNBERG, A.H. Contribuições de Vigotski para a educação de pessoas com deficiência visual. **Psicologia em Estudo**. Maringá, v.13, n.2, p. 307-316, abr./jun. 2008.

OLIVEIRA, A.S.; FERREIRA, J.E.V. Uma tabela periódica para alunos com deficiência visual acessarem no computador. In: FERNANDES, A.P.C.S.. **Educação Especial: cidadania, memória, história**. 1ed. Belem: EDUEPA, 2017, v.1, P203-217.

PAGNAN, C.S.; NOVAS, A.C. Novas perspectivas da fabricação digital no design social e no desenvolvimento econômico. **Centro de Estudos em Design y Comunicacion**. n. 69, p, 97-112, 2018.

PENA, E. H. G. O.; LINS, A.B. O invisível nas práticas de inclusão de alunos com deficiência visual no curso de bacharelado em direito da UniCaldas: Entre limites e possibilidades de aprendizagem com base na diversidade e nas diferenças. **Revista Internacional de Apoyo a la Inclusion, Logopedia, Sociedad y Multiculturalidad**. v.4, n.2, 85-89, abr.2018.

PINTO, F.C.R.; RODRIGUES, E.A.N. Uma proposta inclusiva: o uso do *Arduino* no ensino de física para alunos com necessidades especiais. **Infor, Inov. Form., Rev.NEaD – Unesp**, São Paulo, v.3, n.1, p.35-48, 2017.

PLETSCH, M.D., MENDES. G.M.L. Entre políticas e práticas: Os Desafios da Educação Inclusiva no Brasil. Dossiê Educação Especial II. **Revista Arquivos Analíticos de Políticas Educativas**. v.23, n.27, 2015.

REIS, N.A. Contribuições da Radioatividade para o desenvolvimento das teorias atômicas de Thomson a Rutherford: um debate histórico epistemológico no Ensino de Química. ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 16./ ENCONTRO DE EDUCAÇÃO QUÍMICA, 10. 2012, Salvador. **Anais [...].2012**, p.1-7

- RODRIGUES, D. As Tecnologias de Informação e Comunicação em Tempo de Educação Inclusiva. *In.* GIROTO, C.R.M. *et al.* (Org). **As Tecnologias nas Práticas Pedagógicas Inclusivas**. 2012. São Paulo: Cultura Acadêmica.
- ROPOLI, E.A.; *et.al.* A Educação Especial na Perspectiva da Inclusão Escolar: **a escola comum inclusiva**. Brasília; Ministério da Educação, secretaria de Educação Especial; Universidade Federal do Ceará. 2010.p.48.
- ROSA, P.I. **A prática docente e os materiais grafo-táteis no ensino de ciências naturais e da terra para pessoas com deficiência visual**: uma reflexão sobre o uso em sala de aula. 2015. Dissertação (Mestrado em Diversidade e Inclusão). Universidade Federal Fluminense, Niterói/RJ. 2015.
- SÁ, E. D.; CAMPOS I.M.; SILVA, M.B.C. Atendimento educacional especializado: deficiência visual. Brasília: Cromos, 2007. *In.* MANTOAN, M.T.E. (Org) **Os Desafio das Diferenças nas Escolas**. Petrópolis. Rio de Janeiro: Ed.Vozes. 4.ed. 2011.
- SANCHES, E.C.P.; BUENO, J.; MACEDO, C.M.S. Imagens táteis tridimensionais: um modelo para a tradução tátil a partir de imagens estáticas bidimensionais. **Revista Brasileira de Design da Informação**. v.14, n.2, p.234-252, 2017.
- SCHLÜNZEN, K. Construção de Ambientes de Aprendizagem: **contribuições para a formação de professores**. *In.* GIROTO, C.R.M. *et al.* (Org). **As Tecnologias nas Práticas Pedagógicas Inclusivas**. 2012. São Paulo: Cultura Acadêmica.
- SILVA, A. S. **Produção de Material Didático Especializado**. Rio de Janeiro: DPME/DTE/IBC 2016.
- SILVA, V.F. **A Educação para a sexualidade com o uso das tecnologias digitais e sua aplicação com estudantes com deficiência visual**. Dissertação (Mestrado Profissional em Novas Tecnologias Digitais). UNICARIOCA. Rio de Janeiro. 2018.
- SILVEIRA, D.T.; CÓRDOVA, F. P. A Pesquisa Científica. *In:* GERHARDT, T.E.; SILVEIRA, D.T. (Org.). **Métodos de Pesquisa**. Porto Alegre/RG: Ed. UFRGS, 2009. Cap.2, p.31-42.
- SOBRAL, J.E.C.; EVERLING, M.T.; CAVALCANTI, A.L.M.S. Ver com as mãos e dar à luz um mundo: a Tecnologia 3D e suas possibilidades cognitivas para pessoas cegas. **Centro de Estudios em Diseño y Comunicacion**. v.1, n.83, p.179-192. 2018.
- SOUZA, I.P.M.; **Análise mista das imagens em livros didáticos de química de segunda série do ensino médio**. 2018. Dissertação em Mestre Profissional em Química. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – Campus Barretos. 2018.

SOUZA, E.G. *et al.* Construção de uma tabela periódica interativa com recurso de áudio adaptada para o ensino de Química a estudantes com deficiência visual. **Multi-Science Journal**, v.1, n.12, p.23-30, 2018.

SOUZA, W.T.; SALES, L.L.M. Radioatividade no Ensino Médio: Análise de livros de Química no PNLD 2015. **Revista de Pesquisa Interdisciplinar**. v.1, Ed. Especial, p.73-79, set./dez. 2016.

TORRES, E.F.; MAZZONI, A.A.; MELLO, A.G. Nem toda pessoa cega lê em Braille nem toda pessoa surda se comunica em língua de sinais. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v.33, n.2, p.369-382, 2007.

UNESCO, Disponível em <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/PF0000233137>. Acesso em: 05 de set de 2019.

USBERCO, J.; SALVADOR, E. **Química**. 9., São Paulo: Saraiva, 2013.

VICENTIN, D. J. **A mobilidade como artigo de consumo**: apontamento sobre as relações com aparelho celular. Dissertação. Mestrado em Sociologia - Universidade Estadual de Campinas, Campinas/SP, 2008.

VOOS, I.C.; GONÇALVES, F. P. Tecnologia Assistiva e ensino de química: reflexões sobre o processo educativo de cegos e a formação docente. **Química Nova na Escola**. v.38, n.4, p.297-205, nov. São Paulo, 2016.

XAVIER, A. M. ; *et al.* Marcos da História da Radioatividade e Tendências Atuais. **Química Nova**. v.30, n.1, p.83-91, 2007.

YIN, R. K. **Estudo de Caso**: planejamento e métodos. 5. Porto Alegre: Bookman, 2015.

APÊNDICES

Apêndice 1 - Roteiro de testagem para os revisores

1. Escolaridade
2. Profissão
3. Tempo de profissão
4. Com que idade sua visão ficou comprometida?
5. Quais são os recursos de Tecnologia Assistiva que você utiliza?
6. Qual o grau de contato com material em relevo no Ensino Médio?
7. Durante o Ensino Médio, como você participou das aulas de Química?
8. Que meios você utiliza para estudar os conteúdos ensinados durante as aulas de Química em que são utilizados esquemas, gráficos e imagens?
9. Você já utilizou materiais em alto relevo em seus estudos? Quais?
10. Quais os benefícios da utilização desses materiais?
11. As texturas apresentadas no caderno de apoio estão bem diferenciadas?
12. O tamanho dos esquemas/ Ilustrações apresentados no caderno de apoio estão adequados?
13. Há necessidade de legenda?
14. De que forma o material contribuiu para o entendimento do conteúdo?
15. O tamanho do equipamento está adequado?
16. É de fácil manuseio?
17. Você já utilizou algum recurso semelhante ao equipamento?
18. O que você acha da inserção do celular, para utilização do áudio, no recurso apresentado?
19. O equipamento auxilia a compreensão dos conteúdos abordados?
20. Com o equipamento há necessidade de descrever as ilustrações ou usar legendas? Por quê?
21. O TOKVOK proporciona autonomia a ponto de o professor ser dispensado?
22. Como você avalia o caderno de apoio associado ao equipamento TOKVOX?

Apêndice 2 - Roteiro da entrevista semiestruturada para os alunos

Autora: Elaine Luiz de Carvalho

Nível: Mestrado Profissional de Ensino de Ciências

O objetivo desse roteiro é fazer um levantamento de dados que vão contribuir para a pesquisa de dissertação que aborda o tema de associação de imagens táteis e áudio para alunos cegos e as suas contribuições para o ensino –aprendizagem.

Procedimento:

A entrevista semiestruturada será dividida em três etapas, descritas a seguir:

1ª Etapa Roteiro das perguntas a serem feitas antes de apresentar o produto educacional.

1. Qual a sua idade?
2. Qual o seu comprometimento visual?
3. Com que idade sua visão ficou comprometida?
4. Quais são os recursos de tecnológicos que você utiliza para estudar?
5. Você utiliza o celular para estudar?
6. Como você participa das aulas de Química?
7. Que meios você utiliza para estudar os conteúdos ensinados durante as aulas de Química em que são utilizados esquemas, gráficos e imagens?
8. Você já utilizou materiais grafotáteis em seus estudos? Quais?
9. Quais os benefícios da utilização desses materiais?

2ª Etapa - Roteiro para as imagens grafotáteis

1. As texturas apresentadas no caderno de imagens estão bem diferenciadas?
2. O tamanho dos esquemas/ Ilustrações apresentados no caderno de imagens estão adequados?
3. Há necessidade de legenda?
4. As imagens são fáceis os difíceis de entender?
5. Você gostaria de descrever alguma imagem apresentada?
6. De que forma o caderno de imagens grafotáteis contribuiu para o entendimento do conteúdo de química apresentado?

3ª Etapa- Roteiro de avaliação do Tokvox (equipamento de áudio com o caderno de imagens grafotáteis e aplicativo)

1. O tamanho do equipamento eletrônico e computacional está adequado?
2. Como você avalia o peso e o transporte do produto educacional?
3. É de fácil manuseio?
4. Você já utilizou algum recurso semelhante ao equipamento?
5. O que você acha da inserção do celular, para utilização do áudio, no recurso apresentado?
6. O equipamento auxilia a compreensão dos conteúdos abordados?
7. Com o equipamento há necessidade de descrever as ilustrações ou usar legendas? Por quê?
8. O equipamento proporciona autonomia a ponto de o professor ser dispensado?
9. Como você avalia o caderno de imagens associado ao equipamento de áudio?
Possui alguma sugestão de melhoria ou alteração?

Apêndice 3 - Transcrição da avaliação da R1 para a matriz Ação do Campo Elétrico sobre as radiações

PROFESSOR	REVISOR
Qual a localização do material radioativo?	Tá aqui.
Você percebe diferença na textura das linhas que saem daí?	Não. Aí elas estão iguais, aí quando chega aqui. Elas se separam e vai cada um para... uma vai pro alfa, uma setinha apontando uma para gama e uma para beta.
E nesse ponto de separação você diferencia as texturas do alfa, beta e gama? ou estão próximas?	Estão bem próximas. Até que aqui não, porque tem as setinhas que apontam para cada letra. Aí já dá para perceber.
No início, parece uma coisa só?	Na verdade elas são o mesmo raio. Então nesse ponto, não deveriam ser diferenciadas não.
E nas placas carregadas, não usamos o Braille, usamos os sinais do Sistema Comum de escrita.	Acho que deveria ter o sinal em Braille pelo menos embaixo. Tem espaço.
O que achou da textura da tela fluorescente?	Achei ótima, ela é bem lisinha, tá ótima essa textura.
E o bloco de chumbo, a abertura deveria ser maior?	Não precisa, está dando para entender.
Como você avalia as texturas? Precisa mudar alguma?	Estão boas. Não.
Você poderia descrever a imagem?	É um bloco de chumbo que tem um material radioativo dentro dela, aí ela tem uma abertura. Desse material radioativo saem raios que passam por uma placa carregada que em cima é negativo e embaixo é positivo, aí esses raios se dividem e vão dar numa parede... numa tela fluorescente.

Fonte: Dados da Pesquisa

Apêndice 4 - Transcrição da gravação da R1 para a matriz Poder de Penetração

PROFESSOR	REVISOR
O que você observa?	Aí, tem alfa, aí a linha que vai até aqui.
Nesse ponto tem um anteparo.	É uma espécie de paredinha.
Vamos para a partícula beta.	É um ziguezague, bem mais fechado que vai dar no primeiro anteparo, que passa do segundo anteparo e vai para um outro anteparo.
Você poderia descrever a imagem?	Tem a letra alfa e dela sai um ziguezague aberto, que vai dar numa parede fininha. Depois tem beta, é um pouco mais fechado que vai ultrapassar essa placa fininha e vai dar numa parede de madeira. Depois o gama que é o mais fechado que vai ultrapassar essa placa fina, vai ultrapassar essa placa de madeira e pra uma placa mais larguinha, que é fria, gelada.
E as legendas?	A legenda está boa, está correspondendo com os números, mas assim, o ideal é que ela ficasse antes da figura. Porque o aluno lendo antes, ele já teria uma noção melhor para descrever o que está na figura.

Fonte: Dados da pesquisa

Apêndice 5- Transcrição da avaliação da R1 para a matriz Fissão Nuclear – Reação em cadeia

PROFESSOR	REVISOR
A imagem começa pela representação do nêutron.	Tem uma seta, indicando para o nêutron, aí tem seta que vai dar numa bolinha, uma seta grande que vai dar ... numa coisa parecida com o “Sol”.
Essa representação “Sol” significa energia liberada.	Em cima tem uma bolinha e embaixo tem outra bolinha. Aí tem uma seta que vai dar na energia. Até aqui, no nêutron de novo. Aí essa seta (central) vai dar em outro nêutron e essa em outro nêutron. Então dessa figura aqui (energia).
As texturas estão diferenciadas?	Estão sim, bem diferenciadas.
Você acha que o Braille está longe do núcleo fissionável?	Está na direção, mas está longe.
E o nêutron do início, precisa ter uma indicação?	Não, só no núcleo fissionável, colocar uma seta.
Você entendeu o esquema?	Essa imagem precisa de uma explicação do professor, ela não dá autonomia pra eu entender sozinha.
E agora, após a explicação?	Depois que você explicou, eu entendi.
Você gostaria de descrever a imagem?	Uma setinha apontando para o nêutron e outra apontando para o átomo grande. Aí nesse átomo grande tem uma outra seta grande e ele vai dividir o átomo em dois e ele vai liberar energia e três nêutrons.
Precisa de legenda ou o Braille está posicionado corretamente?	Aqui a posição do Braille está adequada, mas assim, a legenda ajudaria um pouco.
Você prefere que tenha legenda?	Sim.

Fonte: Dados da Pesquisa

Apêndice 6 - Transcrição da avaliação da R1 para a matriz Símbolo Radioativo

PROFESSOR	REVISOR
Você entendeu a imagem?	Eu entendi. Ela é um quadrado com um símbolo radioativo, que é um círculo central com três pás em volta desse círculo.
Alguma observação?	Os símbolos de segurança do laboratório, eu gostei muito, eles são importantes e eu não tinha noção de como era a forma deles, pra mim foi muito importante saber como ele é constituído.

Fonte: Dados da Pesquisa

Apêndice 7 - Transcrição da avaliação da R1 para a matriz Reator Nuclear

PROFESSOR	REVISOR
Você consegue diferenciar os envoltórios?	Tá dando para diferenciar bem, as texturas de cada envoltório está bem diferenciada.
E as barras do envoltório 2?	Bem diferenciadas.
E as turbinas?	Podiam ser pouquinho coisa maior, mas a textura está bem diferenciada.
E os condensadores?	Está dando para perceber, dá pra gente perceber que faz um ziguezague, o outro também, um pouco mais fechado.
E o mar?	Tá dando para perceber bem, que é uma textura de água, fazendo as ondas do mar direitinho.
É preciso do professor para explicar?	É assim...com o professor explicando dá uma autonomia, porque eu nunca tinha visto um reator nuclear, aí precisou de uma explicação.
Você consegue descrever a imagem?	Ela tem uma cúpula maior... uma grande com duas menores. A da esquerda tem umas barras que são duas para cima e três para baixo, dá para diferenciam a cúpula e o que sai dela vai para ... isso, uma bomba. Depois dá pra ver que ela está indo para a cúpula onde tem um ziguezague, que tem água dentro, depois ela vem pra cá, saindo dela tem uma seta que vai dar na turbina e pra tomada. Depois ela volta e a água cai aqui, numa parte mais estreita e depois numa mais larga, onde tem outro ziguezague que vai dar no mar.

Fonte: Dados da Pesquisa

Apêndice 8 - Transcrição da avaliação das revisoras sobre o manuseio do equipamento

PROFESSOR	REVISORA R1	REVISORA R2
Equipamento físico com base em MDF.	Esse equipamento tem um tamanho adequado e é leve.	É leve, O tamanho está bom para usar na escola.
Manuseio do equipamento	É de fácil manuseio, fácil de ligar e desligar, tem a chavinha de ligar e desligar. É fácil achar os sensores e posicionar a etiqueta. Mas acho que é preciso ter uma marcação. Ele avisa quando ela (a etiqueta) não está posicionada. O toque é fácil.	O som da chave liga/desliga ajudou, porque senão a gente não perceberia quando fosse ligar. (fig.30) O toque é fácil, depois que a gente pega o jeito.
Você já utilizou algum equipamento semelhante?	Não.	Não, semelhante não
O que você achou do celular, como recurso de áudio?	É muito importante, porque através do celular, ele vai falar o que está nas imagens, vai descrever, vai dar o conteúdo, conforme formos apertando o sensor ele vai falando. O áudio com a imagem facilita muito.	É muito bom, porque pode usar o fone e celular geralmente todo aluno tem.

Qual a sequência que você utilizou o equipamento?	Primeiro eu ouço o áudio e depois passo a mão no material pra ver, mesmocom as mãos.	Eu me baseei pela etiqueta, antes dela chegar ao fim, eu parei, então ficou posicionada no sensor.
---	--	--

<p>Você acha que deveria ter a audiodescrição das imagens?</p>	<p>É quando não tem professor por perto e o aluno quer consultar sozinho as imagens, seria interessante.</p>	<p>Acho melhor só o conteúdo, não é preciso fazer audiodescrição. Mania de audiodescrição em tudo.</p>
<p>E com o aparelho seria necessário usar legendas nas imagens?</p>	<p>Se o aparelho descreve a imagem no todo, aí a legenda seria dispensada.</p>	<p>Com o equipamento não há necessidade de usar, dispensa legenda.</p>
<p>Como você avalia o conjunto caderno de imagens mais equipamento?</p>	<p>É de grande importância. Eu achei que esse aparelho auxilia bastante na compreensão.</p>	<p>Os dois se completam, eu falava da legenda porque eu não conhecia. Vai estimular o aluno, é mais uma Tecnologia e sai um pouco do Braille, do relevo.</p>
<p>O Produto Educacional desenvolvido proporciona autonomia a ponto do professor ser dispensado?</p>	<p>Não. Se o professor já tiver explicado o conteúdo o produto vai ajudar bastante, mas o professor tem que ter explicado antes.</p>	<p>Não totalmente. Eu acho que com o tempo o aluno aprende a usar sozinho, mas a mediação é sempre boa.</p>

Fonte: Dados da Pesquisa

Apêndice 9 -Respostas da entrevista semiestruturada do aluno A1

Parte 1

P: Qual a sua idade?

A1: *15 anos.*

P: Qual o seu comprometimento visual?

A1: *Cego. Glaucoma.*

P: Com que idade sua visão ficou comprometida?

A1: *Eu já nasci assim.*

P: Quais são os recursos de tecnológicos que você utiliza para estudar?

A1: *Celular e computador*

P: Você é tecnológico?

A1: *Sim, muito!*

P: Você prefere estudar por meio da leitura tátil ou ouvindo?

A1: *Prefiro ouvir, muitas das vezes.*

P: Por quê?

A1: *Sei lá é mais fácil o entendimento pra mim.*

P: Você é concentrado?

A1: *Sim.*

P: Você utiliza o celular para estudar ou o computador?

A1: *Os dois.*

P: Qual você utiliza mais?

A1: *O computador. É mais fácil de mexer.*

P: Como você participa das aulas de Química?

A1: *Como assim?*

P: Você fala ou não fala, você pensa nas questões levantadas ou você levanta questões?
Como é o seu comportamento durante as aulas de química?

A1: *Eu acho que sou bastante participativo. Eu gosto de estar sempre questionando, perguntando, como funcionam as coisas.*

P: Que meios você utiliza para estudar os conteúdos ensinados durante as aulas de Química em que são utilizados esquemas, gráficos e imagens?

A1: *Eu gosto quando tem a questão dos gráficos, eu fico analisando tudo. Tudo o que eu posso absorver e prestar atenção naquilo.*

P: Esse material é fornecido a vocês de que forma? Texturizado ou em película?

A1: *Acho que depende, os dois são dados.*

P: Você já utilizou materiais grafotáteis? em que disciplinas?

A1: Sim. *Química e Física também.*

P: Quais os benefícios da utilização desses materiais?

A1: *Eu acho que eles estão aí, para simplificar o entendimento maior para as pessoas com deficiente visual. Porque a gente não pode ter noção por exemplo do símbolo radioativo, então se ele estiver ali mostrando pra gente, dá pra ter uma noção.*

Parte 2

P: As texturas apresentadas nas imagens estão bem diferenciadas?

A1: *Sim.*

P: Só sim?

A1: *Dá pra entender bem, no caso do poder de penetração achei a ideia das ondas bem legal, ainda tem uma legenda embaixo.*

P: O tamanho das imagens apresentados no caderno grafotátil estão adequados?

A1: *Tá, tá legal, tá sim. Eu achei legal, tem uma setinha no reator indicando todo o caminho...*

P: Há necessidade de legenda?

A1: *A do reator, do poder de penetração e o da fissão, os outros não. Esse do símbolo radioativo, não precisa.*

P: As imagens são fáceis ou difíceis de entender?

A1: *Algumas são fáceis e outras mais difíceis que requer mais explicação. Depois que você explica fica mais fácil de entender.*

P: Você gostaria de descrever alguma imagem apresentada?

A1: *Ah! Seria a da fissão em cadeia, a que eu gostei achei bem legal.*

Bem começa com uma seta indicando né ... o nêutron, aí tem outra seta indicando que ele tá batendo no...núcleo, aí depois desse núcleo tem...(acho que isso é uma seta grande) aí leva para o símbolo de energia e em cima tem mais duas partículas.

P: Uma embaixo e outra em cima.

A1: *Isso, uma embaixo e outra em cima do símbolo de energia.*

P: Maiores ou menores que o núcleo fissionável?

A1: Menores. E desse símbolo de energia de cada... ele parece uma estrela...né... de cada pontinha dessa estrela tem ... três pontas que saem três setas e no final delas tem um nêutron.

P1: O que acontece com esses nêutrons?

A1: Esses nêutrons vão se chocar com outros ... núcleos, formando mais energia.

P: De que forma o material contribuiu para o entendimento do conteúdo?

A1: Muito! Essa questão do reator nuclear, é uma coisa que eu não fazia a mínima ideia, assim, todo mundo falava, o reator não sei o quê, mas eu não como funcionava direito, como aquilo gerava energia elétrica. Agora eu já sei, que o vapor gira a turbina.

Parte 3

P: O tamanho do equipamento eletrônico e computacional está adequado?

A1: Sim, tá legal. Não ocupa muito espaço.

P: Como você avalia o peso e o transporte do produto educacional?

A1: Ele é leve, por ser feito de uma madeira fininha. Acho que é fácil transportar.

P: É de fácil manuseio?

A1: Ah! É bastante. Eu gostei.

P: Você já utilizou algum recurso semelhante ao equipamento?

A1: Existem equipamentos para leitura de livros, eles escaneiam e passam aquilo pra você. Mas semelha esse com imagem tátil, que você pode colocar num equipamento assim...Não.

P: O que você acha da inserção do celular, para utilização do áudio, no recurso apresentado?

A1: Eu gostei muito, achei uma ideia legal, porque assim, na maioria das vezes quando as pessoas fazem um equipamento, eles colocam uma memória que fica no aparelho, mas acho que fica mais complicado de fazer sim, no celular fica mais fácil.

P: O equipamento auxilia a compreensão dos conteúdos abordados?

A1: Vai auxiliar.

P: Por quê?

A1: *Vai ficar mais fácil, porque aqui você coloca o caderno que você pode tatear a imagem e você recebe mais informações sobre a matéria, sobre o assunto, a parte escrita da questão.*

P: Com o equipamento há necessidade de descrever as ilustrações ou devemos colocar só o conteúdo?

A1: *Só o conteúdo, porque a imagem já dá pra entender bastante. Você combina com o conteúdo e dá para entender mais.*

P: Você usaria legendas?

A1: *Legendas...*

P: Junto com o equipamento.

A1: *Não. Junto com o equipamento acho que não, não precisa não.*

P: O equipamento proporciona acessibilidade a ponto do professor ser dispensado?

A1: *Bem...eu acho que o professor continua sendo importante.*

P: Por quê?

A1: *Porque o professor, ele pode te explicar mais. Isso aqui seria legal, pra sei lá... estudar sozinho, ter numa biblioteca junto com o caderno de imagens, seria legal.*

P: Você usaria na biblioteca do IBC?

A1: *Com certeza usaria, tirar dúvida de Química.*

P: Como você avalia o caderno de imagens associado ao equipamento de áudio?

A1: *Cara, muito legal! Achei uma ideia assim, incrível. Muito maneiro, nunca tinha visto ninguém, nem pensar e nem comentar nada sobre isso.*

P: Possui alguma sugestão de melhoria ou alteração?

A1: *Hum... sugestão ...tá ai ...não sei.*

P: Você precisaria usar mais?

A1: *Sim.*

P: Por enquanto, assim, está bom?

A1: *Tá bom.*

Apêndice 10 - Respostas da entrevista semiestruturada do aluno A2

P: Qual a sua idade?

A2: *15 anos, vou fazer 16 esse ano.*

P: Qual o seu comprometimento visual?

A2: *Cegueira. Câncer nos olhos.*

P: Com que idade sua visão ficou comprometida?

A2: *1 ano e 2 meses*

P: Você sabe por quê ?

A2: *Câncer nos olhos.*

P: Você prefere estudar por meio da leitura tátil ou áudio?

A2: *Tátil.*

P: Por que?

A2: *Porque eu consigo entender melhor.*

P: Você é tecnológica?

A2: *Sim, porque tenho telefone celular e mexo nas redes.*

P: Qual a marca do seu celular?

A3: *Motorola.*

P: E a acessibilidade do seu celular?

A3: *É o costume de usar.*

P: Você usa o talkback?

A3: *Sim, é o que tenho no celular.*

P: Você usa recursos tecnológicos para estudar?

A2: *Só pra fazer pesquisa, no momento ... só pra fazer pesquisa.*

P: Quais você utiliza para estudar?

A2: *Celular*

P: E o computador?

A2: *Não...não tenho.*

P: E na escola?

A2: *Na escola, não uso também não.*

P: Não usa porque não é acessível, não tem oportunidade ou você não gosta?

A2: *Não tenho oportunidade e não sei mexer muito no computador, prefiro o telefone.*

P: E você utiliza o celular também para estudar?

A2: *Sim, alguma coisa que o professor manda por e-mail, eu vejo no telefone.*

P: Como você participa das aulas de Química?

A2: *Eu presto bastante atenção, quando ela pede pra ler, eu acompanho e quando ela dita, eu escrevo.*

P: Você compreende as aulas?

A2: *Sim*

P: Que meios você utiliza para estudar os conteúdos ensinados durante as aulas de Química em que são utilizados esquemas, gráficos e imagens?

A2: *Eu só vejo na hora que o professor tá dando, eu presto muita atenção pra eu poder entender..*

P: *Você já usou material grafotátil? material em película plástica.*

A2: *Não. só na última aula da senhora.*

P: Em física você não usou?

A2: *Não assim não. Em física só tinha apostila em película.*

P: Você se importa em ler o Braille em película de PVC?

A2: *Não...não me importo, agarra bastante.*

P: E para imagem?

A2: *Fica melhor que no papel.*

P: Se você receber uma imagem texturizada em papel e outra em película de PVC?

A2: *Sim, fica melhor.*

P: Quais os benefícios da utilização desses materiais?

A2: *A gente guarda bastante coisas e não temos poucos livros ou poucas apostilas, então o peso, se fosse de papel apagaria e esse grafotátil não apaga demora mais para apagar que a folha normal.*

P: Então tem uma durabilidade maior.

A2: *Sim.*

Parte 2

P: As texturas apresentadas nas imagens estão bem diferenciadas?

A2: *Sim ... bastante..*

P: E o tamanho?

A2: *O tamanho tá bom, não precisa aumentar e nem diminuir, tá bom.*

P: E o Braille?

P: Há necessidade de legenda?

A2: *Pra algumas imagens sim, aquelas que a gente possa ter mais dificuldades, a legenda é importante, mas outras são bem fáceis de entender.*

P: As imagens são fáceis ou difíceis de entender?

A2: *Algumas são fáceis e outras são mais difíceis*

P: Você gostaria de descrever alguma imagem apresentada?

A2: *Se eu conseguisse, sim.*

P: Qual você mais gostou?

A2: *Eu gostei da radiação, o símbolo radioativo.*

P: Como você descreveria para um colega?

A2: *Um círculo no meio e em volta dele, teria três... num...num formato de leque.*

P: De que forma o material contribuiu para o entendimento do conteúdo?

A2: *Hum... fica mais fácil de entender com o desenho, do que só lendo e ouvindo. A gente que não enxerga não tem como ver uma imagem no Google ou em qualquer outro aplicativo no telefone, muitas das vezes, não temos acessibilidade necessária pra isso e mesmo a pessoa descrevendo pra gente, nem todo mundo consegue descrever e nem tudo dá para descrever, porque às vezes fica muitas voltas... acho que ficaria meio difícil de entender.*

P: então a imagem grafotátil é importante pra vocês?

A2: *Sim, prá gente poder entender mais a matéria.*

Parte 3

P: O tamanho do equipamento eletrônico e computacional está adequado?

A2: *Sim, está legal. Ele dá em cima da mesa, dá pra carregar, é leve, não é pesado*

P: E o manuseio?

A2: *Achei fácil.*

P: Colocar etiqueta, tirar etiqueta, ligar e desligar, você pode falar sobre isso.

A2: *É fácil, não é difícil não, se você aprender e prestar atenção assim que você aprende a manusear.*

P: E apertar as teclas?

A2: *No momento agora ficou um pouco difícil porque não dá pra gente achar mais depois quando tiver maior acessibilidade, vai dar pra gente achar, vai ficar bem melhor.*

P: Então vamos ligar e desligar o aparelho e você aperta.

A2: *É porque é tudo liso, a gente teria que ficar apertando em tudo pra gente ver o botão onde não tem.*

P: Então quando fizemos a marcação nas folhas, para você saber onde apertar, você achou legal?

A2: *Sim, porque se não tivesse a marcação a gente teria que ficar apertando em tudo, a gente não saberia onde tem e não tem texto.*

P: E se pudéssemos produzir de forma que onde você apertasse saísse o texto em áudio? Você acha que seria melhor?

A2: *Acho que sim.*

P: Você já utilizou algum recurso semelhante ao equipamento?

A2: *Não.*

P: Nada parecido? Aqui no IBC?

A2: *Não... não que me lembre.*

P: O que você acha da inserção do celular, para utilização do áudio, no recurso apresentado?

A2: *Bom. Porque se você puder botar um fone de ouvido, numa sala de aula, num lugar, numa biblioteca que você queira estudar, não precisa falar alto pra todo mundo ouvir, dá pra você conectar o fone de ouvido e ouvir só você pra não atrapalhar as outras pessoas.*

P: Você acha que o equipamento vai auxiliar nos conteúdos abordados?

A2: *Sim, bastante. O equipamento diz o texto.*

A1: *Vai auxiliar.*

P: Com o equipamento você acha que é necessário descrever as imagens ou usar legendas?

A2: *Não. O equipamento diz, então não precisa.*

P: Você usaria legendas?

P: Junto com o equipamento.

P: O equipamento proporciona acessibilidade a ponto do professor ser dispensado?

A2: *Não, algumas coisas precisam da ajuda do professor, até para explicar as imagens mais difíceis, por exemplo, você conectou o aparelho e tudo mais, mas você não conseguiu entender o que o aparelho disse ou ele disse... você ouviu...ótimo... a altura*

tá boa também... mas você não conseguiu entender muito bem, aí você pode perguntar ao professor ou alguém mais específico.

P: Como você avalia o caderno de imagens associado ao equipamento de áudio?

A2: *Bom, está acessível, não tá grande e nem pequeno, dá pra manusear bem.*

P: *O que você acha de usar a imagem junto com o áudio?*

A2: *Boa, ficou bom.*

P2: Você gosta?

A2: *Sim.*

P: Você acha que vai te ajudar mais?

A2: *Sim.*

P: Como isso te ajuda?

A2: *Fica mais fácil pra entender a imagem ou entender o que está sendo tido, você fazendo as duas coisas ao mesmo tempo ou ouvindo primeiro e logo em seguida ver a imagem.*

P: Possui alguma sugestão de melhoria ou alteração?

A2: *Não, pra mim tá tudo bom*

P: Você precisaria usar mais?

Apêndice11- Respostas da entrevista semiestruturada do aluno A3

P: Qual a sua idade?

A3: *19 anos.*

P: Qual o seu comprometimento visual?

A3: Cega.

P: Com que idade sua visão ficou comprometida?

A3: *Já nasci assim, tia.*

P: Você sabe porquê ?

A3: Ah... os médicos falam pra minha mãe que durante seis meses eu tinha como enxergar, aí depois que passou os seis meses, não deu mais porque as córneas paralisaram ficaram tipo areia.

P: Você é tecnológica?

A3: Mais ou menos.

P: Por que?

A3: Há... tipo... eu mexo no computador de vez em quando e no telefone é mais no WhatsApp, é o que eu mais uso.

P: Você usa recursos tecnológicos para estudar?

A3: Uso.

P: Quais você utiliza para estudar?

A3: Celular, computador quando estou em casa.

P: E no computador, você usa que programa?

A3: Dosvox.

P: Você sabe que é Tecnologia Assistiva?

A3: Não.

P: Não tem nem ideia?

A3: Não.

P: O que você utiliza que te dá autonomia e independência pra estudar?

A3: O celular.

P: Você utiliza o celular pra estudar ou só pra ler mensagens?

A3: Ah... tem vezes que varia, mas pra estudar nem tanto, porque até então, eu não faço pesquisa por telefone.

P: Você usa o *Talkback*?

A3: Uso. Porque sem o *Talkback*, eu não me comunico com ninguém. No celular só existe esse.

P: Qual a marca do seu celular?

A3: *Multilaser. Ele é ruim, não tem quase espaço.*

P: E a acessibilidade dele?

A3: *Quando não trava é bom...mas quando trava não.*

P: Ele trava muito?

A3: *Sim, quando tem muito grupo e quando um trabalho é pesado, aí preciso da ajuda dos meninos da sala.*

P: O que você utiliza mais para estudar?

A3: *A reglete, o punção.*

P: E as apostilas? Os cadernos?

A3: *Apostilas, sim.*

P: Você usa muito o Braille?

A3: *Uso.*

P: E a sua leitura, no Braille, é boa?

A3: *Mais ou menos.*

P: Como você participa das aulas de Química?

A3: *A sim... eu acho que né.. era boa...mas assim... boa... mas teve um período que eu faltei muito porque estava doente.*

P: mas você gostava de perguntar, questionar?

A3: Não.

P: Você entendia o conteúdo?

A3: Entendia, só não gostava de perguntar... mas gostava de questionar.

P: Que meios você utiliza para estudar os conteúdos ensinados durante as aulas de Química em que são utilizados esquemas, gráficos e imagens?

A3: *Ele dava um papel como esse aqui (película de PVC, ele dava e perguntava “ gente verifica pra ver se tá tudo certinho, se tem algum erro, se as coisas estão iguais as que eu falei pra vocês e só.*

P: E você entendia o que estava no material?

A3: *Entendia.*

P: E quais foram os materiais grafotáteis que vocês usaram?

A3: *Nossa... eu só lembro de um que era uma folha bem pequena, bem menor que essa e tinha um outro papel normal branco, junto com esse (película) e tinha as coisas escritas que ele...*

P: E você não lembra o que estava escrito.

A3: *Não...não lembro, ele está lá em casa.*

P: E os outros professores?

A3: *Ninguém.*

P: E o professor de Física?

A3: *Usava a apostila dele.*

P: Quais os benefícios da utilização desses materiais grafotáteis?

A3: Ah... tia, assim no meu particular, eu não gosto muito desse material não.

P: Você não gosta deles para imagens ou para leitura.

A3: Pra imagens eu gosto, mas pra leitura que é ruim, que gruda o nosso dedo, gruda muito no papel.

P: Então para imagem você acha que ele é válido?

A2: Sim.

P: Ou você prefere receber um material texturizado no papel?

A3: Não, tá bom esse tia, só não dá pra ficar lendo muito, porque até então a gente lê Braille assim. As vezes tem gente que lê rápido e outro lê devagar. Então as pessoas que leem rápido, eu acho que eu leio rápido, se embola um pouco, porque o nosso dedo faz assim... gruda.

Parte 2

P: As texturas apresentadas nas imagens estão bem diferenciadas?

A3: *Sim*

P: Deu para você diferenciar bem?

A3: Deu.

P: Você recebeu várias imagens, o tamanho está adequado?

A3: *Tá, tão boas*

P: Como você faz a leitura desses materiais? Qual a ordem?

A3: *Primeiro leio o título, depois eu vou descendo pra baixo, pra ver o que está escrito e as coisinhas que tem.*

P: Você gostaria de descrever alguma imagem apresentada?

A3: Não.

P: Nenhuma?

A3: Não

P: E o Braille?

P: Há necessidade de legenda?

A3: *Tem que colocar legenda, para as pessoas saberem do que se trata.*

P: As imagens são fáceis ou difíceis de entender?

A3: São mais ou menos. Umas difíceis e outras fáceis.

P: Qual você mais gostou?

A3: *Modelo de Rutherford*

P: Como você descreveria para um colega?

A3: *Tem uma bolinha no meio e um círculo grandão em volta.*

P: De que forma o material contribuiu para o entendimento do conteúdo?

A3: *Ajuda entender, se for uma coisa que eu não saiba eu vou poder saber.*

Parte 3

P: O tamanho do equipamento eletrônico e computacional está adequado?

A3: *Deveria diminuir um pouquinho.*

P: Como você avalia o peso e o transporte do produto educacional?

A3: *Eu acho fácil transportar, só basta a pessoa saber carregar.*

P: E o peso?

A3: *Leve.*

P: É de fácil manuseio?

A3: *É achei fácil.*

P: E o posicionamento das etiquetas?

A3: *As vezes eu posicionava bem, as vezes não, mas achei legal.*

P: Você já utilizou algum recurso semelhante ao equipamento?

A3: Não.

P: O que você acha da inserção do celular para utilização do áudio, no recurso apresentado?

A3: *Achei que a voz poderia sair mais alta.*

P: O equipamento auxilia a compreensão dos conteúdos abordados?

A3: Sim.

P: Por quê?

A3: *Auxilia porque a gente pode estudar tanto com professor quanto na ausência do professor, em casa, em qualquer lugar.*

P: Com o equipamento há necessidade de descrever as ilustrações ou devemos colocar só o conteúdo?

A3: *Não... porque o equipamento já está falando tudo praticamente que está na figura.*

P: O equipamento proporciona acessibilidade a ponto do professor ser dispensado?

A3: *Depende... talvez sim... talvez não.*

P: Por quê?

A3: *Assim... as vezes a gente tá com uma dúvida que nem o aparelho ia conseguir, uma dúvida grave, mas fora isso sim.*

P: Você usaria o equipamento?

A3: Usaria.

P: Onde?

A3: *Se não tiver professor usaria, usaria na biblioteca, em casa e na sala de aula.*

P: Como você avalia o caderno de imagens associado ao equipamento de áudio?

A3: *Eu achei que ficou legal e não tive mais nenhuma dificuldade, porque a gente foi... as coisas que estão aparecendo tudo aqui no aparelho, a gente não fica mais com dúvida.*

P: Possui alguma sugestão de melhoria ou alteração?

A3: *Não. Eu achei bom, acho que vai ser útil e vai ajudar muitas pessoas.*

P: Nada?

A3: Nada.

Apêndice12-Respostas da entrevista semiestruturada do aluno A4

P: Qual a sua idade?

A4: 19 anos

P: Qual o seu comprometimento visual?

A4: Cego

P: Com que idade sua visão ficou comprometida?

A4: Aos 8 anos

P: Você sabe por quê ?

A4: *Leptospirose. Peguei leptospirose, fui para o hospital fiquei lá 1 ano, depois me recuperei.*

P: Você usa recursos tecnológicos para estudar?

A4: *Para pesquisa, eu uso celular e computador.*

P: Você utiliza o celular para estudar?

A4: *Não muitas vezes. Eu uso quando é coisa mais voltada a vídeo, uma pesquisa do tipo... quando é texto, eu prefiro o computador.*

P: Mas como é feita a pesquisa, no celular?

A4: *As pesquisas geralmente no celular, eu faço no Youtube, geralmente. Mas também pesquiso no Google.*

P: Você tem facilidade para usar computador e o celular?

A4: *Tenho*

P: Há quanto tempo você utiliza esses recursos tecnológicos??

A4: *O computador, eu uso desde que fiquei cego.*

P: Há que programa você utiliza?

A4: *O Dosvox*

P: E o NVDA?

A4: *Não uso muito. Acho muito complexo. Tem que ter paciência para poder aprender. O Dosvox é mais simples. O NVDA precisa aprender uma série de coisas, aprender atalhos, precisa aprender uma série de coisas. O Dosvox, não. Geralmente você usa só letras, você aperta uma letra e abre um programa do Windows, então precisa aprender praticamente mexer com o Windows.*

P: Como você participa das aulas de Química?

A4: *Eu me sinto interessado, gosto de tudo.*

P: Você compreende as aulas?

A4: *Sim*

P: Que meios você utiliza para estudar os conteúdos ensinados durante as aulas de Química em que são utilizados esquemas, gráficos e imagens?

A4: *Que eu me lembre o professor só deu uma figura pra gente. Deixa eu lembrar... eu acho que ele, só deu uma relacionada a propriedade da matéria.*

P: Vocês utilizaram o caderno grafotátil de separação de misturas?

A4: *Não. Ele fez uma experiência com a gente de separação de mistura.*

P: Não utilizou o caderno grafotátil em química?

A4: *Não que eu me lembre.*

P: Você já usou material grafotátil, material em película plástica, em seus estudos?

A4: *Já.*

P: Em quais matérias?

A4: *Em Física, a gente usa direto. Em Biologia e Geografia.*

P: Então você tem experiência nesse tipo de material?

A4: *Tenho*

P: Você gosta de ler o Braille em película de PVC?

A4: *Não. Não gosto, prende o dedo, tem que ler muito devagar, eu odeio*

P: E para imagem?

A4: *Para imagem é bom, para gráfico é bom. Para a escrita, eu não acho nada adequado, a não ser que eles arrumem um jeito de não prender no nosso ded.*

P: Se você receber uma imagem texturizada em papel e outra em película de PVC?

A4:

P: Quais os benefícios da utilização desses materiais?

A4: *O benefício é que ele dá uma noção da forma, da estrutura das coisas.*

Parte 2

P: As texturas apresentadas nas imagens são bem diferenciadas?

A4: *São, pra mim dá pra diferenciar.*

P: E o tamanho das imagens?

A4: *Estão boas*

P: E o Braille?

A4: *Está certo*

P: Há necessidade de legenda?

A4: *Eu acho melhor ter, porque dá pra se orientar melhor.*

P: As imagens são fáceis ou difíceis de entender?

A4: *Fáceis.*

P: Todas?

A4: *Não, todas não.*

P: Quais são as mais fáceis?

A4: *Poder de penetração, ação do campo elétrico, símbolo radioativo, fissão. O reator é um pouquinho complicado.*

P: E se não tivesse explicação no Reator nuclear?

A4: *Eu acho que me perderia, porque a legenda está atrás.*

P: E a imagem da lâmina de ouro?

A4: *Acho um pouco complicado, acho que teria que ter alguma coisa dizendo que esse é menos que esse.*

P: Você gostaria de descrever alguma imagem apresentada?

A4: *A do símbolo radioativo*

P: Como você descreveria para um colega?

A4: *Imagina uma hélice de ventilador. Uma bola no meio, com três formas meio que num triângulo, só que com uma ponta maior, encostada praticamente na bola.*

P: De que forma o material contribuiu para o entendimento do conteúdo?

A4: *A gente tem mais noção, né do que é as coisas.*

P: Você acha que aprende mais?

A4: *Hum...Hum*

P: Como você faz a imagem mental quando o professor explica. Você consegue criar uma imagem?

A4: *Nem sempre, a não ser que ele seja muito bom para descrever.*

P: Com a imagem grafotátil, você consegue fazer?

A4: *Consigno. Eu consigo imaginar melhor.*

P: Então a imagem grafotátil é importante para vocês?

A4: *Sim*

Parte 3

P: O tamanho do equipamento eletrônico e computacional está adequado?

A4: *Tá. Está do tamanho da folha*

P: Como você avalia o peso e o transporte do produto educacional?

A4: *Bem o peso tá bom, é leve, mas em relação a parte superior está alta.*

P: É de fácil manuseio?

A4: *É... sei lá, sei lá se é treino ou se é posição... acho que vou perder tempo.*

P: Você já utilizou algum recurso semelhante ao equipamento?

A4: *Não.*

P: O que você acha da inserção do celular para utilização do áudio, no recurso apresentado?

A4: *Bom. Porque a gente carrega o celular pra cima e pra baixo.*

P: O equipamento vai auxiliarna compreensão dos conteúdos abordados?

A4: *Vai, porque ele tá lendo e eu posso ver a figura.*

P: Com o equipamento há necessidade de descrever as ilustrações ou devemos colocar só o conteúdo?

A4: *Acho que o equipamento deveria ler coisas maiores e não legendas, ler um texto e não legendas.*

P: O equipamento proporciona acessibilidade a ponto do professor ser dispensado?

A4: *Não sei... só testando.*

P: Você usaria na biblioteca do IBC?

A4: *Sim*

P: Como você avalia o caderno de imagens associado ao equipamento de áudio?

A4: *Vai ser mais rápida a leitura.*

P: Possui alguma sugestão de melhoria ou alteração?

A4: *Eu abaixaria a parte superior e faria ele dobrável. Gostaria de um troço para segurar um papel uma guia.*

Apêndice 3- Respostas da entrevista semiestruturada do aluno A5

Parte 1

P: Qual a sua idade?

A5: *17 anos.*

P: Qual o seu comprometimento visual?

A5: *É...cego total*

P: Com que idade sua visão ficou comprometida?

A5: *Desde que nasci, congênito.*

P: Quais são os recursos de tecnológicos que você utiliza para estudar?

A5: *É...máquina Perkins, é livro em braile e outros.*

P: Você é tecnológico?

A5: *Sim*

P: Você prefere estudar por meio da leitura tátil ou ouvindo?

A5: *Pelo Braille*

P: Por quê?

A5: *Eu gosto*

P: Você é concentrado?

A5: *Mais ou menos.*

P: Você utiliza o celular para estudar ou o computador?

A5: *Os dois. Estou sem celular*

P: Qual você utiliza mais?

A5: *Eu até utilizava o celular, só que não tenho mais celular. Tem vez que eu uso no Microsoft Word, através do aplicativo que é de leitor de tela o TalkBack.*

P: Como você participa das aulas de Química?

A5: *Bom... tem vezes que eu interajo mais.*

P: Que meios você utiliza para estudar os conteúdos ensinados durante as aulas de Química em que são utilizados esquemas, gráficos e imagens?

A5: *Através de um thermorform, tem uma página que é em tinta, que é uma folha normal, e em Braille através de um papel PVC.*

P: Você já utilizou materiais grafotáteis em que disciplinas?

A5: *Em Física, quando a gente viu os gráficos de Cinemática.*

P: Quais os benefícios da utilização desses materiais?

A5: *Bom ... essas películas são bem mais fácil de utilizar, bem interessante.*

P: Você consegue perceber bem o desenho?

A5: *Sim*

Parte 2

P: As texturas apresentadas nas imagens estão bem diferenciadas?

A5: *Sim, consegui perceber tudo.*

P: O tamanho das imagens apresentados no caderno grafotátil estão adequados?

A5: *Está ótimo*

P: Há necessidade de legenda?

A5: *Na maioria das vezes, não.*

P: Mas você gosta de legendas?

A5: *Gosto*

P: Se a figura for mais complexa ou menos complexa?

A5: *Se for mais complexo, é bem melhor para entender as imagens.*

P: As imagens são fáceis ou difíceis de entender?

A5: *São fáceis.*

P: Você gostaria de descrever alguma imagem apresentada?

A5: *Gostaria a 1ª (poder de penetração). Bom, são três radiações: alfa, que fica aqui em cima e tem o beta que fica no meio e outra que é a gama. Na partícula alfa pode-se prevenir com roupas finas, no caso, no beta com roupas grossas e no gama com concreto.*

P: Com relação à legenda presente na imagem Poder de Penetração, você acha melhor em cima ou embaixo?

A5: *Por em cima.*

P: De que forma o material contribuiu para o entendimento do conteúdo?

A5: *Bom... essa não sei...através das ilustrações das imagens.*

Parte 3

P: O tamanho do equipamento eletrônico e computacional está adequado?

A5: *Sim, bom ele cabe na mesa.*

P: Como você avalia o peso e o transporte do produto educacional?

A5:.

P: É de fácil manuseio?

A5: *Achei sim, o som de liga/desliga é de alta qualidade. Achei fácil ligar e desligar.*

P: Você já utilizou algum recurso semelhante ao equipamento?

A5: *Esse não, é a primeira vez.*

P: O que você acha da inserção do celular, para utilização do áudio, no recurso apresentado?

A5: *Eu achei interessante, deu para compreender bem as figuras. Serve pra que o aluno compreenda bem o conteúdo.*

P: O equipamento auxilia a compreensão dos conteúdos abordados?

A5: *Serve pra melhor compreensão do conteúdo dado.*

P: Com o equipamento há necessidade de descrever as ilustrações ou devemos colocar só o conteúdo?

A5: *Até que não precisa de audiodescrição. Deu pra compreender melhor com o áudio.*

P: Você usaria legendas?

A5: *Também não.*

P: O equipamento proporciona acessibilidade a ponto do professor ser dispensado?

A5: *Não, porque o professor tem que estar por perto, pra que o aluno também compreenda melhor.*

P: Você usaria esse equipamento?

A5: *Sim, talvez em casa?*

P: Você usaria na biblioteca do IBC?

A5: *Sim.*

P: Como você avalia o caderno de imagens associado ao equipamento de áudio?

A5: *Interessante, deu pra compreender bem tudo.*

P: Possui alguma sugestão de melhoria ou alteração?

A5: *Por mim não precisa nada, tá ótimo.*

ANEXOS

Anexo 1- TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

(De acordo com as normas da Resolução nº 466, do Conselho Nacional de Saúde de 12/12/2012)

Sr(a). Responsável

Seu filho _____ está sendo convidado para participar da pesquisa “Material de Apoio Grafotátil Multissensorial para o Ensino de Química: um recurso eletrônico e computacional de áudio para alunos cegos”. Você foi selecionado para testar o material em desenvolvimento e sua participação não é obrigatória. A qualquer momento você pode desistir de participar e retirar seu consentimento. Sua recusa não trará nenhum prejuízo em sua relação com o pesquisador ou com a instituição.

Os objetivos deste estudo são: Construir um caderno de imagens grafotáteis multissensoriais – em tinta e Braille –, associado a um equipamento em MDF com suporte eletrônico e computacional para áudio, que colabore no processo de ensino e aprendizagem dos alunos com deficiência visual, e na aquisição dos conceitos químicos que apresentam apelo visual e validar o caderno multissensorial com estudantes cegos através das imagens em alto-relevo associadas ao áudio.

Caso concorde, sua participação nesta pesquisa consistirá em participar da entrevista, conhecer e utilizar o produto educacional.

Os riscos relacionados com sua participação serão mínimos e podem estar relacionados ao desconforto com a realização das tarefas bem como da entrevista.

Os benefícios relacionados com a sua participação será a colaboração a partir de sugestões e orientações para o aprimoramento do ensino-aprendizagem do aluno cego nas aulas de química.

As informações obtidas através dessa pesquisa serão confidenciais e asseguramos o sigilo sobre sua participação. Os dados não serão divulgados de forma a possibilitar sua identificação. Não será coletado dados pessoais dos alunos (nome, endereço), somente dados que possam contribuir qualitativamente para a pesquisa.

Uma cópia deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido ficará com o responsável (a), podendo tirar suas dúvidas sobre o projeto e sua participação, agora ou a qualquer momento com os pesquisadores responsáveis: Professora Dra. Giseli Capaci e Orientanda Elaine Luiz de Carvalho no e-mail: elaineluizcarvalho@gmail.com ou no telefone (21) 999423829.

Pesquisador Responsável

Declaro que entendi os objetivos, riscos e benefícios de minha participação na pesquisa e concordo em participar.

O pesquisador me informou que o projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da UNIGRANRIO, localizado na Rua Prof. José de Souza Herdy, 1160 – CEP 25071-202 TELEFONE (21).2672-7733 – ENDEREÇO ELETRÔNICO: cep@unigranrio.com.br

Rio de Janeiro, _____ de _____ de 20____.

Participante da pesquisa

Pai / Mãe ou Responsável Legal

Anexo 2 - TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

**TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

(De acordo com as normas da Resolução nº 466, do Conselho Nacional de Saúde de 12/12/2012)

Você está sendo convidado para participar da pesquisa “Material de Apoio Grafotátil Multissensorial para o Ensino de Química: um recurso eletrônico e computacional de áudio para alunos cegos”. Você foi selecionado para testar o material em desenvolvimento e sua participação não é obrigatória. A qualquer momento você pode desistir de participar e retirar seu consentimento. Sua recusa não trará nenhum prejuízo em sua relação com o pesquisador ou com a instituição.

Os objetivos deste estudo são: Construir um caderno de imagens grafotáteis multissensoriais – em tinta e Braille –, associado a um equipamento em MDF com suporte eletrônico e computacional para áudio, que colabore no processo de ensino e aprendizagem dos alunos com deficiência visual, e na aquisição dos conceitos químicos que apresentam apelo visual e validar o caderno multissensorial com estudantes cegos através das imagens em alto-relevo associadas ao áudio.

Caso concorde, sua participação nesta pesquisa consistirá em participar da entrevista, conhecer e utilizar o produto educacional.

Os riscos relacionados com sua participação serão mínimos e podem estar relacionados ao desconforto com a realização das tarefas bem como da entrevista.

Os benefícios relacionados com a sua participação será a colaboração a partir de sugestões e orientações para o aprimoramento do ensino-aprendizagem do aluno cego nas aulas de química.

As informações obtidas através dessa pesquisa serão confidenciais e asseguramos o sigilo sobre sua participação. Os dados não serão divulgados de forma a possibilitar sua identificação. Não serão coletados dados pessoais dos alunos (nome, endereço), somente dados que possam contribuir, qualitativamente, para a pesquisa

Uma cópia deste Termo de Assentimento Livre e Esclarecido ficará com o responsável (a), podendo tirar suas dúvidas sobre o projeto e sua participação, agora ou a qualquer momento com os pesquisadores responsáveis: Professora Dra. Giseli Capaci e

Orientanda Elaine Luiz de Carvalho no e-mail: elaineluizcarvalho@gmail.com ou no telefone (21) 999423829.

Pesquisador Responsável

Declaro que entendi os objetivos, riscos e benefícios de minha participação na pesquisa e concordo em participar.

O pesquisador me informou que o projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da UNIGRANRIO, localizado na Rua Prof. José de Souza Herdy, 1160 – CEP 25071-202 TELEFONE (21).2672-7733 – ENDEREÇO ELETRÔNICO: cep@unigranrio.com.br

Rio de Janeiro, _____ de _____ de 20____.

Participante da pesquisa

Pai / Mãe ou Responsável Legal

Anexo 3- TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO DE IMAGEM E DEPOIMENTOS

***TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO DE IMAGEM E DEPOIMENTOS***

Eu _____, CPF _____, RG _____, Responsável pelo aluno _____ depois de conhecer e entender os objetivos, procedimentos metodológicos, riscos e benefícios da pesquisa, bem como de estar ciente da necessidade do uso de imagem e/ou depoimento, especificados no Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), AUTORIZO, através do presente termo, os pesquisadores Elaine Luiz de Carvalho e Giseli Capaci Rodrigues do projeto de pesquisa intitulado “Material de apoio grafotátil multissensorial para o ensino de química: um recurso eletrônico e computacional de áudio para alunos cegos” a realizar as fotos que se façam necessárias e/ou a colher meu depoimento sem quaisquer ônus financeiros a nenhuma das partes.

Ao mesmo tempo, libero a utilização destas fotos (seus respectivos negativos) e/ou depoimentos para fins científicos e de estudos (livros, artigos, slides e transparências), em favor dos pesquisadores da pesquisa, acima especificados, obedecendo ao que está previsto nas Leis que resguardam os direitos das crianças e adolescentes (Estatuto da Criança e do Adolescente – ECA, Lei N.º 8.069/ 1990), dos idosos (Estatuto do Idoso, Lei N.º 10.741/2003) e das pessoas com deficiência (Decreto N° 3.298/1999, alterado pelo Decreto N° 5.296/2004).

Rio de Janeiro, ___ de _____ de 20

Pesquisador responsável pelo projeto

Participante da Pesquisa

Pai / Mãe ou Responsável Legal

Anexo 4 - ORÇAMENTO DA PESQUISA

Comitê de Ética em Pesquisa



Data: 10/01/2019

ORÇAMENTO DE PROJETO DE PESQUISA

Nome do Projeto: Material de Apoio Grafotátil Multissensorial para o Ensino de Química: um recurso eletrônico e computacional de áudio para alunos cegos

Pesquisador Responsável: Elaine Luiz de Carvalho

Instituição/Unidade/Departamento: UNIGRANRIO/PPGEC

Fonte(Instituição): UNIGRANRIO

	VALOR US\$	VALOR R\$
MATERIAL PERMANENTE		700,00
MATERIAL DE CONSUMO		300,00
SERVIÇOS DE TERCEIROS		500,00
HONORÁRIOS DO PESQUISADOR		
DESPESAS COM OS PARTICIPANTES DA PESQUISA		0,00
OUTROS		0,00
TOTAL		1500,00

OBSERVAÇÃO IMPORTANTE:

Este orçamento de projeto de pesquisa é apenas indicativo e visa a atender exigências da CONEP/Plataforma Brasil. A aprovação do protocolo pelo Comitê de Ética na Pesquisa da UNIGRANRIO limita-se aos aspectos éticos da pesquisa e não implicando em nenhuma hipótese, compromissos financeiros da parte da Universidade com o desenvolvimento das atividades do projeto ou com o pesquisador. A aprovação do projeto de pesquisa pelo Comitê de Ética pode ser uma exigência para posterior obtenção de recursos financeiros na UNIGRANRIO ou em agências de fomento.

Assinatura do Pesquisador

Anexo 5 - PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

UNIVERSIDADE DO GRANDE
RIO PROFESSOR JOSÉ DE
SOUZA HERDY - UNIGRANRIO



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Material de apoio grafotátil multissensorial para o ensino de química: um recurso eletrônico e computacional de áudio para alunos cegos

Pesquisador: ELAINE LUIZ DE CARVALHO

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 08892619.7.0000.5283

Instituição Proponente: "Universidade do Grande Rio "Professor José de Souza Herdy" -

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.232.034

Apresentação do Projeto:

Trata-se de um trabalho de dissertação de mestrado do Programa de Ensino de Ciências na Educação Básica. Pesquisa qualitativa com coleta de dados por meio de entrevista semiestruturada com gravação de áudio e fotografada com cinco alunos cegos do Instituto Benjamin Constant.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

Construir um caderno de imagens grafotáteis multissensoriais – em tinta e Braille –, associado a um equipamento em MDF com suporte eletrônico e computacional para áudio, que colabore no processo de ensino e aprendizagem dos alunos com deficiência visual, e na aquisição dos conceitos químicos que apresentam apelo visual.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

Os riscos relacionados a participação do aluno serão mínimos e podem estar relacionados ao desconforto com a utilização do material sensorial, tátil-auditivo, bem como da entrevista.

Benefícios:

Endereço: Rua Prof. José de Souza Herdy, 1160
Bairro: 25 de Agosto **CEP:** 25.071-202
UF: RJ **Município:** DUQUE DE CAXIAS
Telefone: (21)2672-7733 **Fax:** (21)2672-7733 **E-mail:** cep@unigranrio.com.br

Anexo 6 - Documento DPME/DTE/IBC para a produção de materiais para a pessoa com deficiência visual



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
INSTITUTO BENJAMIN CONSTANT
DEPARTAMENTO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DIVISÃO DE PESQUISA E PRODUÇÃO DE MATERIAL ESPECIALIZADO



Programa Jornada Capacita Brasil
Oficina: Produção de Material Didático Especializado
Professor: Aires da Conceição Silva

Este documento tem o objetivo de apresentar as características fundamentais da produção de material para pessoas com deficiência visual.

Devemos atentar para o fato de que dentre as pessoas com deficiência visual existem aquelas que são cegas e as que possuem baixa visão, logo a produção de material vai depender do público alvo em questão. Um mesmo material pode atingir ambos os públicos, porém para fins didáticos seguem pontos importantes em cada tipo de produção.

1. Para o aluno cego:

- a) Tamanho: O material a ser desenvolvido não pode ser muito pequeno, pois a percepção de detalhes será difícil, e nem muito grande. O tamanho ideal é aquele em que ele consiga utilizar as duas mãos para manipulá-lo sobre uma superfície plana.
- b) Significado tátil: O material precisa possuir um relevo perceptível e diferentes texturas para melhor destacar o objeto em questão. Contrastes do tipo: liso/áspero, fino/grosso, permitem distinções adequadas. Exemplo: Uma bandeira com três cores deverá apresentar três texturas diferentes.
- c) Aceitação e segurança: Os materiais desenvolvidos não podem oferecer riscos à segurança dos alunos, ou seja, eles não podem se cortar/machucar ao manipular o material, com isso, tanto os detalhes da produção (objetos e texturas a serem utilizados) quanto os acabamentos devem ser pensados com cautela. Isso está diretamente ligado à aceitação que o recurso didático oferecerá por parte do público.
- d) Fidelidade ao modelo original.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
 MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
 INSTITUTO BENJAMIN CONSTANT
 DEPARTAMENTO TÉCNICO ESPECIALIZADO
 DIVISÃO DE PESQUISA E PRODUÇÃO DE MATERIAL ESPECIALIZADO



- e) Resistência: O material deve ser confeccionado pensando-se em sua durabilidade, pois devemos lembrar que será manipulado pelos alunos constantemente. Portanto, materiais frágeis e perecíveis devem ser desconsiderados.
- f) Detalhes meramente ilustrativos devem ser eliminados.
- g) O material deve sempre passar pelas mãos de um revisor cego a fim de testar a futura aplicabilidade em sala de aula, observando o Braille e a compreensão sobre a adaptação de figuras.
- h) Presença de legendas em caso de diferentes texturas utilizadas.

2. Para o aluno com baixa visão:

- a) Materiais impressos com cores fortes e contrastantes. O contraste para o aluno com baixa visão é essencial e não pode ser esquecido. Não podemos utilizar azul escuro sobre o preto, por exemplo. Azul/amarelo e preto/branco fornecem ótimos contrastes.
- b) Impressões devem ser ampliadas. A fim de facilitar a leitura e compreensão de figuras, a fonte utilizada deve ser ampliada e, se possível, especializada, como é o caso da APHont, que é uma fonte desenvolvida pela American Printing House especialmente para usuários com baixa visão.
- c) Cadernos pautados com linhas marcadas e espaçadas a fim de facilitar a visualização e a escrita dos alunos.
- d) Lápis e canetas de tonalidades fortes.

Referências:

1. SANTA CATARINA (ESTADO). Guia prático para adaptação em relevo. Secretaria de Estado da Educação. Fundação Catarinense de Educação Especial. Santa Catarina, 2011.
2. CERQUEIRA, J. B. & FERREIRA, E. M. B. Os recursos didáticos na educação especial. **Revista Benjamin Constant**, 5, 1996.

Material registrado sob o número 67485-00015 na DPME/DTE/IBC em 14/04/2016.