



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
INSTITUTO UNIVERSIDADE VIRTUAL – IUVI
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA EDUCACIONAL

ALLAN GEORGE DE SOUSA BEZERRA

**DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE UM MATERIAL EDUCACIONAL
TÁTIL ACESSÍVEL PARA APOIAR ESTUDANTES COM DEFICIÊNCIA VISUAL
NO ESTUDO DE ESTRUTURA DE DADOS**

FORTALEZA

2025

ALLAN GEORGE DE SOUSA BEZERRA

DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE UM MATERIAL EDUCACIONAL TÁTIL
ACESSÍVEL PARA APOIAR ESTUDANTES COM DEFICIÊNCIA VISUAL NO
ESTUDO DE ESTRUTURA DE DADOS

Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Educacional, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Tecnologia Educacional.

Orientador: Prof. Dr. Windson Viana de Carvalho.

FORTALEZA

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

B469d

Bezerra, Allan George de Sousa.

Desenvolvimento e avaliação de um material educacional tátil e acessível para apoiar estudantes com deficiência visual no estudo de Estrutura de Dados

/ Allan George de Sousa Bezerra. – 2025.

166 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Instituto UFC Virtual, Programa de Pós- Graduação em Tecnologia Educacional, Fortaleza, 2025.

Orientação: Prof. Dr. Windson Viana de Carvalho.

Coorientação: Prof. Dr. Nécio de Lima Veras.

1. Deficiência Visual. 2. Impressão 3D. 3. Ensino de Estrutura de Dados. 4. Acessibilidade. 5. Material Educacional. I. Título.

CDD 371.33

ALLAN GEORGE DE SOUSA BEZERRA

DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE UM MATERIAL EDUCACIONAL TÁTIL
ACESSÍVEL PARA APOIAR ESTUDANTES COM DEFICIÊNCIA VISUAL NO
ESTUDO DE ESTRUTURA DE DADOS

Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Educacional, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Tecnologia Educacional. Linha de Pesquisa: 2. Gestão e Políticas em Tecnologia Educacional.

Aprovada em: 07/04/2025.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Windson Viana de Carvalho (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Necio de Lima Veras (Coorientador)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

Prof. Dr. Daniel Alencar de Barros Tavares
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

Prof. Dr. José Aires de Castro Filho
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. Dra. Larissa Rocha Soares Bastos
Universidade do Estado da Bahia (UNEB)

AGRADECIMENTOS

Desde que fui aprovado na seleção do Mestrado Profissional em Tecnologia Educacional, anseio escrever estes agradecimentos. O meu mérito não reduz em nada quando enalteço as muitas e muitas mãos e mentes que contribuíram durante todo o processo.

Primeiramente, agradeço às minhas amigas de trabalho da secretaria, que, dentre outras coisas, me incentivaram a escrever o projeto de pesquisa para inscrição na seleção do programa. Individualmente, à Dalilia Maranhão pela ajuda na formatação e redimensionamento de imagens e tabelas no meu projeto de qualificação, e por me dar carona para aplicar um teste em um bloco que eu ainda não sabia onde ficava, dentro do *campus* do Pici. E à Monalisa Menezes pela normatização da versão final da dissertação, e por me acompanhar em um dos testes que ocorreu em um sábado de manhã. Agradeço também a outros colegas de trabalho, como o Luiz Carlos, responsável pelas fotografias e edição das fotos do produto educacional, ao Matheus Unfer, que fez um trabalho de edição para possibilitar o uso dessas mesmas fotos em um artigo apresentado em um evento. Obrigado ao Paulo de Tarso e ao Otacílio Barros por prepararem a câmera utilizada para a filmagem de alguns testes, e aos colegas Fernando Pereira e Emanuel Lopes por me ajudarem no manuseio para ligá-la e desligá-la.

Agradeço à direção do Instituto UFC Virtual, na pessoa dos professores Gabriel Paillard e Ernesto Trajano, que apoiaram meu ingresso no mestrado, disponibilizando as instalações do Bloco Acadêmico para realizar algumas atividades da pesquisa, além de autorizarem, de bom grado, minha licença capacitação, operacionalizada pelo secretário da direção, e colega de trabalho, Juciê Oliveira, o qual também recebe meu agradecimento pela agilidade nesse trâmite.

Sou agradecido aos meus professores: Prof. Edgar Marçal, por me incentivar a terminar minha RSL; Profa. Ana Paula, por ensinar como convencer o orientador a aceitar nossa proposta de direcionamento da pesquisa, e por uma disciplina que nos norteia bastante no curso; os professores Gilvan Maia e Emanuel Coutinho, pelo incentivo no desenvolvimento de um projeto que forçou uma integração entre membros de uma equipe com perfis totalmente diferentes; Prof. Leonardo Oliveira, que mostrou pra mim a diferença entre invenção e inovação; ao Prof. Clemilson, que me fez entender o que era, no fim das contas, um Arduino; à Profa. Luciana de Lima e aos professores Herbert Lima e Daniel Brandão, por ensinarem bem devagarinho como se faz um artigo científico.

Um agradecimento importante vai para os bolsistas do Laboratório de Computação Física, Dailane di Angelo, Daniel Rocha e Alfredo Lemos, os quais me ajudaram muito na

produção do material educacional, com ideias de aprimoramento, na modelagem e impressão das peças, além de serem pacientes em me ensinar um pouco sobre a tecnologia de impressão 3D.

Enalteço a ajuda de Rafaela, Davi e Neto da Secretaria de Acessibilidade da UFC, assim como da Cleo, da Biblioteca Universitária, que me indicaram artigos e deram informações sobre alguns trâmites da política de inclusão da UFC. Agradeço ao Prof. Robson Loureiro, que foi paciente ao me explicar a diferença entre as linhas de Política e Inovação, à Profa. Fabiana Marinho, do IFCE de Maracanaú, que foi muito gentil e solícita ao me dar todo o suporte para a realização de um dos testes, e à Raquel Gondim, que me ajudou a submeter alguns artigos para periódicos, adequando-os aos modelos exigidos. Agradeço ao Rogério, que, com sua cordialidade, animação e conversa fiada, sempre soube puxar assunto e me animar, além de dar um apoio quando precisei durante um dos testes.

Obrigado aos meus colegas da turma 3, que sempre interagiram comigo e proporcionaram um clima divertido, presencialmente e no grupo de WhatsApp. Em especial à rainha Maria Engracia, ao prodígio Poliana Carvalho, ao meu xará Allan Junior, à atenciosa Luziana Lima, ao fanfarrão Saulo Moura, à serena Francisca Eli e ao desenrolado Keviny, todos pelos diversos momentos de conversa ou integração, que me fizeram me sentir confortável por estar de volta ao meio acadêmico. Claro que não posso esquecer da minha panelinha, então agradeço a atenção e carinho recebidos de meus colegas Susy Gomes, pelos chocolates, bombons, momentos de risada e por ter se livrado do perfume com cheiro de leite de rosas; Mário Castro, que virava madrugadas comigo no desenvolvimento de um jogo no RPG Maker; Leonel que era nosso showman e João Ribeiro, que nos fez rir em uma reunião online.

Também recebi apoio em atividades bem específicas durante essa jornada, e agradeço aos que me ajudaram com os slides da etapa de arguição na seleção do mestrado e do trabalho final do primeiro semestre. Agradeço, também, ao Martônio Júnior, por me ajudar na edição de uma imagem para um capítulo teórico da dissertação, ao Alairton Junior, por produzir umas imagens de árvore binária para mim, à Ana Lúcia, que me ajudou a organizar os arquivos do produto educacional no Github, e ao meu amigo de web rádio, Rodrigo Las Noches, que gastou uma tarde me ajudando na edição de algumas imagens criadas com IA, para ilustrar algumas estruturas de dados.

Obrigado a todos que aceitaram participar e contribuir com a pesquisa de alguma forma, e a todos que, porventura, eu tenha esquecido de registrar por aqui.

Chegando perto do fim, quero agradecer aos meus melhores amigos, Lauro Artur e João Renato, só por existirem mesmo, porque não ajudaram em nada no mestrado, mas a

atenção e os momentos de interação foram importantes para distração, diversão e alívio de estresse. Pelos mesmos motivos, agradeço aos outros amigos importantíssimos que fiz, que conhecem e valorizam essa trajetória, são eles: Maykson Liberato, Ronald Alves e Rafael Guimarães.

Um muito obrigado especial ao meu orientador, superpaciente, Prof. Dr. Windson Viana de Carvalho, que me escolheu como seu orientando e me proporcionou boas experiências de aprendizado e crescimento como pesquisador, seja nas reuniões de orientação, nos convites para testes nas pesquisas de seus outros orientandos, na oportunidade de participar da Feira do Conhecimento como expositor, além de confiar no desenvolvimento da minha pesquisa e no apoio com os filamentos para impressão 3D. Obrigado, também, ao meu coorientador, Prof. Necio Veras, que fez os gráficos da escala de Likert com as respostas dos questionários de avaliação, além de contribuir com o artigo submetido para um evento, junto ao prof. Agebson Façanha, ao qual também sou grato. Agradeço pelas colaborações dos membros da minha banca de qualificação: Prof. José Aires, por também apresentarem o artigo no evento do Rio de Janeiro em meu lugar; à Profa. Larissa Barros; e ao Prof. Daniel Alencar, que aceitou participar da minha banca de defesa.

Finalmente, quero agradecer especialmente à minha família, tios e primos, pois sei que ficarão orgulhosos com o meu título, em especial ao meu pai, Moreira, que ajudou tanto, ao me aliviar das tarefas domésticas, como lavar roupas, preparar almoço e merenda da tarde, permitindo que eu me dedicasse inteiramente ao mestrado. E, claro, outro agradecimento especial à minha mãe, Angela Sousa, que sempre mandou eu buscar alcançar além do que eu já havia conquistado, além de me ajudar com algumas finalizações no documento do projeto de qualificação e nos slides, e realizar algumas ações no site da Plataforma Brasil, cuja acessibilidade é bem ruim.

Encerro com chave de ouro agradecendo a Deus, que permitiu que tanta coisa boa acontecesse durante esses últimos anos, e sendo o culpado pelo tamanho deste texto, com tantos agradecimentos, levantando várias pessoas para me ajudarem nessa jornada, além de me inspirar e capacitar para desenvolver todo esse trabalho.

RESUMO

Os cursos superiores na área de tecnologia são opções comuns entre as pessoas com deficiência visual, em virtude do contato frequente com as tecnologias assistivas, que lhes proporcionam maior autonomia nas atividades cotidianas. Entretanto, esse público encontra muitos desafios na universidade, e a condução das aulas em determinadas disciplinas pode não ser adequada para pessoas cegas ou com baixa visão, especialmente quando se costuma utilizar elementos visuais como a principal e, até mesmo, única ferramenta didática para abordar determinado conteúdo. Essa dissertação de mestrado apresenta uma pesquisa que busca responder à seguinte questão: “Como apoiar o ensino de Estrutura de Dados para estudantes com deficiência visual, quando elementos visuais são utilizados como os principais recursos didáticos?”. Para solucionar este problema, a pesquisa objetivou desenvolver um material educacional tátil para apoiar o ensino do conteúdo de Estrutura de Dados para estudantes com deficiência visual. Seguindo a metodologia Design Science, executada pelo método Design Science Research, criou-se um artefato que permite trabalhar o conteúdo de Árvore Binária e algumas estruturas lineares. Ele é composto por um material educacional tátil, produzido por impressão 3D, um guia de uso e duas sequências didáticas de apoio ao professor. Professores de Estrutura de Dados e alunos com deficiência visual participaram do processo, durante a coleta de dados, em entrevistas e respondendo a um questionário, e na avaliação da solução desenvolvida, a qual apresentou resultados positivos, satisfazendo todos os requisitos levantados. Concluiu-se que o produto educacional desenvolvido pode apoiar alunos com deficiência visual no estudo de Estrutura de Dados, além de possibilitar a compreensão gráfica das estruturas por meio do tato. Entretanto, as instituições devem modelar suas políticas de inclusão para incentivarem a participação ativa da pessoa com deficiência nas ações de busca por soluções para si mesmas, a fim de divulgar e ampliar a implementação de soluções práticas satisfatórias.

Palavras-chave: Deficiência Visual; Impressão 3D; Ensino de Estrutura de Dados; Acessibilidade; Material Educacional.

ABSTRACT

Higher education courses in the field of technology are common choices among visually impaired individuals due to their frequent contact with assistive technologies, which provide them with greater autonomy in daily activities. However, this group faces many challenges at university, and the way classes are conducted in each subject may not be suitable for blind or low-vision students, especially when visual elements are used as the main or even the only teaching tool to address specific content. This master's dissertation presents research that seeks to answer the following question: "How can the teaching of Data Structures be supported for visually impaired students when visual elements are used as the primary teaching resources?" To address this problem, the research aimed to develop a tactile educational material to support the teaching of Data Structures for visually impaired students. Following the Design Science methodology, applied through the Design Science Research method, an artifact was created to facilitate the study of Binary Trees and some linear structures. It consists of a tactile educational material, produced through 3D printing, a usage guide, and two instructional sequences to support teachers. Data Structures professors and visually impaired students participated in the process through data collection, interviews, and questionnaires, as well as in the evaluation of the developed solution, which yielded positive results, meeting all identified requirements. It was concluded that the developed educational product can support visually impaired students in studying Data Structures, enabling the graphical understanding of structures through touch. However, institutions should shape their inclusion policies to encourage active participation of individuals with disabilities in seeking solutions for themselves, in order to promote and expand the implementation of satisfactory practical solutions.

Keywords: Visual Impairment; 3D Printing; Data Structures Teaching; Accessibility; Educational Material.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Duas pilhas de pratos, adicionando e removendo um prato da pilha.....	31
Figura 2 –	Representação de uma fila com inserção ou remoção de um elemento.....	32
Figura 3 –	Lista de compras, inserindo e removendo um item da lista.....	33
Figura 4 –	Representação gráfica de uma Árvore Binária de Busca.....	34
Figura 5 –	Reorganização de uma Árvore Binária após a operação de inserção de um elemento.....	35
Figura 6 –	12 etapas da DSR.....	40
Figura 7 –	Produto educacional artesanal representando uma Árvore Binária.....	75
Figura 8 –	Foto da Versão 1 do material educacional, representada somente pelo nó com o número zero em braile.....	82
Figura 9 –	Foto da base da segunda versão.....	83
Figura 10 –	Foto de três bases da segunda versão encaixadas.....	84
Figura 11 –	Foto do número para identificar o nó da segunda versão.....	84
Figura 12 –	Foto do número encaixado na base modular da segunda versão.....	85
Figura 13 –	Foto da tentativa de encaixe das bases da Versão 2 no terceiro nível.....	85
Figura 14 –	Foto de várias bases enfileiradas na horizontal, uma ao lado da outra...	86
Figura 15 –	Foto de várias bases enfileiradas na vertical, uma acima da outra.....	86
Figura 16 –	Foto da base da Versão 3.....	88
Figura 17 –	Foto de alguns números da Versão 3.....	89
Figura 18 –	Foto da base com algumas arestas na Versão 3, e outras soltas ao lado.....	89
Figura 19 –	Base da Versão 3 com uma árvore montada contendo as peças das arestas.....	90
Figura 20 –	Base da Versão 3 com uma árvore montada sem usar as peças das arestas.....	90
Figura 21 –	Números enfileirados nos encaixes do último nível da base da terceira versão.....	91
Figura 22 –	Base de 8 Folhas.....	96
Figura 23 –	Raiz Conectora.....	96

Figura 24 – Montagem da Base de 16 Folhas.....	97
Figura 25 – Caixas organizadoras.....	98
Figura 26 – Base de 16 Folhas e as Caixas organizadoras com os números.....	99

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 –	Percentual de menções por categoria.....	54
Gráfico 2 –	Percentual de menções na categoria Conteúdo de Estrutura de Dados...	55
Gráfico 3 –	Percentual de menções na categoria Uso de Imagens.....	56
Gráfico 4 –	Percentual de menções da categoria Ação do Professor.....	57
Gráfico 5 –	Percentual de menções da categoria Consequência das Barreiras.....	59
Gráfico 6 –	Percentual das menções da categoria Impacto da Instituição.....	61
Gráfico 7 –	Percentual de menções da Categoria Material de Apoio às aulas.....	62
Gráfico 8 –	Percentual de menções da Categoria Superação das Barreiras.....	64
Gráfico 9 –	Percentual de menções da Categoria Uso de Recursos de Acessibilidade.....	66
Gráfico 10 –	Percentual de menções da Categoria Adaptações para Acessibilidade..	67
Gráfico 11 –	Respostas do questionário com Alunos Avaliadores.....	104
Gráfico 12 –	Respostas do questionário com Professores Avaliadores.....	110

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Perfil dos sujeitos Alunos Consultores.....	52
Quadro 2 – Exemplos de respostas enquadradas na Categoria 1.....	55
Quadro 3 – Exemplos de respostas enquadradas na Categoria 2.....	56
Quadro 4 – Exemplos de respostas enquadradas na Categoria Ações do Professor...	58
Quadro 5 – Exemplos de respostas enquadradas na Categoria 4.....	60
Quadro 6 – Exemplos de respostas enquadradas na Categoria 5.....	62
Quadro 7 – Exemplos de respostas enquadradas na Categoria 6.....	63
Quadro 8 – Exemplos de respostas enquadradas na Categoria 7.....	65
Quadro 9 – Exemplos de respostas enquadradas na Categoria 8.....	66
Quadro 10 – Exemplos das respostas enquadradas na Categoria 9.....	68
Quadro 11 – Perfil dos alunos participantes do teste do material tátil.....	101
Quadro 12 – Categorização das questões do formulário pós-teste.....	104
Quadro 13 – Respostas da questão 34.....	108
Quadro 14 – Perfil dos Professores Avaliadores.....	109
Quadro 15 – Requisitos do artefato dependentes da atuação do professor.....	111
Quadro 16 – Respostas da questão 18.....	113
Quadro 17 – Requisitos gerais do artefato.....	118
Quadro 18 – Faces do problema da pesquisa.....	118

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tempo dedicado pelos participantes às atividades do teste, em minutos.....	103
---	-----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAAE	Certificado de Apresentação de Apreciação Ética
CENESP	Centro Nacional de Educação Especial
CEP	Comitê de Ética e Pesquisa
DS	Design Science
DSR	Design Science Research
DV	Deficiência visual
IBC	Instituto Benjamin Constant
IES	Instituição de Ensino Superior
IFCE	Instituto Federal do Ceará
INEP	Instituto Nacional de Estudos Pedagógicos
IUVI	Instituto Universidade Virtual
LDB	Lei de Diretrizes e Bases
LIBRAS	Língua Brasileira de Sinais
PcD	Pessoa com deficiência
PDV	Pessoa deficiente visual
RSL	Revisão Sistemática de Literatura
UFC	Universidade Federal do Ceará
UFPEL	Universidade Federal de Pelotas
UNEB	Universidade do Estado da Bahia

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	17
2	É PRECISO VER PARA APRENDER?.....	23
2.1	Um passeio histórico sobre Educação Especial.....	23
2.2	Políticas de inclusão no Ensino Superior.....	25
2.3	Acessibilidade no ensino de computação.....	29
2.4	Acessibilidade no ensino de estrutura de dados.....	30
3	METODOLOGIA.....	36
3.1	A ciência do artificial – Design Science.....	36
3.1.1	<i>Características e Diretrizes da Design Science.....</i>	<i>37</i>
3.1.2	<i>O Método Design Science Research.....</i>	<i>39</i>
3.2	Sujeitos da pesquisa.....	41
3.2.1	<i>Alunos consultores (8 participantes).....</i>	<i>41</i>
3.2.2	<i>Alunos avaliadores (4 participantes).....</i>	<i>41</i>
3.2.3	<i>Professores consultores (8 participantes).....</i>	<i>41</i>
3.2.4	<i>Professores avaliadores (5 participantes).....</i>	<i>42</i>
3.3	Lócus da pesquisa.....	42
3.4	Instrumentos e técnicas de coleta de dados.....	43
3.5	Desenho da pesquisa.....	44
4	FASE 1: DEFINIÇÃO DO PROBLEMA.....	46
4.1	Etapas 1 e 2: identificação e conscientização do problema.....	46
4.1.1	<i>Pesquisas Bibliográfica e Documental.....</i>	<i>47</i>
4.1.2	<i>Coleta de Dados com Professores Consultores.....</i>	<i>48</i>
4.1.2.1	<i>Perfil dos Participantes.....</i>	<i>48</i>
4.1.2.2	<i>Procedimento.....</i>	<i>48</i>
4.1.2.3	<i>Análise dos Resultados.....</i>	<i>49</i>
4.1.3	<i>Coleta de Dados com Alunos Consultores.....</i>	<i>51</i>
4.1.3.1	<i>Perfil dos Participantes.....</i>	<i>51</i>
4.1.3.2	<i>Procedimento.....</i>	<i>53</i>
4.1.3.3	<i>Análise dos Resultados.....</i>	<i>54</i>
4.1.4	<i>Saídas: Faces do Problema e Requisitos do Artefato.....</i>	<i>68</i>
4.2	Etapa 3: Revisão Sistemática da Literatura.....	69

4.2.1	<i>Construção da String de Busca e Pesquisa nas Bases.....</i>	70
4.2.2	<i>Análise dos Artigos.....</i>	71
5	FASE 2: PROJETO E DESENVOLVIMENTO DO ARTEFATO.....	74
5.1	Etapa 4: identificação dos artefatos e configuração das classes de problemas.....	74
5.2	Etapa 5: proposição de artefatos para resolução do problema.....	75
5.3	Etapa 6: projeto do artefato.....	77
5.3.1	<i>Ambiente Interno e Externo.....</i>	77
5.3.2	<i>Requisitos do material tátil.....</i>	78
5.3.3	<i>Processo de Construção e Avaliação.....</i>	80
5.4	Etapa 7: desenvolvimento do artefato.....	81
5.4.1	Material Tátil.....	82
5.4.1.1	<i>Produto Educacional – Versão 1.....</i>	82
5.4.1.2	<i>Produto Educacional – Versão 2.....</i>	83
5.4.1.3	<i>Produto Educacional – Versão 3.....</i>	87
5.4.2	Guia de Uso e Sequências Didáticas.....	91
6	O PRODUTO EDUCACIONAL.....	93
6.1	Guia de uso do material tátil.....	93
6.2	Sequências didáticas.....	93
6.2.1	<i>Especificação das Sequências Didáticas.....</i>	94
6.3	Versão 4 do material tátil.....	95
7	FASE 3: AVALIAÇÃO DO ARTEFATO.....	100
7.1	Etapa 8: avaliação do artefato.....	100
7.1.1	<i>Avaliação com os Alunos Avaliadores.....</i>	100
7.1.1.1	<i>Perfil dos Participantes.....</i>	101
7.1.1.2	<i>Procedimentos do teste com o Aluno Avaliador.....</i>	101
7.1.1.3	<i>Resultados do Teste do Material Tátil.....</i>	103
7.1.2	<i>Avaliação com os Professores Avaliadores.....</i>	108
7.1.2.1	<i>Perfil dos Participantes.....</i>	108
7.1.2.2	<i>Procedimentos do teste com o Professor Avaliador.....</i>	109
7.1.2.3	<i>Resultado do Teste com o Guia e as Sequências Didáticas.....</i>	110
7.2	Etapa 9: explicitação das aprendizagens.....	114
8	FASE 4: CONCLUSÃO.....	117

8.1	Etapa 10: conclusão e explicação dos resultados.....	117
8.1.1	<i>Explicação dos Resultados.....</i>	117
8.1.2	<i>Decisões Tomadas e Limitações na Pesquisa.....</i>	119
8.2	Etapa 11: generalização para uma classe de problemas.....	120
8.3	Etapa 12: comunicação dos resultados.....	122
8.4	Considerações finais.....	123
	REFERÊNCIAS.....	125
	APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO PROFESSOR CONSULTOR.....	129
	APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO ALUNO CONSULTOR.....	134
	APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO PROFESSOR AVALIADOR.....	135
	APÊNDICE D – ROTEIRO DE TESTE ALUNO AVALIADOR.....	137
	APÊNDICE E – QUESTIONÁRIO PÓS-TESTE ALUNO AVALIADOR.....	143
	APÊNDICE F – GUIA DE USO DO MATERIAL TÁTIL.....	145
	APÊNDICE G – SEQUÊNCIA DIDÁTICA 1.....	150
	APÊNDICE H – SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	157

1 INTRODUÇÃO

A inclusão das pessoas com deficiência (PcD) é um tema cada vez mais relevante em diversas áreas, tais como: trabalho, saúde, entretenimento, e, dentre todas elas, pode-se destacar a área da educação, como uma das mais importantes. Por ser um direito assegurado a todos (Brasil, 1988), inclusive às PcD, sua aplicação tem um poder transformador na vida de qualquer cidadão e, conseqüentemente, é capaz de mudar a sociedade e o mundo (Freire, 1979, p. 89). Essa citação reafirma o lema adotado em diversos momentos e trabalhos relevantes nas temáticas relacionadas aos direitos das PcD: “Nada sobre nós, sem nós” (Sasaki, 2007), ressaltando a importância da presença ativa deste público na participação e integração nos diversos setores da sociedade, especialmente nas políticas de inclusão e projetos direcionados para si mesmo.

Muito se evoluiu acerca da inclusão das PcD na educação. Cada vez mais pesquisas são realizadas com esse tema, e o ensino básico tem se desenvolvido na direção da perspectiva inclusiva (Sanchez, 2005), a qual tem como premissa a adaptação da instituição às individualidades dos seus alunos, e não o inverso. Para isso, é preciso preparar-se com recursos materiais e humanos, capacitando os professores de forma especializada, para que prestem um atendimento de qualidade aos alunos com deficiência. A Lei nº 9.394/96 (Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional – LDB) (Brasil, 1996), no seu Capítulo V, no qual aborda a Educação Especial, exige das escolas regulares um serviço de atendimento especializado, responsável por atender às demandas de educação especial, além de assegurar aos alunos com deficiência a disponibilidade de professores com nível médio ou superior para o atendimento especializado, e a presença de docentes no ensino regular que possibilitem sua integração nas classes comuns.

Por acolher uma grande quantidade de estudantes, a escola básica recebe muitas PcD e, conseqüentemente, diversas pesquisas e políticas inclusivas são pensadas para este nível de ensino. Não se pode, no entanto, dizer o mesmo do ensino superior, o qual só começou a ter uma maior inserção de PcD nos últimos anos. De acordo com o Censo do Ensino Superior de 2023 (INEP, 2024), dos alunos matriculados nas Instituições de Ensino Superior (IES), 0,9% possuem alguma condição de deficiência, totalizando 92.756 alunos. Entre 2013 e 2016, esse percentual era bem menor, mantendo-se estável com 0,4%. A partir de 2017, o número de matrículas de alunos com deficiência foi crescendo, alcançando 125% de aumento em 2023. Isso pode ser justificado pela universalização do acesso ao ensino básico, devido às políticas de

inclusão, permitindo que mais discentes com esse perfil concluíssem o ensino médio, habilitando-os a concorrer a uma vaga no ensino superior. Em complemento, a política da lei de cotas (Lei nº 12.711), alterada pela lei nº 13.409, de 2016 (Brasil, 2016), incluiu a reserva de vagas para PcD no ensino superior, médio e técnico nas IES federais.

Mesmo diante do exposto, não há garantias para a permanência e a conclusão dos cursos pelos alunos com deficiência. Eles se deparam com muitas barreiras de acessibilidade (Brasil, 2015), devido ao despreparo das instituições para seu acolhimento (Borges; De Segadas-Viana, 2020), como as barreiras arquitetônicas e de acesso à informação, a insuficiência na disponibilização de material didático acessível, a gestão na implementação de políticas de inclusão institucionais e a capacitação dos docentes para que saibam acolher e trabalhar com esses estudantes em sala de aula. Visto isso, é essencial que mais ações sejam tomadas para incluir os discentes com deficiência, e que as instituições adotem políticas que os tenham como foco (De Meira *et al.*, 2022), para que usufruam do direito ao ensino superior assim como qualquer outro aluno.

O Censo de Ensino Superior de 2023 (INEP, 2024) indica que, dos alunos com deficiência no ensino superior, 29,5% têm deficiência visual (DV), sendo 24,9% com baixa visão e 4,6% com cegueira. Ou seja, dos alunos do nível superior, que são possíveis alvos da educação especial, destacam-se os quase 30% que possuem algum grau de DV. Contudo, mesmo com a classificação de cegueira ou baixa visão, apenas a identificação do grau da deficiência não traz consigo uma cartilha de ações para lidar com cada situação. A condição de deficiência visual “semelhante” de dois ou mais alunos não implica que eles terão as mesmas necessidades ou potencialidades.

De acordo com Gil (2005), a educação inclusiva é centrada no aluno, e enxerga a condição de deficiência como mais uma característica, assim como diversas outras que qualquer um possui. Muitas variáveis da vida do aluno, não somente de sua condição de deficiência, irão interferir na sua visão de mundo, em seu nível de aprendizagem, nas relações sociais, dentre muitas outras áreas. Isso implica que caberá ao professor conhecer seu aluno, identificar suas dificuldades e conhecimentos prévios, a fim de aproveitar tudo isso dentro do seu planejamento e prática de ensino na sala de aula (Feitosa, 1999).

Em muitos casos, os professores do ensino superior, em especial os não licenciados, não possuem formação pedagógica, muito menos em educação inclusiva (Arruda; De Castro; De Barreto, 2020). A escassez de tempo para dedicação aos estudos voltados para a inclusão também dificulta o aprimoramento das metodologias utilizadas nas aulas, dessa maneira, muitos

se sentem despreparados e impotentes diante do desafio de possuir um aluno com deficiência em sua turma.

A depender da área de estudo ou do tipo de deficiência do educando, algumas adaptações improvisadas podem ser aplicadas, tornando a prática do ensino um pouco mais acessível (Luque *et al.*, 2018), entretanto, na maioria das vezes, isso não ocorre. Para os estudantes com DV, algumas ações simples podem ser executadas, todavia, o desconhecimento dos docentes, e até dos técnicos-administrativos, impede que soluções básicas sejam aplicadas, como a disponibilização de tecnologias assistivas, como a instalação de leitores de tela nos computadores dos laboratórios, ou uma maior atenção para a verbalização ou descrição de textos e imagens, apresentados na lousa e nas projeções.

Dentre as diversas áreas de conhecimento em uma universidade, a de exatas pode apresentar vários obstáculos para os estudantes com DV. O uso de elementos visuais é comum em vários conteúdos, e, muitas vezes, é o único recurso didático. Não é difícil concluir que a exclusividade do uso de imagens para o ensino é inviável para esses estudantes (Borges; De Segadas-Viana, 2020).

Sendo um destaque dentro da área de Exatas, os cursos ligados à Ciência da Computação são uma escolha comum entre aqueles que possuem DV, devido às diversas possibilidades proporcionadas pelo computador, através de recursos que lhes permitem realizar atividades que não conseguiriam sem ele (Pansanato *et al.*, 2012). Entretanto, nesses cursos também se enfrentam muitas dificuldades, por mais que vários recursos assistivos sejam oriundos da tecnologia digital. O ensino de Computação envolve uma diversidade de saberes, os quais são abordados por diversos cursos além de Ciências da Computação, tais como Engenharias, Sistemas e Mídias Digitais, Sistemas de Informação, Análise e Projeto de Sistemas, etc. Disciplinas que abordam programação, análise de algoritmos, grafos e estruturas de dados, utilizam frequentemente elementos visuais como principal recurso didático para o ensino de vários conteúdos (Luque *et al.*, 2018). Fato que gera dificuldades aos discentes cegos no acompanhamento das aulas e no estudo individual.

Apesar de existirem várias pesquisas, ainda são escassas as políticas e soluções práticas e efetivas voltadas para a inclusão de alunos com DV no ensino superior, mais especificamente nos cursos de exatas, em especial no ensino de Computação (Luque *et al.*, 2018). Considerando isso, esta pesquisa foca no conteúdo da disciplina de Estrutura de Dados (ED), a qual está presente nos cursos de Ciências da Computação e em outros cursos que também possuem esse componente curricular, como os já citados anteriormente. Os conteúdos abordados nesta disciplina são lecionados frequentemente com o apoio de recursos visuais, pois,

devido ao nível de abstração, estruturas como Listas Encadeadas ou Árvores Binárias são apresentadas, quase que exclusivamente, pela sua representação visual em formato de imagens ou desenhos (Pansanato *et al.*, 2012). Como o aluno com DV não tem acesso à informação nesse formato, ele precisa utilizar outros sentidos, como a audição ou tato, para acessar as estruturas (Dos Santos Andrade; Fernandes, 2016).

Contextualizada essa problemática, alguns fatores são considerados motivadores desta pesquisa, justificando sua relevância. Do ponto de vista pessoal, eu sou um egresso do curso de Ciência da Computação, da Universidade Federal do Ceará, onde enfrentei diversas dificuldades relativas à complexidade do curso, mas principalmente ao acompanhamento de algumas disciplinas que utilizavam intensivamente imagens ou fórmulas matemáticas. Como uma pessoa com deficiência visual, mais especificamente com baixa visão, tive que encarar diversas barreiras que surgiam, antes mesmo de adentrar a sala de aula. As barreiras arquitetônicas me desestimularam bastante por dificultarem o acesso aos espaços dentro da universidade, e a barreira atitudinal me deixava sem ação diante dos docentes e da gestão da Universidade. Entretanto, eu sabia que não era por desinteresse, mas sim por despreparo, visto que, assim como eu, os professores não tinham ideia de como poderiam proceder para me ajudar a acompanhar de forma plena todas as disciplinas.

Como já tive uma acuidade visual saudável, possuo uma leve compreensão do mundo visual, o que geralmente me ajuda a compreender o que um vidente está querendo dizer, quando sua comunicação é influenciada pelo que ele enxerga. Na sala de aula da faculdade, ainda consegui acompanhar algumas disciplinas com algum resquício de percepção visual, o que me serviu de base para outros conteúdos, que estudei depois que meu nível de visão já não era suficiente para enxergar textos, desenhos na lousa, ou imagens projetadas. O conhecimento prévio e a imaginação eram minhas principais ferramentas para acompanhar vários dos conteúdos ensinados, em especial nas disciplinas de Autômatos, Análise de Algoritmos, Banco de Dados, Grafos e Estrutura de Dados.

Além da motivação pessoal, tem-se que as PcD, em especial as que possuem DV, seguem marcando presença no mercado de trabalho, mesmo que sua participação ainda seja insuficiente. Muitas empresas contratam pessoas com alguma condição de deficiência para atender às exigências da lei de cotas (Bonfim *et al.*, 2021), mas tendem a lotar essas pessoas em cargos com níveis mais simples de operacionalização, principalmente pela baixa capacitação, como recepção, zeladoria, portaria, embaladores etc. Entretanto, essas profissões têm grande possibilidade de estarem na fila de extinção ou maior desvalorização, devido aos avanços tecnológicos. Robôs aspiradores que limpam toda uma casa, caixas de atendimento

automático, câmeras de vigilância com reconhecimento facial, portas com trancas eletrônicas e leitores biométricos, entre outras tecnologias que ainda virão, tendem a ser mais efetivas, e terão um menor custo, e as vagas disponíveis no mercado vão ser daqueles que se capacitaram em produzir, manusear ou manter essa tecnologia.

Nesse contexto, a capacitação em cursos na área de tecnologia já está sendo o objetivo de muitos cidadãos, em especial das pessoas com DV, graças ao contato com as tecnologias digitais assistivas e ao grande potencial de inclusão que elas lhes proporcionam (Alves *et al.*, 2022). Entretanto, mesmo com políticas de inclusão, lei de cotas e tecnologias assistivas, as pessoas com DV ainda enfrentam muitas barreiras para entrar, permanecer e concluir um curso de nível superior nessa área. Por mais que algumas disciplinas de um curso de Ciências da Computação, Engenharia de Computação ou Análise e Desenvolvimento de Sistemas sejam mais fáceis de serem adaptadas para que um estudante com DV consiga cursá-las com bom aproveitamento, outras têm pouca ou nenhuma acessibilidade. Dentre elas, destacamos a disciplina de ED, na qual os professores utilizam, em quase todos os conteúdos abordados, elementos visuais como principal recurso didático para ensinar (Luque *et al.*, 2018).

Mesmo sendo apenas uma dentre várias que utilizam recursos semelhantes para o ensino, esta é uma disciplina importante para o segmento da área de programação, e garantir um aprendizado de qualidade neste componente curricular pode fazer uma grande diferença no desempenho de um aluno com DV em seus projetos futuros, durante o curso e depois de sua conclusão.

Este trabalho se torna relevante por buscar formas para que estudantes nessa situação sejam acolhidos dentro do curso e sintam-se capazes de prosseguir nas disciplinas com autonomia, independentemente da DV. Aumentando a probabilidade de assumirem uma função relevante no mercado de trabalho.

Apesar da relevância desta problemática, poucas pesquisas especializadas no ensino de ED foram encontradas, como demonstram Bezerra *et al.* (2024). Com problemática semelhante, e apresentando uma proposta de solução prática, só se localizou o trabalho de Dos Santos Andrade e Fernandes (2016), o qual serviu de inspiração para o produto desta pesquisa.

A carência de soluções concretas e satisfatórias exige a adoção de um método de pesquisa que sustente todo o processo criativo e inovador de uma solução que tenha a aceitação do público-alvo. E o método escolhido nesta pesquisa, o DSR, além de focar na solução de problemas relevantes, finda o seu processo com uma contribuição para os indivíduos, que se beneficiarão diretamente com o artefato desenvolvido. Além de contribuir para que mais

pesquisas focadas no desenvolvimento de soluções satisfatórias e relevantes sejam realizadas, para outros problemas semelhantes.

Dessa forma, esta pesquisa possui a seguinte questão norteadora: Como apoiar o ensino de Estrutura de Dados para estudantes com deficiência visual, quando elementos visuais são utilizados como os principais recursos didáticos?

Para responder essa pergunta, desenvolveu-se esta pesquisa baseada na metodologia Design Science (DS), executando as doze etapas do método Design Science Research (DSR), propostas por Dresch, Lacerda e Junior (2020). Essa metodologia valoriza o potencial criativo do pesquisador, além de exigir um rigor científico durante suas etapas, para conceber uma solução validada, que seja prática e satisfatória, para um problema relevante.

Um Objetivo Geral (OG) e quatro Objetivos Específicos (OE) foram estabelecidos para nortear o trabalho científico. São eles:

OG: Desenvolver um material educacional tátil para apoiar o ensino do conteúdo de ED para estudantes com deficiência visual.

OE1: Investigar a problemática e as propostas de soluções que envolvem o ensino de ED para pessoas com deficiência visual;

OE2: Determinar as especificações de um material educacional tátil para impressão 3D;

OE3: Elaborar sequências didáticas de apoio ao professor de ED em aulas com o uso do material educacional tátil;

OE4: Avaliar o material educacional tátil e as sequências didáticas com os estudantes com deficiência visual e os professores de ED, respectivamente.

Propôs-se desenvolver um novo material educacional tátil em relevo, inspirado no trabalho de Dos Santos Andrade e Fernandes (2016), adaptando-o para modelos tridimensionais digitais, possibilitando suas impressões em impressoras 3D. Junto a isso, pensou-se na criação de um guia de uso desse material, além de sequências didáticas que apoiem o docente na sua aplicação nas aulas. Por fim, o artefato desenvolvido deve ser avaliado por estudantes com DV e professores da disciplina de ED.

Esta dissertação de mestrado é composta por oito capítulos, sendo o primeiro esta introdução, o segundo discorre sobre a teoria que serve de base para a pesquisa, o terceiro capítulo detalha a metodologia, o quarto fala sobre o processo de coleta de dados e a conscientização sobre o problema da pesquisa, o quinto e sexto abordam o desenvolvimento do produto educacional, o sétimo apresenta o processo de avaliação do artefato criado, e o capítulo oito traz a conclusão da pesquisa e as considerações finais.

2 É PRECISO VER PARA APRENDER?

Este capítulo apresenta embasamento teórico sobre políticas na área de educação especial, inclusão de pessoas com DV no ensino superior e acessibilidade no ensino de Computação, especialmente ED.

2.1 Um passeio histórico sobre Educação Especial

A sociedade lidou de formas distintas com as PcD nas diversas épocas e regiões. Na antiguidade, as PcD eram consideradas frutos de alguma maldição ou castigo divino, narrativa que era usada como explicação para as condições de deficiência, até que, na idade média, a Igreja Católica introduz os valores éticos do cristianismo, no qual todos os seres humanos são filhos de Deus, portanto as pessoas com deficiência deveriam ser acolhidas. Essa mudança, entretanto, isolou as PcD do convívio social (Nordstrom, 1986). Junto à chegada da Era Moderna, a visão da sociedade começa a mudar, e as políticas voltadas para as PcD seguiram muito mais no caminho da integração social e no desenvolvimento de sua autonomia. Nordstrom (1986) divide essas épocas de acordo com a atitude da sociedade com as PcD em três partes: 1- indiferença ou segregação, 2- piedade e humanitarismo, e 3- autossuficiência e integração social.

Na Idade Moderna, a ciência ganhou espaço e o foco passou a ser a própria patologia que causava a condição de deficiência (Correa, 2010). Todavia, mesmo com avanços e o progresso científico no século XVIII, a população não conhecia os estudos sobre as deficiências e suas causas, tampouco a forma adequada de escolarização das pessoas com essas condições. Isso se devia ao pensamento de que a condição de invalidez ou incapacidade da PcD era imutável.

As ações em prol das PcD, como educação, atendimento médico e acolhimento especializado começaram a surgir com familiares e profissionais que tinham algum vínculo com elas ou interesse no tema. Elas se intensificaram um pouco quando a sociedade ficou mais sensível a essas causas, visando acolher e melhorar as condições de vida de tais pessoas.

No ano de 1784, foi fundado o Instituto Nacional de Jovens Cegos por Valentin Haüy, em Paris. As primeiras classes especiais em escolas começam a surgir e, em 1900, em

Chicago, surge a primeira classe para cegos em uma escola pública. Por ter um filho com paralisia cerebral, um homem teve a iniciativa de publicar um anúncio no jornal *New York Times*, resultando na criação de uma organização, através da qual os pais de crianças em situação semelhante captavam doações e contribuía com treinamentos e pesquisas — além de ter estimulado o governo a criar uma legislação que acolhesse suas demandas.

No Brasil, a primeira iniciativa educacional para PcD foi em 1600, no estado de São Paulo, através de uma instituição privada especializada no atendimento de pessoas com deficiência física. Juridicamente, a primeira constituição (1824) negava os direitos políticos aos considerados incapacitados física ou moralmente, mesmo que ela garantisse uma instrução primária de forma gratuita a todos os cidadãos.

Focado na deficiência visual, D. Pedro II, por meio do Decreto Imperial nº 1428, de 12 de setembro de 1854, fundou o Instituto Imperial dos Meninos Cegos no Rio de Janeiro (Brasil, 1854), modificado no governo republicano para o Instituto Nacional dos Cegos, em 1890. No ano seguinte, em 1891, a escola foi denominada Instituto Benjamin Constant (IBC), em homenagem ao professor de matemática Benjamin Constant Botelho de Magalhães, que dirigiu a instituição (Correa, 2010). O IBC editou a *Revista Brasileira para Cegos*, escrita em braile, em 1942, e no ano seguinte desenvolveu a imprensa em braile, inicialmente para os alunos do próprio instituto, distribuindo, alguns anos depois, livros para as pessoas cegas.

Mais à frente, em 1946, uma portaria ministerial equipara o ensino ginásial do IBC ao ginásio comum, iniciando o ensino integrado para pessoas com deficiência visual. Um ano depois, o IBC e a Fundação Getúlio Vargas, no Rio de Janeiro, promoveram juntos a primeira formação para professores especialistas no ensino para cegos, em convênio com o Instituto Nacional de Estudos Pedagógicos (INEP), entre 1951 e 1973.

Outras instituições foram relevantes na área de educação de cegos no Brasil, como o Instituto dos Cegos Padre Chico, em São Paulo, criado em 1928, oferecendo cursos, atendendo crianças em idade escolar, e oferecendo serviços médicos e odontológicos. No mesmo estado, em 1946, a criação da Fundação para o Livro do Cego no Brasil iniciou suas atividades produzindo e disponibilizando livros em braile, e posteriormente passou a atuar na reabilitação, educação e apoio às pessoas com cegueira e visão subnormal.

Vale ressaltar, novamente, que as iniciativas de educação das PcD surgiram através de pessoas interessadas na temática. Somente a partir do século XX, principalmente em sua segunda metade, pode-se afirmar que se iniciou a educação de PcD. Campanhas e leis deram mais destaque à inclusão dessas pessoas, tocando em pontos como a capacitação e especialização de professores para esta finalidade, assim como a garantia do direito ao

atendimento especial, com ações de capacitação e reabilitação. No ano de 1975, o desenvolvimento da educação especial no ensino superior, além dos outros graus de ensino, é indicado como competência do Centro Nacional de Educação Especial (CENESP).

Percebe-se que os esforços de integração das PcD na educação não priorizam uma participação ativa no processo de sua própria inclusão. Ou seja, elas são vistas somente como alvos da ação fim do processo, e não como meio, e muito menos como as condutoras. A nova fase das políticas de inclusão deve ser marcada, também, pela atuação das PcD pelas PcD.

2.2 Políticas de inclusão no Ensino Superior

Em 1994, a Declaração de Salamanca traçou diretrizes que serviram para guiar as nações em suas legislações no caminho para a educação inclusiva. Ela determina que as crianças com dificuldades no processo do aprendizado possuem necessidades específicas, as quais devem ser consideradas pelas instituições de ensino, devendo estas se adaptarem para acolher esses alunos e elaborarem maneiras de proceder com os processos de ensino e de aprendizagem, permitindo que essas crianças alcancem o desempenho esperado, sem segregá-las, atuando em espaço comum aos demais estudantes (Brasil, 1994).

O Tratado de Marraqueche (Brasil, 2018) é uma proposta contemplada no início pelo Brasil, Paraguai e Equador, que se torna uma conquista para as pessoas com deficiência visual, facilitando a criação e transferência de livros em formato acessível entre os países signatários, além de tentar assegurar que autores e editoras não tenham as obras disponibilizadas sem justificativa. Sua regulamentação ocorreu através do Decreto nº 10.882 de 03 de dezembro de 2021 (Brasil, 2021).

No Brasil, a Lei Brasileira de Inclusão (LBI) de nº 13.146, de 6 de julho de 2015, conhecida como Estatuto da Pessoa com Deficiência (Brasil, 2015), lista os direitos das PcD. Ela abrange várias áreas, tais como o direito prioritário à saúde, exercício da cidadania, sexualidade, paternidade, maternidade, exercício profissional e, dentre outros, à educação.

O Art. 27 da LBI assegura o sistema educacional inclusivo em todos os níveis, além de ressaltar não somente as necessidades de aprendizagem da PcD, mas também seus interesses. O Art. 28 já designa a responsabilidade ao poder público em uma série de ações no âmbito educacional como no inciso I, que fala de Proporcionar um sistema de ensino inclusivo em todos os níveis, o VI, o qual enaltece a importância da pesquisa de métodos, técnicas

pedagógicas e materiais didáticos acessíveis, o inciso VII, que cita a disponibilização e usabilidade pedagógica de tecnologia assistiva, e, por fim, o XIII, que foca na equidade no ensino pós escola básica, inclusive no nível superior.

Seguindo na área da educação, a LDB (Brasil, 1996) dedica seu Capítulo V à Educação Especial, determinando que as escolas tenham profissionais e ambientes especializados para o atendimento aos alunos com deficiência, e exigindo que seja assegurada a esses discentes a disponibilização de professores com capacitação adequada para integrá-los ao ambiente comum de aula.

A educação na perspectiva inclusiva é uma prioridade da LDB, e garante que os estudantes tenham acesso ao ensino regular, junto aos outros, tendo suas características distintas consideradas. Agora, a escola deverá se adequar às necessidades pedagógicas do discente, e não o contrário.

Impactando diretamente no ensino superior, a lei de cotas (Lei nº 12.711) foi alterada pela lei nº 13.409, de 2016 (Brasil, 2016), e inseriu a reserva de vagas no ensino superior para PcD. Isso permitiu que a quantidade de alunos com deficiência, inclusive pessoas com cegueira total ou baixa visão, ingressassem em maior quantidade nas instituições federais de ensino superior. Vários estados da federação também tiveram leis decretadas localmente, inserindo uma cota para PcD nas Universidades estaduais.

Com a demanda de alunos com deficiência aumentando nas Universidades, estas seguiram no caminho relativamente novo para o desenvolvimento de ações institucionais de inclusão dos discentes com deficiência, visto que os desafios encontrados no ensino superior são bem diferentes dos existentes na escola básica.

A Universidade Federal do Ceará (UFC), por exemplo, possui um setor dedicado às questões sobre acessibilidade, a Secretaria de Acessibilidade – UFC Inlui. Ela promove uma série de ações voltadas às PcD da comunidade acadêmica, como a disponibilização de informações sobre os tipos de deficiência a toda a comunidade acadêmica, fornecimento de intérpretes de LIBRAS para acompanhar os discentes surdos nas aulas e nos eventos promovidos na instituição, capacitações na temática de inclusão, organização de palestras e adaptação de materiais didáticos para um formato acessível. Pode-se destacar, ainda, a Disponibilização de tecnologias assistivas, como Impressoras Braille para emissão de textos escritos em papel com essa escrita; Leitores Autônomos, os quais utilizam uma câmera para reconhecer textos e reproduzi-los em áudio; e as Linhas Braille, que são dispositivos que reproduzem a escrita tátil em tempo real de forma mecânica. Essas e outras tecnologias estão

especificadas no site do setor: <https://accessibilidade.ufc.br/pt/servicos/recursos-de-tecnologia-assistiva-disponiveis/#content>.

Da mesma forma, o Sistema de Bibliotecas da UFC possui uma Seção de Atendimento às Pessoas com Deficiência, e oferece serviços de apoio para pesquisa de exemplares no acervo, além de disponibilizá-los em formato digital acessível. Em parceria com a Secretaria de Acessibilidade, também faz transcrições, impressões ou conversões de textos e livros em braile ou formato digital acessível.

Dentre algumas políticas voltadas para as PcD da UFC, podem-se destacar algumas que impactam a atuação dos alunos com DV em seus estudos dentro e fora das salas de aula. O site da Secretaria de Acessibilidade da UFC disponibiliza os documentos de oficialização de políticas de inclusão na instituição, através do link: <https://accessibilidade.ufc.br/pt/documentos-oficiais/#content>. Seguem algumas dessas ações:

Portaria do Gabinete do Reitor da UFC nº 274, de 27 de setembro de 2022 (Universidade Federal do Ceará, 2022, b) — instituiu a comissão de Agentes de Acessibilidade, formada por servidores, que cumprem o papel de atuarem como uma extensão da Secretaria de Acessibilidade nas Unidades Acadêmicas da instituição, facilitando a divulgação e o alcance das políticas de inclusão aos alunos com alguma condição de deficiência. Os alunos com DV podem contactar um Agente de Acessibilidade para explicar suas dificuldades em sala de aula, e suas demandas serão levadas ao coordenador de curso e professores, para que as devidas adaptações sejam implementadas. Além disso, o agente poderá orientar sobre serviços que podem atender às demandas do estudante, como o serviço de audiodescrição e adaptação de material acessível, disponibilizado pela Secretaria de Acessibilidade.

Emissão da Portaria do Gabinete do Reitor da UFC nº 241, de 22 de agosto de 2022 (Universidade Federal do Ceará, 2022, a) — designa os membros da Comissão Permanente de Gestão da Rede Brasileira de Estudos e Conteúdos Adaptados (Rede REBECA) na UFC. Essa rede tem o objetivo de compartilhar materiais de acervos em formato acessível entre as instituições de ensino credenciadas. Com a facilitação do compartilhamento dos materiais acessíveis, os discentes com DV poderão acessar materiais digitais educacionais acessíveis com mais facilidade, e com maior probabilidade de ter uma demanda específica atendida, como um livro ou texto de uma disciplina específica de seu curso, já que um material bem-sucedido já pode ter sido compartilhado por outra instituição participante da rede.

Portaria do Gabinete do Reitor da UFC nº 153, de 05 de outubro de 2020 (Universidade Federal do Ceará, 2020, b) — concede aos estudantes com deficiência matriculados em cursos de graduação, pós-graduação ou Casas de Cultura da UFC tempo

adicional para a realização de avaliações e demais atividades acadêmicas. O tempo adicional é muito útil aos discentes com DV, pois eles podem demandar mais tempo para desenvolver as mesmas atividades que os demais. Dessa forma, o tempo adicional permite propiciar uma equanimidade na aplicação de atividades avaliativas.

Portaria Conjunta BU/SACCESSIBIL n° 1, de 23 de novembro de 2020 (Universidade Federal do Ceará, 2020, a) — Internaliza a política de inclusão da pessoa com deficiência no Sistema de Bibliotecas da UFC, em parceria com a Secretaria de Acessibilidade – UFC Inlui. Esse documento fomenta ações de inclusão nas bibliotecas da UFC, como digitalização e disponibilização de livros em formato digital acessível, e o acolhimento dos alunos com deficiência nos ambientes e serviços disponibilizados pela biblioteca. O formato digital acessível de um livro é essencial para que um aluno com DV possa ler o conteúdo usando um leitor de telas, seja pelo computador ou celular. O acompanhamento dos discentes com DV no ambiente da biblioteca permite que eles possam utilizar o espaço de forma acessível, utilizando um computador para ler os materiais digitais em texto, tendo apoio para manusear o sistema de gerenciamento do repositório institucional, e até recebendo orientações sobre produção e normatização de trabalhos acadêmicos.

Pode-se analisar que a comissão dos Agentes de Acessibilidade é uma política de apoio e orientação dos alunos com deficiência, assim como a determinação do tempo adicional para avaliações é apenas uma regulamentação do que já está previsto em lei. A Rede REBECA estimula o compartilhamento de materiais educacionais acessíveis, entretanto, não garante que os materiais disponibilizados sejam satisfatórios para necessidades específicas em diversos cursos, ou que o repositório seja de fácil acesso aos estudantes. Porém, trata-se de uma iniciativa promissora, visto que, se uma política de incentivo ao desenvolvimento de soluções satisfatórias para os problemas enfrentados por estudantes com DV for bem implementada com a participação ativa desse mesmo público, o repositório compartilhado poderá propagar essa solução entre as instituições conveniadas.

Apenas as políticas de disponibilização de livros digitais em formatos acessíveis é que garantem um certo nível de autonomia aos alunos com DV, visto que não é garantido que o conteúdo visual, como ilustrações, gráficos ou tabelas estarão em formato acessível.

Isso reforça a necessidade de soluções satisfatórias para problemas específicos, mas não invalida as políticas de inclusão da UFC, já que atendem os casos mais gerais. Ou seja, uma instituição tem influência direta na contribuição com o desenvolvimento do aluno com DV na trajetória de seu curso (Borges; De Segadas-Viana, 2020).

2.3 Acessibilidade no ensino de computação

Fez-se um levantamento bibliográfico e uma RSL com o objetivo de encontrar estudos que abordassem o ensino de Computação para pessoas com deficiência visual, especialmente quando elementos visuais são comumente utilizados. Essas pesquisas estão detalhadas no Capítulo 3. Dentre os artigos encontrados, destacam-se os que apresentavam consultas a alunos com DV e professores, uso ou desenvolvimento de tecnologias para propiciar o ensino inclusivo de pessoas com DV, tanto na área de exatas quanto em outras bem específicas, como artes, geografia e turismo.

Apesar de muitos estudos serem realizados na área de inclusão de PcD na educação, as pesquisas e ações dentro desse tema tendem a diminuir conforme se eleva o nível do ensino (Borges; De Segadas-Viana, 2020). Isso pode decorrer da insuficiência de capacitações dos professores e do pouco preparo que as próprias IES têm para acolher e acompanhar os alunos com alguma condição de deficiência. No caso da deficiência visual, muitas pesquisas que envolvem alunos nesta condição, abordando suas trajetórias no ensino superior, pontuam esse despreparo como uma das principais barreiras a serem enfrentadas.

É o caso de Borges; De Segadas-Viana (2020) que discorrem sobre a inclusão de alunos com DV nos cursos de exatas do ensino superior. A partir de uma entrevista com um aluno cego nesse contexto, a pesquisa ressalta a grande influência, positiva ou negativa, da capacitação dos professores e da organização da própria instituição na progressão do discente dentro do curso. As tentativas de soluções inclusivas, quando ocorriam, eram improvisadas sem um material educacional conhecido adequado, sendo insuficientemente satisfatórias.

Zen; Da Costa e Tavares (2023) apresentam o resultado de entrevistas com 6 alunos com DV em cursos superiores que envolviam programação de computadores, sendo um dos estudantes com daltonismo e o restante com cegueira. Muitos registros mostraram dificuldades com as metodologias utilizadas pelos professores ou a sua falta de conhecimento para a adaptação do conteúdo ensinado.

Luque *et al.* (2018) fizeram uma pesquisa com 56 professores e 19 alunos com DV, todos da área de educação em informática, e, dentre outros resultados, percebeu-se muitas menções acerca do despreparo dos docentes, inclusive respostas dos próprios professores pontuando a inexperiência com alunos com DV e a ausência de capacitação.

Bine e Ruiz (2019) propõem o desenvolvimento de uma ferramenta de visão computacional para reconhecimento de autômatos, tocando levemente na importância da

acessibilidade proporcionada pela instituição e pelos professores, mesmo que seu foco seja mais na abordagem técnica da ferramenta proposta.

Alves *et al.* (2022) apresentam o resultado de uma pesquisa quanti-qualitativa realizada com alunos com DV em cursos de nível superior de vários estados do Brasil. Dentre os tipos de barreiras analisadas, a metodológica, que envolve o preparo dos professores e a condução das aulas, foi identificada em 20% das respostas.

Por fim, Arruda, De Castro e De Barreto (2020) falam bastante sobre os desafios do ensino superior na temática da inclusão. A pesquisa destaca como um fator decisivo a falta de tempo dedicado nas licenciaturas para a educação inclusiva focada no ensino superior.

2.4 Acessibilidade no ensino de estrutura de dados

No ensino superior, a área de exatas é um grande desafio para os estudantes com DV, e os cursos dessa área não estão prontos para acolhê-los, de forma equânime aos demais discentes (Borges; De Segadas-Viana, 2020), seja por falta de capacitação docente, estrutura técnica e organizacional da instituição ou por não disponibilizarem de material ou equipamentos acessíveis para que possam desempenhar suas atividades com autonomia (Alves *et al.*, 2022).

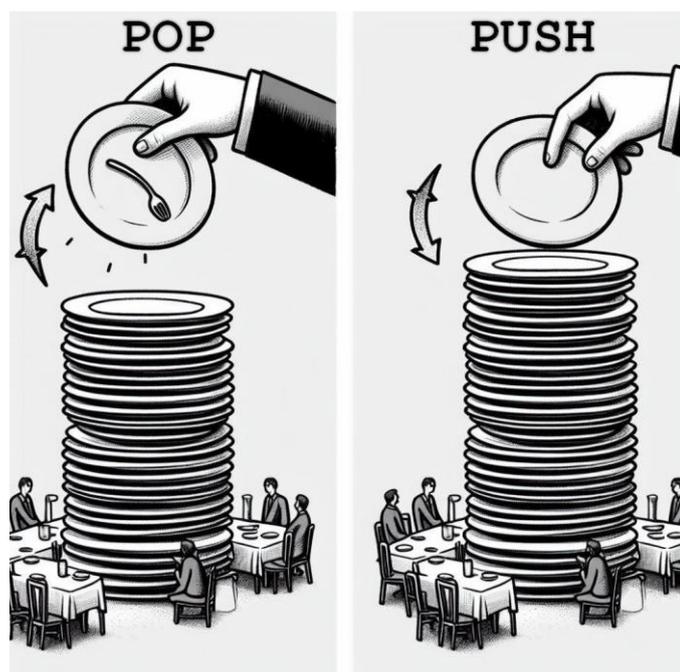
Mesmo assim, com as diversas políticas de fomento à presença de PcD nas IES, como a lei de cotas (BRASIL, 2016), cada vez mais alunos com deficiência vão ocupando os espaços e os profissionais da educação superior precisam se ajustar a essa nova realidade. Os cursos da área de tecnologia, mais especificamente os que envolvem o ensino de Computação, têm uma característica de serem atrativos às pessoas com deficiência visual, uma vez que muitos deles têm contato com a tecnologia desde cedo, seja para propiciar uma comunicação mais acessível ou pelo fato de lhes permitir desempenharem diversas atividades com mais autonomia (Alves *et al.*, 2022).

É comum nos cursos da área de Exatas utilizar-se de imagens, gráficos, diagramas e organogramas, seja como o próprio objeto de estudo, como na Geometria, por exemplo, ou como recurso facilitador dos processos de ensino e de aprendizagem (Luque *et al.*, 2018; Bine e Ruiz, 2019). Neste último caso, é quase unânime o uso dessas representações visuais no estudo de vários conteúdos da área de Computação, especialmente nos que envolvem as áreas de Análise de Algoritmos, Engenharia de Software, Teoria da Computação e ED, por exemplo.

A disciplina de ED está presente no currículo dos cursos de Ciências da Computação, mas também faz parte da estrutura curricular de outros cursos que abordam, com um pouco mais de direcionamento, a área de programação e análise de algoritmos (Cury *et al.*, 2018). O conteúdo aborda conceitos como o de pilha, fila, lista encadeada, árvore binária de busca, além dos algoritmos desenvolvidos para gerenciar cada uma dessas estruturas, como: adicionar ou remover um elemento, balancear a estrutura ou ordenar todos os elementos. Dependendo do currículo, alguns cursos podem estender o conteúdo da disciplina, adicionando os conceitos de Árvore Rubro-Negra, Árvore B, Árvore B+, Tabelas Hash, entre outros, por exemplo (Cury *et al.*, 2018).

Na área de Ciência da Computação, ED é uma forma de organização e armazenamento específicos dos dados, com o objetivo de manipulá-los com mais eficiência, especialmente em operações de busca e modificação (Cury *et al.*, 2018). Algumas estruturas de dados podem ser mais simples de compreender, como a Pilha, a qual tem o seguinte comportamento: o último elemento inserido na estrutura é o primeiro a sair dela. Considera-se que os elementos são dados ou informações que podem ser armazenadas seguindo essa organização imposta pela estrutura. Esse comportamento pode ser comparado a uma pilha de pratos, na qual o prato só pode ser inserido ou retirado do topo da pilha, e, para acessar um prato que esteja mais abaixo, será necessário remover os que ficam no topo, um a um, até que o prato desejado fique acessível ao topo da estrutura (Cury *et al.*, 2018). A Figura 1 ilustra essa analogia.

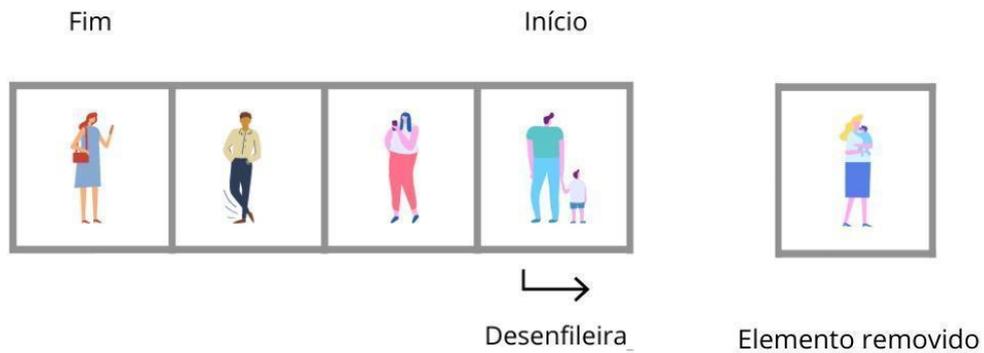
Figura 1 – Duas pilhas de pratos, adicionando e removendo um prato da pilha



Fonte: Elaborada pelo autor com a Inteligência Artificial Microsoft Design e edição de colaboradores.

Assim como a Pilha, a Fila é outra estrutura linear, entretanto, ela segue um outro protocolo. Em uma fila, as extremidades, início e fim, são acessíveis (exemplo na Figura 2). A estrutura segue a regra de inserção e remoção de elementos FIFO (First In First Out), ou seja, o primeiro elemento adicionado é o primeiro que poderá ser removido. Cada elemento inserido fica posicionado no final da sequência, e o elemento a ser removido deve estar posicionado no início (Cury *et al.*, 2018).

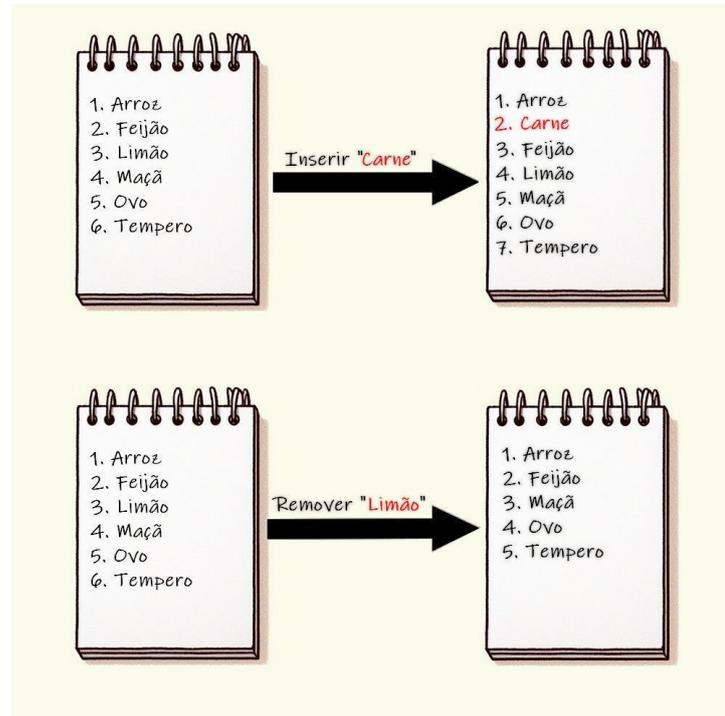
Figura 2 – Representação de uma fila com inserção ou remoção de um elemento



Fonte: Elaborada pelo autor com a Inteligência Artificial Microsoft Design e edição de colaboradores.

Com um nível de complexidade um pouco mais elevado, a Lista Encadeada também é uma estrutura de dados mais flexível e possui algumas variações e faz analogia com as listas que criamos no nosso dia a dia (Figura 3). A versão mais versátil é a Lista Duplamente Encadeada, na qual cada elemento da sequência tem acesso aos vizinhos, o anterior e o posterior. Dessa forma, é possível percorrer todos os elementos em qualquer direção, assim como adicioná-los ou removê-los de qualquer posição (Cury *et al.*, 2018).

Figura 3 – Lista de compras, inserindo e removendo um item da lista

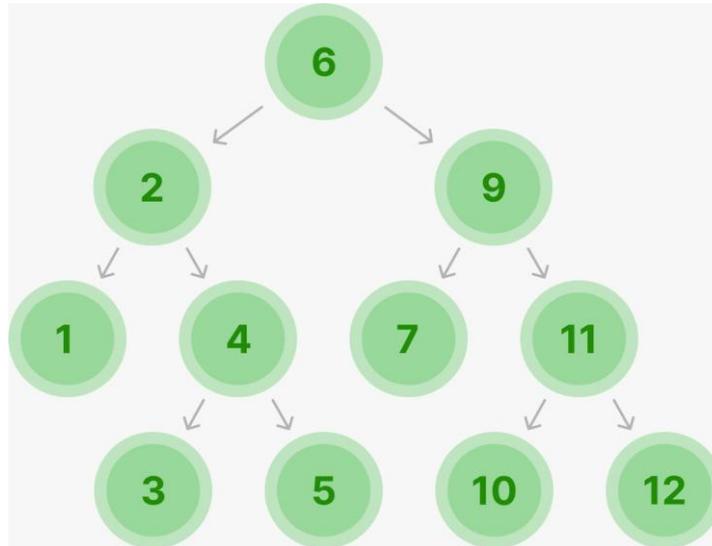


Fonte: Elaborada pelo autor com a Inteligência Artificial Microsoft Design e edição de colaboradores.

Sendo uma das estruturas de dados mais importantes e complexas, a Árvore Binária possui relações entre os dados que a formam (Veloso *et al.*, 1984). Ela é formada por nós ou vértices, os quais podem armazenar um determinado valor, e por arestas, que fazem a ligação entre os nós. A estrutura formada é de uma hierarquia, na qual cada conjunto de dados é subordinado a outro. Existe um nó especial, chamado de raiz da árvore, o qual está no topo da hierarquia, e os nós sem nenhum subordinado são chamados de folhas. A forma mais comum de representar graficamente uma árvore é através de sua representação hierárquica, semelhante a uma árvore genealógica, ou a uma composição hierárquica de alguma empresa.

Uma Árvore Binária de Busca (Figura 4), segue a regra de sempre se manter ordenada. Ou seja, as chaves, que são os dados únicos armazenados em cada nó, estarão todos ordenados após cada operação, seja de inserção de um novo elemento (Figura 5), remoção ou balanceamento. A regra geral é: todo nó armazenando uma chave menor que a guardada na raiz é posicionado à sua esquerda, e se for maior, é posicionado à sua direita. Essa regra se replica para posicionar o nó em relação a qualquer outro (Szwarcfiter; Markenzon, 2010).

Figura 4 – Representação gráfica de uma Árvore Binária de Busca



Fonte: Elaborada por colaboradores do autor.

Como os conceitos das estruturas de dados são muito abstratos, a representação visual é o mecanismo didático mais adotado por professores e alunos. Quanto mais complexa uma estrutura é, mais difícil e demorado se torna sua compreensão. Sua representação gráfica permite que todos seus componentes sejam mais “palpáveis”, facilitando um entendimento imediato de vários conceitos básicos (HadwEn-Bennett; Sentance; Morrison, 2018), os quais demandam muito mais tempo de raciocínio para alcançar a mesma compreensão, caso fossem utilizadas somente representações em texto ou a imaginação (Luque *et al.*, 2018).

Assim como a Árvore Binária, todas as outras estruturas de dados possuem sua representação gráfica. Algumas são mais simples que outras, e os livros didáticos, simulações, e, por conseguinte, os professores, baseiam todo o processo de abordagem do conteúdo nessas representações visuais e, na maioria das vezes, desconhecem métodos para adaptá-las para os alunos com cegueira ou baixa visão (Zen, Da Costa, Tavares, 2023; HadwEn-Bennett, Sentance, Morrison, 2018; Luque *et al.*, 2018).

Dessa forma, um aluno com DV vai ter muitas dificuldades para acompanhar, compreender e se comunicar acerca do conteúdo. Ele só poderá se basear em explicações, e até descrições, de representações visuais que não lhe farão sentido, uma vez que muitos estudantes com esta condição de deficiência, como os que possuem cegueira total, podem não ter consolidado um mapa mental da organização dos nós da estrutura. Em alguns casos, mesmo os que já foram videntes ou possuem baixa visão, tendem a ter dificuldades maiores, conforme as estruturas vão se tornando mais complexas, e principalmente quando a construção do conhecimento acerca do conceito estudado depende não só de uma representação gráfica, mas de uma sequência de ilustrações que derivam uma da outra. Isso é bem comum no estudo de

algoritmos, quando se analisa cada passo dado. Nos algoritmos das estruturas de dados, cada passo pode ser representado por uma imagem atualizada da estrutura, como na Figura 5, que demonstra a execução do algoritmo de inserção de um novo elemento em uma árvore binária de busca, considerado um dos mais básicos no estudo desse conteúdo específico.

Figura 5 – Reorganização de uma Árvore Binária após a operação de inserção de um elemento



Fonte: Elaborada por colaboradores do autor.

Assim como outros da área de Exatas, os cursos que trazem o ensino de Computação em seus currículos, em especial o conteúdo de ED, são bem desafiadores, pois o uso de recursos visuais, representados por figuras, diagramas e desenhos, é basicamente a principal estratégia didática para o ensino dos conceitos estudados. Como o conteúdo é bem abstrato, os alunos com deficiência visual também têm dificuldades de compreendê-los, e, da mesma forma que para os outros discentes, é importante que o professor busque meios de “materializar” as estruturas de dados para o estudante com deficiência visual. Dessa maneira, se todos os mecanismos didáticos da disciplina são centrados no uso de recursos visuais, pode-se indagar: “É preciso ver para aprender?”.

Esta pesquisa tem como missão responder a essa pergunta com um “Não!”. E desenvolveu um material educacional atendendo os alunos com DV e os professores de ED, adotando uma metodologia que favorece o desenvolvimento desse produto, a qual está especificada no próximo capítulo.

3 METODOLOGIA

Neste capítulo, são apresentados os detalhes da pesquisa que auxiliarão na compreensão geral de todo o processo de sua execução, assim como a metodologia utilizada.

Como algumas etapas exigem a interação com humanos, seja na coleta de dados, através de questionários digitais, entrevistas por meio de chamadas de áudio e os testes do produto educacional com professores e alunos, foi necessária a aprovação pelo Comitê de Ética e Pesquisa (CEP) da UFC.

A aprovação do CEP ocorreu em 6 de dezembro de 2024. O número do parecer é: 7.272.155, e o do Certificado de Apresentação de Apreciação Ética (CAAE) é: 82786224.6.0000.5054. A validação pode ser feita, apresentando um desses dois números, após clicar no link “Confirmar aprovação pelo CAAE ou parecer” no site da Plataforma Brasil: <https://plataformabrasil.saude.gov.br/login.jsf>.

Nas seções que seguem, estão detalhados a metodologia desta pesquisa, os sujeitos, o *locus* da pesquisa, os instrumentos e técnicas de coleta de dados e o desenho da pesquisa.

3.1 A ciência do artificial – Design Science

Metodologias científicas tradicionais buscam compreender e explicar o mundo natural. A ciência natural ou social busca analisar e refletir de maneira crítica a sociedade e as relações (Lacerda *et al.*, 2013). Entretanto, muitas vezes, as pesquisas voltadas para a criação de soluções artificiais para problemas reais ficam desamparadas, pois sua natureza não parte de um fenômeno natural ou social existente, mas sim da observação das demandas desse mundo, com o objetivo de prescrever artefatos que possam atendê-las.

Preenchendo essa lacuna, a Ciência do Artificial, tratada nesta pesquisa como Design Science, é uma metodologia que servirá de base epistemológica para o método Design Science Research, o qual será apresentado na subseção 3.1.2. A DS trata do estudo do que é artificial, adequando-se ao objetivo geral desta pesquisa: “Desenvolver um material educacional tátil para apoiar o ensino do conteúdo de Estrutura de Dados para estudantes com deficiência visual”.

3.1.1 Características e Diretrizes da Design Science

A DS possui algumas diretrizes que norteiam os métodos que a aplicam. Ela foca em solucionar de forma satisfatória um problema relevante através do desenvolvimento e da avaliação de um artefato, por meio da execução de métodos que possuam etapas que atendam ao rigor de uma pesquisa científica.

É importante salientar algumas características que representam uma pesquisa fundamentada na DS. Para isso, Lacerda *et al.* (2013) e Dresch; Lacerda e Junior (2020) serviram de base para explicar tanto essas características, quanto as diretrizes que serão apresentadas mais adiante.

Primeiramente, a DS propõe a concepção de um artefato, o qual pode ser representado por um objeto físico, uma metodologia, um *software* ou outra ferramenta digital, com a finalidade de atingir um determinado objetivo especificado. Esse artefato deve desempenhar uma função, e exige uma adaptação, em algum nível, do contexto em que ele será operacionalizado, como o preparo do ambiente físico ou digital em que ele funcionará, regras ou requisitos para seu uso, capacitação do usuário etc.

Um artefato é influenciado pelo ambiente interno, que é a substância e organização do próprio artefato em si, pelo ambiente externo, representado pelo contexto no qual o artefato está inserido, podendo ser o ambiente físico, social, tecnológico etc., e pela sua instanciação, caracterizada pelas regras, critérios ou protocolos que delimitam sua utilização em um contexto específico. Dessa forma, pode-se dizer que um artefato não é somente um objeto físico, uma ferramenta tecnológica ou um novo protocolo de gestão de uma empresa, por exemplo, ele é a interface de seu ambiente interno e o ambiente externo.

A metodologia DS exige um rigor nas etapas da pesquisa, que garante sua aceitação pela academia. Analisando junto a ciência tradicional, além do rigor, ela exige uma relevância da pesquisa, conduzindo a uma quebra das barreiras do estudo teórico e propiciando a adoção dos artefatos desenvolvidos, seja por grande parte da sociedade, seja por uma parte afetada por uma classe de problemas, a ser beneficiada por essa solução.

A classe de problemas é uma generalização para um conjunto de problemas, de natureza teórica ou prática, que possui artefatos úteis com soluções totais ou parciais.

Uma característica importante da DS é a busca por uma solução satisfatória. Uma solução ótima ou ideal muitas vezes é inviável ou segue na via contrária da adoção massiva do artefato pelos afetados pelo problema estudado, devido às dificuldades para a aplicação prática

da solução proposta em uma classe de problemas. Diante disso, a prescrição de uma solução que seja satisfatória permite que um artefato criado atenda particularmente às demandas em um contexto específico, delimitando seu uso através de regras ou protocolos de instanciação.

Por fim, a DS usa o método abduutivo, o qual busca analisar os fatos e os explicar através de hipóteses elaboradas. Isso permite que o pesquisador use sua criatividade e conhecimentos prévios a fim de pensar soluções para os problemas estudados.

A Design Science apresenta sete diretrizes norteadoras para os métodos de pesquisa que buscam operacionalizá-la. São elas: Design como Artefato, Relevância do Problema, Avaliação do Design, Contribuições do Design, Rigor da Pesquisa, Design como um Processo de Pesquisa e Comunicação da Pesquisa. Cada uma delas estão explicadas a seguir:

- Diretriz 1 - Design como Artefato: uma pesquisa que operacionaliza a DS deve resultar em um artefato viável, podendo ser um constructo, modelo, uma instanciação ou método.
- Diretriz 2 - Relevância do Problema: uma pesquisa em DS objetiva desenvolver soluções com base na tecnologia para problemas importantes e relevantes.
- Diretriz 3 - Avaliação do Design: o artefato deve ter sua utilidade, eficácia e qualidade demonstradas rigorosamente através de métodos de avaliação bem executados.
- Diretriz 4 - Contribuições do Design: a pesquisa com fundamentos na DS deve propiciar contribuições claras e verificáveis nos contextos específicos, para os quais houve prescrição dos artefatos construídos, apresentando uma base clara em fundamentos ou metodologias de design. Ou seja, a contribuição deve estar clara do ponto de vista teórico e acadêmico e do ponto de vista prático (envolvidos no problema específico da Classe de Problemas, a ser solucionado).
- Diretriz 5 - Rigor da Pesquisa: uma pesquisa em DS deve aplicar métodos rigorosos, tanto na construção, quanto na avaliação do artefato. Isso assegura a confiabilidade e a validade da pesquisa, além de demonstrar que o artefato construído é satisfatório, atingindo o objetivo proposto e atendendo aos critérios estabelecidos.
- Diretriz 6 - Design como um Processo de Pesquisa: o pesquisador que utiliza a DS deve buscar conhecer estudos e possíveis soluções existentes para o problema específico. Isso permitirá que ele conheça mais sobre o problema, de forma teórica e prática, e se baseie nessas pesquisas para desenvolver os artefatos, ou aprimorar os já existentes.

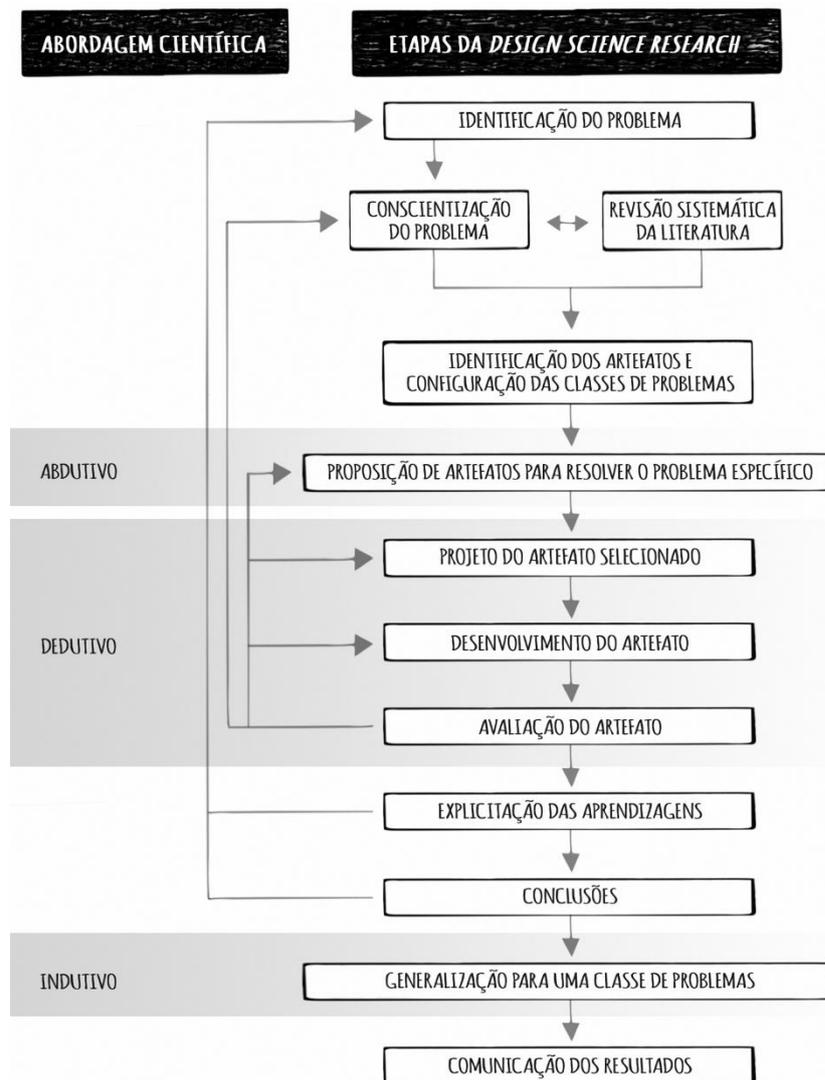
- Diretriz 7 - Comunicação da Pesquisa: a pesquisa deve ser comunicada a todos os interessados. Isso envolve os afetados pelo problema específico a ser solucionado e pela Classe de Problemas como um todo. A divulgação na comunidade científica também é importante, através de periódicos, artigos de congressos, dissertações de mestrado ou teses de doutorado, por exemplo.

3.1.2 O Método Design Science Research

Se por um lado a Design Science é uma metodologia que serve de base epistemológica para os métodos científicos que nela se baseiam, por outro lado, o Design Science Research propõe etapas para uma pesquisa científica seguindo as diretrizes propostas pela DS.

Vários autores propuseram métodos que operacionalizam a DS, alguns com foco na concepção e desenvolvimento do artefato, alguns assegurando um maior rigor em todas as etapas, principalmente na avaliação, e outros buscando simplificar ou organizar, na medida do possível, as etapas da pesquisa. Em todos os casos, as diretrizes da DS são respeitadas, assim como suas características. Para um melhor detalhamento dos procedimentos executados nesta pesquisa, assim como do cumprimento de seus objetivos, optou-se pelo uso do método Design Science Research proposto por Dresch, Lacerda e Junior (2020). Essa proposta tem influências de vários outros métodos, apresentados pelos autores, que também operacionalizam a DS, totalizando doze etapas, ilustradas na Figura 6.

Figura 6 – 12 etapas da DSR



Fonte: Dresch; Lacerda e Junior (2020, p. 124).

Nesta pesquisa, optou-se pela criação de 4 fases para organizar as 12 etapas da DSR. Buscou-se uma nomenclatura que facilitasse a compreensão do agrupamento de todas elas, como detalhado a seguir:

A Fase 1, nomeada de “Definição do problema”, abrigou as etapas: 1- Identificação do problema; 2- Conscientização do problema; e 3- Revisão sistemática da literatura.

A Fase 2, “Projeto e Desenvolvimento do Artefato”, ficou com as etapas: 4- Identificação dos artefatos e configuração das classes de problemas; 5- Proposição de artefatos para resolução do problema; 6- Projeto do artefato; e 7- Desenvolvimento do artefato.

A Fase 3, “Avaliação do Artefato”, é composta pelas etapas: 8- Avaliação do artefato; e 9- Explicitação das aprendizagens.

Por fim, a Fase 4, “Conclusão”, contém as seguintes etapas: 10- Conclusão; 11- Generalização para uma classe de problemas; e 12- Comunicação dos resultados.

3.2 Sujeitos da pesquisa

Participam da pesquisa quatro categorias de sujeitos: “Alunos consultores”, “Alunos avaliadores”, “Professores consultores” e “Professores avaliadores”. Cada uma dessas categorias está especificada a seguir:

3.2.1 Alunos consultores (8 participantes)

Pessoas com DV que estão cursando, já cursaram ou estudam por conta própria o conteúdo de Computação, preferencialmente relacionado à disciplina de ED. Essas pessoas foram alcançadas através de indicações, ou captadas pela divulgação de convites para uma entrevista semiestruturada. Os convites foram feitos em grupos de WhatsApp de pessoas com DV que estudam ou trabalham com programação, e de alunos com deficiência da UFC. O contato foi feito por mensagens ou chamadas e foi analisado se cada um deles atendiam aos requisitos do perfil. Esse sujeito é responsável por contribuir com o levantamento de informações sobre as experiências e eventuais necessidades acerca do estudo do conteúdo de ED. Os dados coletados são importantes para o projeto e aprimoramento do produto.

3.2.2 Alunos avaliadores (4 participantes)

Pessoas com DV (cegueira ou baixa visão) que tenham cursado a disciplina de ED no Ensino Superior. Participantes da pesquisa como Alunos Consultores também podem atuar nesta categoria.

Foi feito contato com alguns dos Alunos Consultores que tinham esse perfil mais específico, e um novo participante, que não respondeu ao convite para as entrevistas, aceitou participar desde segundo momento. Esse sujeito é o responsável por avaliar o produto.

3.2.3 Professores consultores (8 participantes)

Professores que ministram ou já ministraram a disciplina de ED em IES públicas ou particulares do estado do Ceará. Inicialmente, fez-se contato com docentes dos cursos de Ciência da Computação, Engenharia de Computação, Sistemas de Informação e sistemas e Mídias Digitais, da Universidade Federal do Ceará. A fim de aumentar a probabilidade de uma maior quantidade de participações, o contato se estendeu para outras Universidades Federais e Estaduais do Ceará, além de algumas IES particulares. Este sujeito é responsável por fornecer informações sobre as necessidades e expectativas dos professores de ED nos processos de ensino e de aprendizagem de alunos com deficiência visual na disciplina. Os dados coletados servem para ajudar no projeto e aprimoramento do produto.

3.2.4 Professores avaliadores (5 participantes)

Professores de alguma IES, que ministrem a disciplina de ED. Eles são responsáveis por avaliar o produto desenvolvido, especialmente o guia de uso do material tátil e as sequências didáticas, na perspectiva do docente, analisando se ele atende às suas necessidades nos processos de ensino e de aprendizagem. Fez-se o convite por e-mail e WhatsApp, fornecidos pelas coordenações dos cursos nos quais comandavam a disciplina de ED, e os que aceitaram o convite participaram do teste do material.

Os professores de ED podem pertencer a mais de uma categoria de sujeitos. Um docente pode ser um consultor ou avaliador.

3.3 Lócus da pesquisa

O contato com todos os sujeitos foi realizado por e-mail ou aplicativos de mensagens instantâneas (What'sApp ou Telegram). As entrevistas com os Alunos Consultores ocorreram por chamada de voz pelo Google Meet ou outro meio preferido por eles.

No caso dos Professores Consultores, eles receberam o convite, por e-mail, para responder ao questionário digital.

Presencialmente, em uma sala com uma mesa ou carteira escolar, escolhida pelo Professor Avaliador, foram realizados os testes para avaliação do produto educacional na perspectiva do docente.

A avaliação do produto na perspectiva do estudante com deficiência visual foi realizada em ambientes de aula de uma IES. Os Alunos Avaliadores testaram o produto, individualmente em momentos distintos, em uma mesa ou em uma carteira escolar.

3.4 Instrumentos e técnicas de coleta de dados

Esta pesquisa conta com cinco momentos de coleta de dados. O primeiro com o sujeito Professor Consultor, que responde a um questionário digital, disponível no APÊNDICE A. O instrumento apresenta questões sobre a percepção do docente acerca da dificuldade dos alunos no conteúdo de ED, sua experiência com eventuais alunos com DV que tenham recebido em suas turmas, ou sobre como abordariam o conteúdo caso recebessem educandos com esse perfil.

O Sujeito Professor Avaliador avalia o produto educacional. O questionário digital, disponível no APÊNDICE C, é aplicado em uma entrevista semiestruturada para captar as impressões do docente e suas propostas de melhorias para o produto.

Um questionário para uma entrevista semiestruturada com o Sujeito Alunos Consultores, disponível no APÊNDICE B, apresenta perguntas para entrevistas realizadas por chamada de voz. As respostas são registradas em anotações e a entrevista gravada. Eles respondem perguntas sobre a vivência nos estudos da área, além de expor as dificuldades, métodos já utilizados nos estudos, sugestões etc.

Para o sujeito Aluno Avaliador, há dois instrumentos para coleta de dados. Um roteiro de teste do produto educacional, detalhado no APÊNDICE D, contendo orientações para preparação do ambiente e tarefas a serem executadas, e um questionário de pós-teste, especificado no APÊNDICE E, com perguntas sobre a experiência com foco na captação de satisfação e cumprimento dos objetivos levantados para o produto educacional.

3.5 Desenho da pesquisa

A execução das 12 etapas da DSR contribuiu para atingir os quatro objetivos específicos desta pesquisa. Essas etapas foram divididas em 4 fases que as organizam em momentos distintos deste estudo.

Na Fase 1, “Definição do problema”, foram levantadas as informações para identificar um problema específico a ser resolvido, assim como buscar por documentos e estudos que apoiassem o desenvolvimento da solução. Foram realizadas três pesquisas: a) uma documental no site da Secretaria e Acessibilidade da UFC, b) uma pesquisa bibliográfica exploratória sobre ensino acessível de ED para pessoas com DV, e c) uma RSL sobre métodos e tecnologias que apoiem o ensino acessível de alunos com DV, nos conteúdos que utilizam elementos visuais.

Além disso, houve dois momentos de coleta de dados, um com a aplicação de um questionário com os Professores Consultores, e outro com as entrevistas com os Alunos Consultores. Analisou-se os resultados para identificar as necessidades dessas duas categorias de sujeitos, as faces do problema da pesquisa e os requisitos do produto educacional. A execução das três etapas desta fase permite o cumprimento do OE1.

As etapas de 4 a 7 pertencem a Fase 2: “Projeto e Desenvolvimento do Artefato”. Buscou-se encontrar soluções nos resultados das pesquisas realizadas, além de pensar em aprimoramentos ou ideias para o problema específico desta pesquisa. Nesta fase, também, o produto educacional foi projetado e desenvolvido, possibilitando o cumprimento dos OE2 e OE3.

Na Fase 3: “Avaliação do Artefato”, composta pelas Etapas 8 e 9, desenvolveu-se um roteiro para o teste a ser realizado com os Alunos Avaliadores, os quais tentaram cumprir algumas atividades com o produto, e depois responderam a um questionário digital sobre a experiência. Em momentos distintos, os Professores Avaliadores avaliaram o produto na perspectiva do docente. Após a apreciação, eles responderam a um questionário digital sobre as suas impressões e possibilidades para uso do produto em suas aulas. Os resultados serviram para identificar as fragilidades e traçar melhorias para todos os componentes do produto educacional, tanto na perspectiva do docente, quanto do discente com DV, além de validar a eficácia do artefato e se ele pode ser considerado uma solução satisfatória para o problema da pesquisa. Essa fase permite o cumprimento do OE4.

As Etapas de 10 a 12, pertencentes a Fase 4: “Conclusão”, discorrem sobre a análise de todo o processo de desenvolvimento do artefato, com as considerações finais, a abordagem de como o artefato pode contribuir para uma classe de problemas mais abrangente, e a divulgação da solução desenvolvida. Essa reflexão ocorre através da documentação desses registros nesta dissertação de mestrado, além da divulgação através de publicações de artigos ou participação em eventos, por exemplo. As considerações finais expõem as limitações da pesquisa, além da sugestão de trabalhos futuros. Concluindo todas essas etapas, considera-se que o OG desta pesquisa foi cumprido.

4 FASE 1: DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

Este capítulo apresenta os resultados das três primeiras etapas da pesquisa, pertencentes à fase de Definição do Problema. Elas corroboraram com o cumprimento do OE1: Investigar a problemática e as propostas de soluções que envolvem o ensino de ED para pessoas com deficiência visual.

As seções a seguir mostram os resultados das Etapas 1 e 2, com as coletas de dados feitas durante a pesquisa e da Etapa 3 com o resumo da RSL de Bezerra *et al.* (2024).

4.1 Etapas 1 e 2: identificação e conscientização do problema

Na Etapa 1, “Identificação do problema”, importa afirmar que o problema que se objetiva investigar surge especialmente do interesse do próprio pesquisador em estudar uma solução para um cenário específico ou uma Classe de Problemas. Nesta etapa, o pesquisador identifica o problema que ele deseja analisar e para cuja solução deseja contribuir. É importante que seja relevante, justificando a sua escolha. Tendo a sua relevância evidenciada, é preciso apresentá-lo de forma clara e objetiva para sua melhor compreensão.

Na Etapa 2, “Conscientização do problema”, o pesquisador busca o máximo de informações possível sobre o contexto do problema a ser resolvido, permitindo identificar todas as suas faces no contexto em que ele ocorre. Esse processo também inclui o levantamento dos requisitos a serem atendidos pelo artefato, assim como sua performance e funcionalidades. O pesquisador pode utilizar várias abordagens para ajudar nessa conscientização, como o pensamento sistêmico ou estrutura sistêmica. Essa estrutura apresenta relações de causa e efeito, com influências diretamente ou inversamente proporcionais entre os fatores existentes que influenciam o sistema ou contexto estudado.

A partir de sua própria experiência, e de outras motivações especificadas no capítulo 1, o autor identificou o problema da escassez de recursos de apoio ao ensino acessível de ED para pessoas com deficiência visual. A questão da pesquisa resultante desta etapa é: “Como apoiar o ensino de ED para estudantes com deficiência visual, quando elementos visuais são utilizados como os principais recursos didáticos?”.

A seguir, estão os resultados das pesquisas bibliográfica e documental, além das

coletas de dados realizadas com os Professores Consultores e Alunos Consultores, culminando na saída dessas etapas, com o levantamento das faces do problema da pesquisa e os requisitos do artefato a ser desenvolvido.

4.1.1 Pesquisas Bibliográfica e Documental

Para trabalhar a conscientização sobre o problema escolhido, suas proporções e relevância, foram realizadas quatro coleta de dados. Primeiramente, foi feita uma pesquisa documental das normativas das políticas de inclusão da UFC, já que, em geral, elas são importantes para apoiar os alunos com DV da instituição, pois propiciam mais tempo de avaliação, livros em formato acessível para os usuários de leitores de tela, além de impressões em braile ou com ampliação. Entretanto, o problema desta pesquisa é muito específico, e somente essas políticas não são suficientes para resolvê-lo. Mesmo a Rede Rebeca, apesar do seu potencial de disseminação de materiais acessíveis entre as IES conveniadas, não traz uma solução, visto que ainda está em implementação na Universidade.

Em um segundo momento de coleta de dados, buscando compreender o problema da pesquisa de forma ampla, um levantamento bibliográfico exploratório foi realizado no Google Acadêmico, com o objetivo de utilizar uma base mais popular e diferente das que foram escolhidas na RSL de Bezerra *et al.* (2024), restringindo o período de 2013 a 2022, totalizando uma década, no momento da pesquisa. Os resultados deveriam conter as palavras-chave: “ED”, “deficiência visual” e “Computação”. Nenhuma outra restrição foi aplicada, pois o intuito era captar o máximo de ideias possível sobre o problema.

Os 137 resultados encontrados tiveram seus títulos e resumos lidos, e se percebeu que poucos abordavam o tema desta pesquisa. Foram encontrados relatos de experiência e metodologias para o ensino de computação em geral para discentes com DV. O ensino de ED, particularmente, foi trabalhado, inclusive, com a apresentação de um produto como proposta de solução prática, em apenas um artigo, demonstrando a escassez de estudos de soluções para este problema real.

Trata-se do trabalho desenvolvido por Dos Santos Andrade e Fernandes (2016), o qual abordam a complexidade de adaptação de conteúdos visuais, amplamente utilizados, em disciplinas do curso de Ciência da Computação, dentre elas, a de ED. O artigo apresenta o desenvolvimento e validação de um modelo artesanal tátil em relevo para trabalhar o conteúdo de Árvore Binária com alunos com DV. Esta pesquisa mostrou que há, no meio acadêmico, um

interesse mais abrangente nesta temática, entretanto, soluções práticas e satisfatórias são extremamente escassas, especialmente quando se restringe à temática de acessibilidade para o estudo de ED.

4.1.2 Coleta de Dados com Professores Consultores

A coleta de dados com os Professores Consultores objetivou compreender o nível de relevância do problema desta pesquisa, na perspectiva do professor de ED. Os resultados serviram para justificar a necessidade de se criar sequências didáticas conduzindo atividades com utilização do material tátil, além de auxiliar na definição dos seus requisitos. A seguir, estão os resultados, mostrando o perfil dos participantes e os procedimentos adotados para a coleta e análise dos dados.

4.1.2.1 Perfil dos Participantes

Tentou-se o contato por e-mail com 24 professores de ED, mas apenas oito responderam ao questionário. Alguns Professores Consultores ministraram disciplinas em mais de um curso, totalizando 15 cursos nas respostas obtidas. Dentre os respondentes, 6 ensinaram no curso de Ciência da Computação, 3 em Sistemas de Informação, 2 em Engenharia de Computação, 1 em Análise e Desenvolvimento de Sistemas, 1 em Matemática Industrial e 1 em Segurança da Informação.

4.1.2.2 Procedimento

O terceiro momento de coleta de dados contou com a aplicação de um questionário digital (APÊNDICE A) com professores de ED. Ele foi divulgado diretamente aos e-mails de 24 docentes, os quais foram disponibilizados pelas secretarias ou coordenações dos cursos, de IES públicas e privadas, que possuíam a disciplina de ED em suas estruturas curriculares. A

consulta das informações foi feita diretamente nos sites das instituições. Pesquisou-se a presença da disciplina de ED nos sites das IES públicas do estado do Ceará, e em algumas privadas. As coordenações que disponibilizaram publicamente seus meio de comunicação foram contactadas para solicitação do e-mail dos professores da disciplina.

4.1.2.3 Análise dos Resultados

Após as questões sobre o perfil dos respondentes, segue-se aos resultados da questão 3. Eles apontam que 7 professores concordam totalmente que a disciplina de ED é essencial para os cursos nos quais a ministraram, exceto o do curso de Segurança da Informação, que concorda parcialmente. Isso demonstra que a má formação dos alunos com DV nessa disciplina prejudicaria potencialmente sua formação.

A questão 4 pediu para os professores indicarem o grau de importância de alguns conteúdos na disciplina de ED. As estruturas Pilha, Fila e Lista Encadeada receberam respostas “Concordo Totalmente” de todos os respondentes. A Árvore Binária só recebeu uma resposta “Concordo Parcialmente”, mas todas as outras repetiram as respostas das estruturas lineares, demonstrando unanimidade na consideração de alta importância desse conteúdo. Como padrão de uma ementa da disciplina de ED, os conteúdos mais vistos, em uma disciplina mais básica, seguem até Árvore Binária. No que tange a outros conteúdos mais aprofundados que envolvem balanceamento, como Árvore Rubro-Negro e Heap, apesar de alguns concordarem totalmente, houve a aparição de respostas “Não se aplica” ou “Discordo Parcialmente”.

A partir do resultado da questão 4, serão considerados para análise apenas os conteúdos das estruturas lineares e de Árvore Binária, por serem considerados unanimemente essenciais. A questão 5 solicita aos entrevistados que avaliem a demanda de mais tempo para que os conteúdos listados na questão 4 sejam trabalhados em sala de aula. As estruturas lineares tiveram respostas diversas, mas é possível perceber que as mais simples, como Pilha e Fila, não demandam tanto esforço para serem trabalhadas nas aulas. A Lista Encadeada já possui mais respostas “Concordo Totalmente” e “Concordo Parcialmente”, com 2 respostas “Não se aplica” e apenas 1 “Discordo Parcialmente”. O conteúdo de Árvore Binária teve a maior quantidade de respostas concordantes, e apenas 2 “Discordo Parcialmente”. Podemos ler essas respostas como reflexo de uma demanda de mais tempo para ensinar o conteúdo de ED, por ser mais complexo.

As questões 6 e 7 são, respectivamente, sobre os recursos didáticos usados em sala de aula, e os materiais didáticos ou avaliativos na disciplina de ED. Não houve muita diferença entre as respostas, mas destacamos o uso intenso de projeção de slides, representação ilustrativa das ED, exercícios escritos na lousa, indicação de livro didático etc. Entretanto, precisamos analisar o uso desses recursos tendo em vista as questões 8 e 9. A questão 8 diz sobre a experiência do professor com alunos com DV. Seis respondentes discordam que tiveram essa experiência e apenas um concorda totalmente, e um segundo concorda parcialmente. Sem essa experiência, podemos prever que os professores podem não ter segurança ou não serem capacitados para adaptar suas aulas para estudantes com DV. Isso fica mais claro na questão 9, a qual questiona se o professor está preparado para adaptar os conteúdos da disciplina de ED para os alunos com DV. Não houve nenhuma resposta positiva.

As questões 10, 11 e 12 tratam de como o professor adaptaria os conteúdos da disciplina de ED, e de quais recursos de adaptação ele já conhece. A grande maioria das respostas foi semelhante, com várias opções marcadas, como a descrição mais detalhada dos conteúdos dos slides, audiodescrição das imagens, disponibilização de PDF acessível etc. Essas respostas vão no sentido contrário das questões 8 e 9, visto que demonstram que os professores não se sentem seguros para adaptar os conteúdos, nem possuem experiência no ensino de alunos com DV. Dessa forma, pode-se inferir que as respostas das questões 10, 11 e 12 não demonstram consciência sobre a execução prática das adaptações, mas sim um desejo ou incentivo para atender aos discentes, o que é positivo.

A questão 13 assevera que o professor terá total necessidade de usar um material educacional acessível para alunos com DV, específico para o ensino de ED. Apenas 2 respondentes não concordaram, os outros seis concordaram total ou parcialmente. Isso também corrobora com o sentimento de desejo de conseguir apoiar um eventual estudante com DV que ingresse na turma desses professores. A questão 14 indaga se o professor poderá dedicar todo o tempo disponível para adaptar os conteúdos da disciplina. Apenas uma discordância parcial revela, mais uma vez, o desejo de acolher o aluno. Entretanto, as adaptações não são tão triviais, e demandam um tempo, seja na mudança do material didático, seja na metodologia de ensino do professor. Além disso, alguns serviços, como impressão em braile e audiodescrição de imagens e vídeos também demandam tempo para que seja feito um trabalho de qualidade, especialmente em um conteúdo tão específico. Novamente, o desconhecimento e a inexperiência com o ensino de discentes com DV podem ter propiciado uma resposta mais voltada para o desejo do que para uma consciência do trabalho exigido.

A questão 15 trata das características de um material educacional acessível para o ensino de ED, as quais são desejadas pelos professores respondentes. Todas as características apresentadas foram bem aceitas, com poucas discordâncias, exceto a característica do material ter um manuseio silencioso, que teve 4 respostas “Neutro ou não se aplica”. Dessa forma, um material proposto que atenda a essas características seria bem aceito pelos professores.

A última questão, de número 16, pergunta sobre os serviços de adaptação de materiais para DV que são disponibilizados pelas suas instituições. As respostas predominantes falam da instalação de leitores de tela nos computadores dos laboratórios e a digitalização de textos ou livros para formato acessível. Alguns citam o serviço de ampliação e até da possibilidade do uso de impressoras 3D. Apenas um professor não soube responder, mas podemos perceber algumas possibilidades, como o uso de impressoras 3D ou a existência de setores que deem apoio à produção de materiais educacionais acessíveis.

4.1.3 Coleta de Dados com Alunos Consultores

A coleta de dados com os Alunos Consultores objetivou compreender suas demandas e dificuldades na acessibilidade ao estudo dos conteúdos de Computação, em especial na disciplina de ED, para nortear as especificações dos requisitos do produto educacional. A seguir, estão os resultados, mostrando o perfil dos participantes e os procedimentos adotados para a coleta e análise dos dados.

4.1.3.1 Perfil dos Participantes

O quarto momento de coleta de dados foi realizado com oito pessoas com DV, as quais já estudaram ou, principalmente, ainda estudariam o conteúdo de ED. Todavia, alguns que tiveram contato somente com outros conteúdos do ensino de Computação também participaram, pois suas experiências também poderiam contribuir na conscientização do problema de forma mais abrangente.

Para garantir o anonimato dos entrevistados, seus nomes foram omitidos, e utilizou-se os identificadores: A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7 e A8. O quadro 1 mostra um resumo do perfil dos participantes:

Quadro 1 – Perfil dos sujeitos Alunos Consultores

ID	Deficiência	Idade	IES	Trabalho	Tecnologias assistivas	Estudou ED
A1	Baixa visão (Monocular)	30	UFC	Analista de Sistemas	LUPA (Windows e Linux); Aumento de elementos na tela; Raramente usa leitor de tela; Usa tablet para aproximar a tela dos olhos.	Cursou ED, Teoria dos Grafos, Construção e Análise de Algoritmos.
A2	Baixa visão (14°)	34	IFCE	Não informou	Usa GPS do Celular para locomoção; Lupa virtual, Ampliação e alto contraste no celular e computador; usa óculos com 14 graus.	Cursou ED e passou de primeira, mas foi dificultoso, pois tinha muito conteúdo para pouco tempo.
A3	Baixa visão	28	UFC	Analista de segurança ofensiva	Leitor de tela; Alto contraste em basicamente tudo; Aumento máximo de fonte e ampliação nas telas e no monitor de 30 polegadas; IA para reconhecimento de imagem;	Cursou ED e gostou bastante.
A4	Cegueira	36	IFCE	Aposentado	Notebook pessoal nas aulas; Be my Eyes, Copilot, Google Lookout, Envision AI etc. para descrição de imagens e outras necessidades; leitor de tela.	Cursou Ed e foi tranquilo, pois professor já teve experiência em disciplina anterior.
A5	Cegueira (desde os 16 anos)	42	Univali	Professora de Informática e Braille	Leitor de tela NVDA e Voice Over; Reglete; Máquina de escrever em braile; Scanner com OCR; Be my Eyes; Audiodescrição; Audiobook.	Cursou ED ou semelhante, não soube dizer ou lembrar as disciplinas cursadas.
A6	Cegueira (sempre)	24	UFPEL e Estácio de Sá EAD	Desenvolvedor de Software	Leitor de tela (NVDA); Braille; usou multiplano e Soroban; Reglete; Lookout, Seeing AI; Audiodescrição.	Cursou ED na UFPEL
A7	Cegueira (sempre)	33	UFRPE e ALURA	Trabalha na área de Testes	Leitor de Tela; Be my Eyes; Chat GPT; Conhece Braille; Visão computacional.	Cursou ED na Faculdade e nos cursos da Alura.
A8	Cegueira (Desde os 5 anos)	38	Estácio de Sá (EAD)	Não informou	Leitor de Tela (NVDA e ORCA); Sabe braile; Be my Eyes, Lookout, Seeing AI; Scanner com OCR.	Não estudou ED. Estudou modelagem de dados, Algoritmos, Java etc.

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de tabelas no Microsoft Excel.

A1, A2 e A3 possuem baixa visão, ou seja, ainda possuem algum resquício visual, que, em seus casos específicos, torna possível perceber algo escrito se houver ampliação, alto

contraste ou aproximação da tela, por exemplo. Entretanto, em alguns casos, esse recurso é bem cansativo, e pode proporcionar dores nos olhos ou de cabeça, por isso, todos utilizam leitores de tela em alguns momentos. Nenhum tem conhecimento fluente de braile. Os demais entrevistados têm cegueira total, e utilizam, prioritariamente, leitores de tela, seja no computador, seja no celular, todos conhecem muito bem o braile, exceto A4, que começou a perder a visão com 14 anos, e teve apenas um contato rápido em um curso de curta duração. As IES em que eles cursaram ou estão cursando são: Ciência da Computação (UFC), Ciência da Computação (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará/IFCE Polo de Maracanaú), Ciência da Computação (Universidade Federal de Pelotas/UNIPEL), Ciência da Computação (Estácio, Sistemas e Mídias Digitais/UFC), Sistemas de Informação (Universidade Federal Rural de Pernambuco/UFRPE), Análise e Desenvolvimento de Sistemas (Universidade do Vale do Itajaí/UNIVALI) e Tecnológico em Gestão da Tecnologia da Informação EAD (Estácio). Não se vinculou o curso ao entrevistado, pois poderia facilitar sua identificação.

4.1.3.2 Procedimento

Uma entrevista individual foi realizada por audioconferência com cada um, utilizando as perguntas do APÊNDICE B. As conferências ocorreram pelo WhatsApp ou Google Meet, e foram gravadas. Foi explicado o objetivo da pesquisa, e várias anotações foram feitas sobre as respostas dos entrevistados. A entrevista seguia um questionário semiestruturado, então algumas perguntas foram inseridas, dependendo dos comentários feitos pelos sujeitos. Todas as anotações foram verbalizadas em voz alta para que houvesse a concordância do respondente sobre o registro escrito da sua fala. Fez-se dessa forma para analisar o conteúdo da entrevista a partir das anotações, e não da transcrição. Optou-se por essa adaptação para reduzir a possibilidade de identificação dos entrevistados, devido às citações específicas de pessoas ou setores em seus relatos.

Após as entrevistas, os dados foram analisados com base na metodologia Análise de Conteúdo, desenvolvida por Bardin (1977). Podemos resumir esta proposta em 4 fases: 1- Estabelecer a unidade de análise. Nesse momento, decidiu-se analisar o contexto das palavras e frases ditas na entrevista. Bastava ter algum vínculo com facilidades ou dificuldades com a deficiência visual, aprendizado do conteúdo, materiais didáticos ou educacionais, metodologias de ensino, professores ou instituição; 2- Determinar as categorias de análise. Durante a leitura

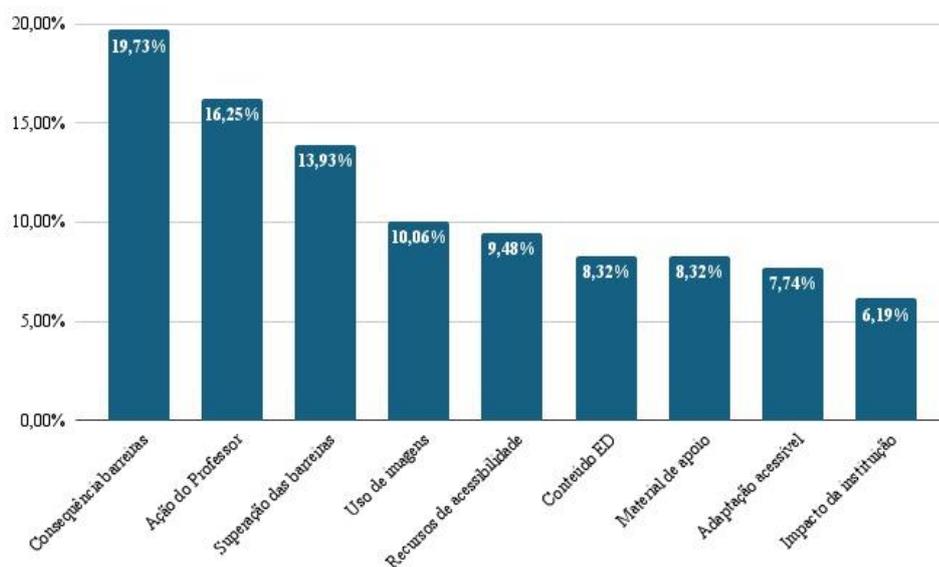
das anotações feitas nas entrevistas, foram criados códigos, ou códigos existentes forma vinculados às palavras, frases ou sentenças; 3- Seleção da amostra do material de análise. No total foram criados 66 códigos, além das 9 categorias que classificaram os elementos codificados de acordo com a semelhança entre eles. Um código deve pertencer a pelo menos uma categoria, e não pode pertencer a mais de uma; 4- Interpretação dos resultados. Com os dados contabilizados e organizados em categorias, pode-se analisá-los, orientando-se pelos objetivos da pesquisa e pela literatura consultada. A fim de evitar identificação por vínculo entre algumas falas e o curso do aluno, não haverá vinculação entre as falas e os respectivos cursos, nem dos cursos com os alunos.

4.1.3.3 Análise dos Resultados

Os 66 códigos foram aplicados a 517 unidades de análises identificadas nas anotações feitas pelo pesquisador durante as entrevistas. As gravações em áudio eram consultadas no caso de dúvidas sobre as anotações, as quais foram feitas em concordância e conferência pelos entrevistados, validando-as como suas respostas oficiais. A seguir, serão abordadas as análises de cada uma das nove categorias que organizaram os 66 códigos criados para as falas dos respondentes.

O Gráfico 1 mostra o percentual de citações de cada uma das categorias:

Gráfico 1 – Percentual de menções por categoria

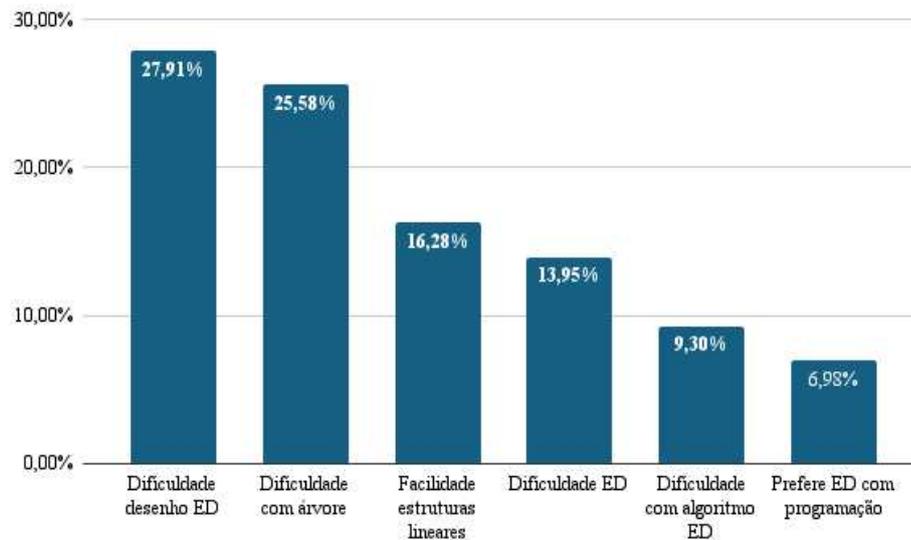


Fonte: Elaborado por colaboradores do autor a partir de tabelas no Google Planilhas.

As duas primeiras categorias foram: “Conteúdo Estrutura de Dados”, que codificou falas relativas às dificuldades, facilidades e experiências neste conteúdo e na disciplina cursada, e “Uso de Imagens”, que codificou respostas que expressavam circunstâncias com o uso de imagens, como gráficos, diagramas ou desenhos.

O Gráfico 2 mostra o percentual de menções da categoria “Conteúdo de Estrutura de Dados”, que representou 8,32% das menções dos entrevistados.

Gráfico 2 – Percentual de menções na categoria Conteúdo de Estrutura de Dados



Fonte: Elaborado por colaboradores do autor a partir de tabelas no Google Planilhas.

Mais da metade das menções diz respeito à dificuldade com os Desenhos de estruturas de dados, com 27,91%, e à dificuldade com a estrutura Árvore Binária, com 25,58% das citações. Ressalta-se que a referência positiva “Facilidade com Estruturas Lineares” teve uma relevância mediana, com 16,28% das alusões dos entrevistados.

Esses números podem indicar que, ao falar sobre o conteúdo de ED, os alunos com deficiência visual revelam sua dificuldade com o uso dos desenhos das estruturas, e principalmente com a estrutura Árvore Binária, tornando-a a mais complexa de se trabalhar na disciplina. Quando falam de facilidades, mesmo sendo uma porcentagem menor, em comparação às dificuldades mencionadas, as estruturas lineares são mais bem compreendidas. No Quadro 2 estão algumas respostas anotadas durante a entrevista:

Quadro 2 – Exemplos de respostas enquadradas na Categoria 1

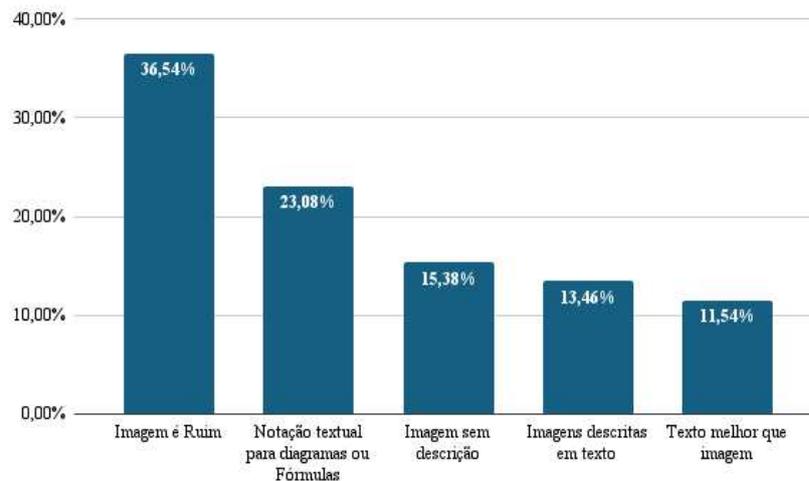
A1:	Em Estrutura de Dados, não consegui acompanhar os exercícios nas aulas, desenhados na lousa.
A2:	Conseguia ver imagens desde que ampliasse em uma grande tela, mas se a árvore tivesse muitos nós, mesmo com a ampliação, não conseguia mais acompanhar.

A3:	Tinha maior facilidade com Array, Lista Encadeada, Pilha. Usava muito código em vez da estrutura visual. Era melhor acompanhar e entender pelo código do que pela explicação através de imagens. Conseguia compreender e mentalizar a estrutura gráfica para fazer a assimilação com o código.
A6:	Em ordenação, os mais complexos foram: Quick Sort e Merge Sort. Grafos foi complexo, com algoritmos para percorrer os grafos. Não teve sucesso algum com a Árvore Rubro-Negra.

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de tabelas no Microsoft Excel.

O Gráfico 3 mostra o percentual da categoria “Uso de Imagens”, que concentrou 10,06% das menções dos entrevistados.

Gráfico 3 – Percentual de menções na categoria Uso de Imagens



Fonte: Elaborado por colaboradores do autor a partir de tabelas no Google Planilhas.

Analisando o percentual de citações, fica evidente a dificuldade implantada pelo uso de imagens para transmitir uma informação. O código “Imagem é ruim” foi aplicado em 36,54% das vezes em que se falou de imagens durante a entrevista. Em seguida, com 23,08% das alusões, os respondentes demonstraram a necessidade de se transcrever fórmulas matemáticas ou diagramas para uma escrita textual. Essa prática também foi mencionada de forma positiva, quando o professor adotava essa metodologia com o aluno com DV. Os demais códigos, apesar de pouco recorrentes, fazem referências à necessidade de uma descrição de imagens, ou a preferência pelo uso de texto a representações gráficas. Não houve menções suficientes para criação de um código positivo sobre imagens nesta categoria. Esse “repúdio” ao uso exclusivo de imagens para estudar um conteúdo pode ser observado em algumas falas dos entrevistados no Quadro 3, apresentado a seguir:

Quadro 3 – Exemplos de respostas enquadradas na Categoria 2

A4:	O professor desenvolveu uma notação escrita para as representações gráficas. Usava uma transposição do desenho para texto. Mesmo com a notação, um grafo complexo ficava ruim, pois a notação ajudava somente a gerar um grafo mental.
A6:	As principais dificuldades enfrentadas são com relação às imagens sem descrição ou material não adaptado.

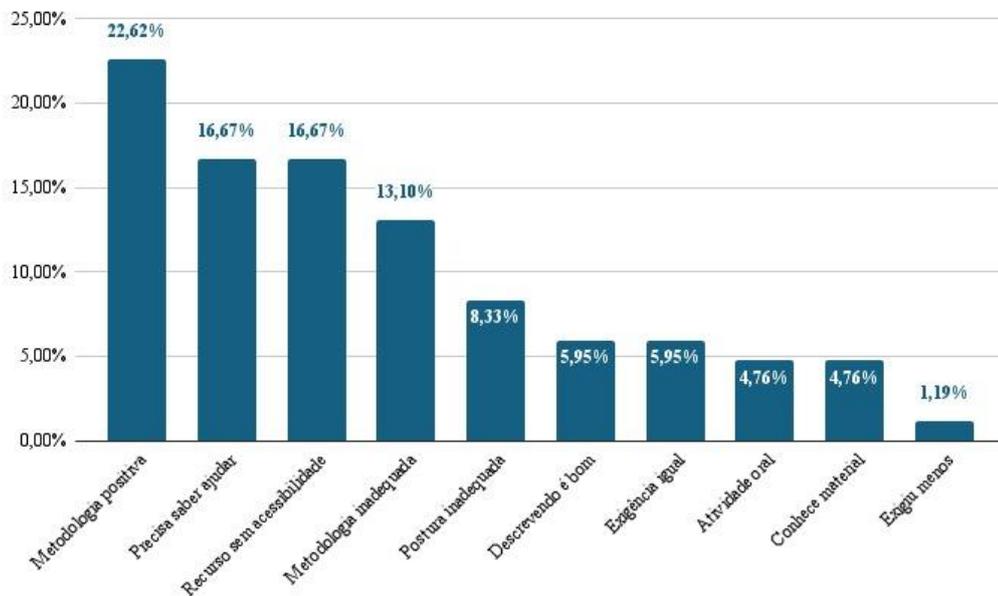
A7:	Acho que senti mais dificuldade que os alunos que enxergam. Não tive acesso ao entendimento da representação gráfica de uma árvore.
A8:	Dificuldade com todos os conteúdos que tinham diagramas, imagens, ilustrações. Modelagem de Dados, Modelagem de Sistemas UML, Casos de uso, Modelagem de banco de dados etc. Dificuldade quando mostravam as ilustrações, Setas, losangos etc. Tudo que envolvia diagrama foi ruim, em qualquer tipo de atividade.

Fonte: Elaborada pelo autor a partir de tabelas no Microsoft Excel.

Chamando atenção para a fala de A4, percebe-se que a notação textual pode suprir uma necessidade de trabalhar uma estrutura de dados. Entretanto, quanto mais complexa for a estrutura, maior a dificuldade de compreendê-la pela sua representação escrita, visto que isso seria usado para mentalizar um desenho do que seria a representação gráfica da estrutura.

A terceira categoria abrange os códigos sobre a “Ação do Professor”. Ela representa 16,25% das 517 falas codificadas, sendo a segunda com mais menções. O Gráfico 4 apresenta o quantitativo de citações dos 10 códigos que compõem a categoria, os quais marcaram relatos ou frases que expressam ações positivas, ou experiências negativas com a ação de um professor ou a sua omissão. Alguns códigos representam desejos ou sugestões de melhorias ou desejos de como o professor poderia atuar para propiciar a inclusão do aluno com deficiência visual nas atividades de aula.

Gráfico 4 – Percentual de menções da categoria Ação do Professor



Fonte: Elaborado por colaboradores do autor a partir de tabelas no Google Planilhas.

Em meio a uma categoria com maior quantidade de códigos, “Professor com metodologia positiva” foi o mais mencionado, com 22,66% das referências desta categoria. Em seguida, o código “Professor precisa saber ajudar”, com 16,67%, também fica em evidência.

Este código mistura citações contendo anseios de como o docente poderia atuar melhor na adaptação de suas aulas para alunos com deficiência visual, com o desânimo pela falta de capacitação para isso. Em terceiro lugar, o código “Professor usa recurso digital sem acessibilidade” segue empatado, e agrega falas sobre o uso de Slides, Softwares ou aplicativos, PDF entre outros recursos digitais que não possuem acessibilidade ou não foram adaptados para pessoas com DV.

Chamando atenção para os códigos “Professor com metodologia Inadequada” e “Professor resistente ou com postura inadequada”, temos uma diferenciação importante. O primeiro trata de ações em sala de aula que não favorecem um aluno com deficiência, como escrever com a letra pequena no quadro, usar pincéis de cores pouco contrastadas com o quadro, ou explicações com apoio de imagens sem a verbalização do que está sendo mostrado, ou comunicando algo apontando com os dedos. O segundo já se refere a situações graves, nas quais o professor demonstra hostilidade, anunciando que não agirá em prol da inclusão do aluno nas atividades da disciplina. Em alguns casos, os atos se assemelham a discriminação ou humilhação do discente com DV. Ressalta-se que este resultado analisa a percepção do Aluno Consultor, e não define as reais ocorrências envolvendo a instituição ou seus professores. Mesmo com uma menor quantidade de menções, este segundo código conta com 8,33% das citações dos entrevistados. Os demais códigos referenciam ações específicas que foram positivas ou que poderiam ser positivas, mas todos possuem menos de 6% de importância dentro da categoria.

Seguem algumas falas registradas durante as entrevistas, no Quadro 4:

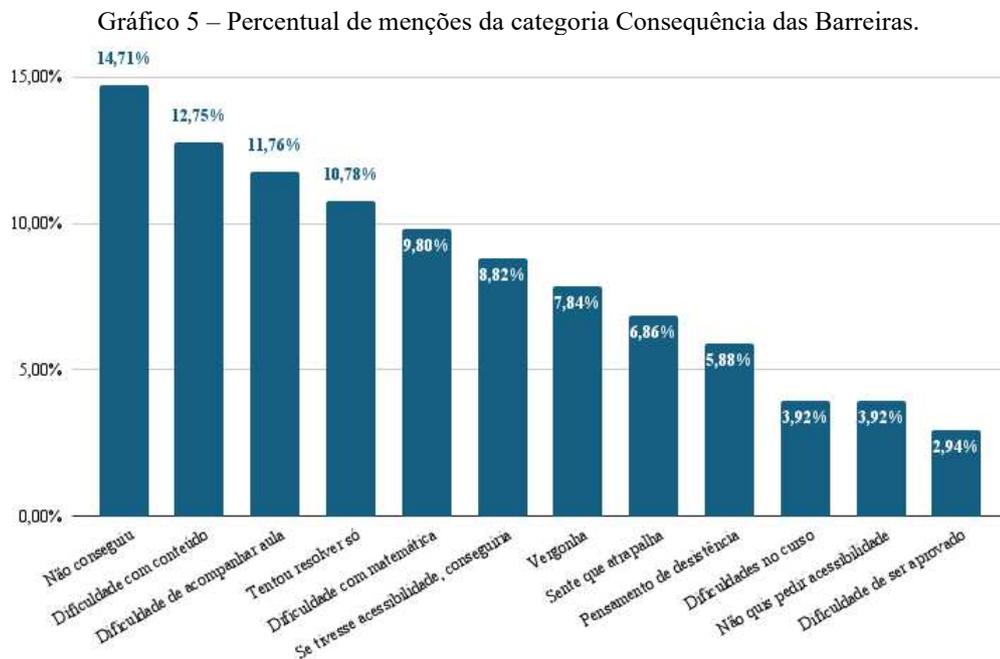
Quadro 4 – Exemplos de respostas enquadradas na Categoria Ações do Professor

A2:	Quando um professor descreve bem uma imagem, dá para assimilar, mas nem todo professor consegue fazer isso ou tem essa prática. Quando o professor vai ditando tudo que vai escrevendo é bom demais.
A3:	Uns professores não se preocuparam muito, e um professor disse que não teria como avaliar de outra forma senão a que ele já havia planejado para a disciplina.
A3:	Uma professora falou que o curso é dessa forma e não tem como avaliar de outra forma, porque a cadeira tinha sido pensada daquele jeito. Ela falou para mim que era esse o curso que eu tinha entrado, então tinha que seguir as regras do jogo”. Tinha feito a apresentação do trabalho em alto contraste, mas a professora não gostou, pois deveria ter sido visualmente melhor, já que a disciplina trabalhava com design. Não consigo usar o Figma, mas tinha professor que obrigava que fizesse nesse programa.
A4:	Na disciplina de Física, parecia que o professor fazia comentários de propósito. Chegou a perguntar se eu conseguia ver as cores através do calor. Obrigava a usar multímetro. Não queria dar tempo a mais de prova, nem queria enviar a versão digital dela para eu fazer.
A4:	O professor de processamento digital de imagens sempre descrevia tudo, tudo que era apresentado era muito bem descrito, e foi possível compreender tudo.
A5:	Professores são apegados a parte de explicação em slides e diagramas. Acho que falta explicar melhor, ficam apontando muito. Na sala virtual, o professor vai pedindo para fazer atividades enquanto vai explicando, mas até alunos com visão tem dificuldades, e o leitor de tela com pessoas falando e perguntando dificulta bastante.
A6:	O professor de Estrutura de Dados, disponibilizava um tempo adicional e um acompanhamento mais próximo para tirar dúvidas e explicar o conteúdo de maneira mais personalizada. A formação na

	UFPEL foi importante, pois os professores dedicavam um tempo melhor para deficientes visuais, materiais foram confeccionados, e professores me acompanhavam e tentavam ajudar na medida do possível, mesmo que não conseguissem tão rápido assim.
A7:	O professor adaptou as questões. Em Estrutura de Dados, no lugar da implementação, respondi explicando as regras em prova oral. Nível de exigência era igual.

Fonte: Elaborada pelo autor a partir de tabelas no Microsoft Excel.

Com 102 marcações, a categoria “Consequência das barreiras” foi a mais representativa de todas, com 19,73% das menções. Os 12 códigos desta categoria marcaram falas sobre as dificuldades enfrentadas pelos estudantes com DV, e algumas consequências das barreiras que encontraram, seja o sentimento de vergonha, de desistência, seja de incapacidade. O Gráfico 5 mostra o percentual de menções de cada código desta categoria.



Fonte: Elaborado por colaboradores do autor a partir de tabelas no Google Planilhas.

De imediato, 14,71% das respostas puderam ser marcadas com o código “Não conseguiu”. Isso representa a consequência das barreiras enfrentadas pelos alunos com deficiência visual durante seus cursos, mas também, particularmente, na disciplina de ED. Esse código marcou falas de alunos que não conseguiram resolver questões, compreender o conteúdo ou acompanhar a aula, por exemplo.

Em segundo e terceiro lugares, com 12,75% e 11,76%, respectivamente, temos o código “Dificuldade com conteúdo”, com alusões aos desafios enfrentados pelos alunos com DV para entenderem o conteúdo das disciplinas, e o código “Dificuldade de acompanhar aula”, que representa citações sobre a sensação de impotência dos discentes com DV diante da necessidade de acompanhar as atividades no momento das aulas. Pode-se fazer uma ligação

entre esses dois códigos. Afinal, é de se esperar que se o aluno tem dificuldades de acompanhar as aulas, também será difícil compreender o conteúdo.

Outras citações relevantes, que ficaram em quarto lugar, foram codificadas como “Tentou resolver só”. Consequência de motivos vinculados ao constrangimento, necessidade de resultados rápidos ou descrença na atuação da instituição de ensino, as respostas demonstram uma busca por autonomia do estudante com DV.

Os quatro códigos seguintes: “Se tivesse acessibilidade conseguiria”, “Vergonha”, “Sente que atrapalha” e “Pensamento de desistência”, apesar de, individualmente, serem menos relevantes, juntos, eles pontuam 29,4% de todas as menções marcadas. Percebe-se que esses códigos representam a desesperança dos alunos com DV em ter sucesso na disciplina de ED ou no curso como um todo, o que pode fomentar a evasão dos cursos. Outra observação interessante é que esses códigos marcaram citações concentradas, quase totalmente, nas entrevistas de A1, A2 e A3, que são os alunos com baixa visão.

O Quadro 5 apresenta algumas falas marcadas pelos códigos desta categoria:

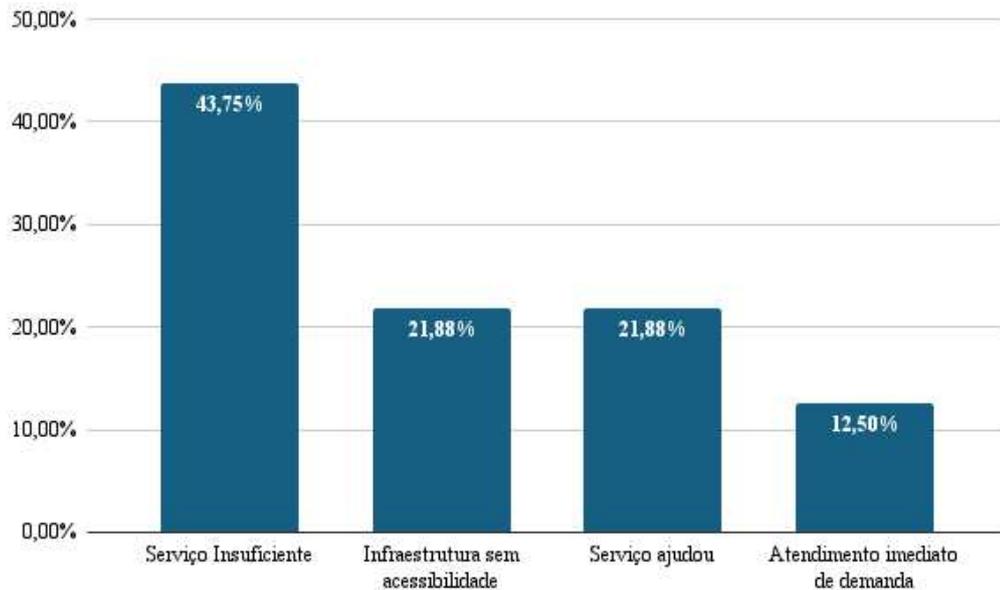
Quadro 5 – Exemplos de respostas enquadradas na Categoria 4

A1:	Perguntei sobre a prova ampliada para o bolsista do professor, e o bolsista falou que o professor não mandou, mas disse que eu poderia ir tirar uma prova ampliada. Fui e no caminho bati a cabeça em um lugar para ar-condicionado. Uma das primeiras vezes em que pensei desistir do curso.
A1:	Entendia errado e errava a questão toda porque entendia errado.
A2:	Conseguia ver imagens desde que ampliasse em uma grande tela, mas se a árvore tivesse muitos nós, mesmo com a ampliação, não conseguia mais acompanhar.
A2:	Na aula de Estrutura de Dados tinha mais dificuldade nas aulas, pois o professor usava muito slide. Não conseguia acompanhar em tempo real. Nunca tive contato com árvore antes, e o desenho fica difícil entender. Peço para o professor explicar novamente, repetidas vezes, mas chega um momento que prefiro não pedir mais para não atrapalhar a aula.
A3:	Não pedi tempo adicional porque pensei que o professor não sabia, e fiquei com vergonha de solicitar.
A3:	Estou tentando muito não desistir do curso, mas os professores têm insistência muito grande por cores e interfaces.
A4:	Tive dificuldades em circuitos digitais. O professor não tinha experiência com alunos com Deficiência visual. No começo tinha constrangimento para perguntar e parar a aula.
A6:	Na EAD Estácio, o simulador de processos que só dá para usar com o mouse, fazer atividades com essa ferramenta não é acessível. Notifiquei a Estácio pelo Polo, mas não segui com a notificação, pois a burocracia para abrir o requerimento é complexa e desisti e tentei resolver por conta própria.
A6:	Tive mais dificuldade, Sem dúvida, Cálculo. Conteúdo feito com gráficos, analisar gráficos das funções. Dificuldade com as fórmulas matemáticas. Álgebra linear, por envolver imagens e fórmulas.
A7:	A disciplina de Estrutura de Dados que é dividida em duas, teve a sua segunda versão, que abordava árvore, com 4 horas de duração, e atrapalhou a absorção do conteúdo, ficou cansativo. Conteúdo difícil, muitas regras. Não sei como adaptar.

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de tabelas no Microsoft Excel.

A quinta categoria, “Impacto da instituição”, abrange 6,19% das 517 menções analisadas, com apenas 4 códigos marcando 32 menções. O Gráfico 6 resume a relevância dos tipos de citações:

Gráfico 6 – Percentual das menções da categoria Impacto da Instituição



Fonte: Elaborado por colaboradores do autor a partir de tabelas no Google Planilhas.

Disparadamente, os dois primeiros códigos demonstram a percepção de despreparo das instituições para atender às demandas dos alunos com DV em cursos de tecnologia. Com 43,75% e 21,88%, respectivamente, os códigos “Instituição serviço insuficiente” e “Instituição infraestrutura sem acessibilidade” revelam a necessidade de ações, políticas e soluções satisfatórias que realmente sejam úteis e eficazes na vida acadêmica dos discentes com DV. Por outro lado, é possível perceber que, mesmo ainda sendo insuficiente, o serviço de apoio a PcD pelas IES tem parcialmente ajudado esses estudantes. Analisa-se esse fator pelas falas codificadas como “Instituição serviço ajudou”, com 21,88% das marcações. Por fim, com uma menor relevância, o código “Instituição atendimento imediato de demanda”, aparecendo em 12,5% das vezes, evidencia falas sobre a necessidade de um atendimento imediato, síncrono, para que o acompanhamento às aulas não seja prejudicado.

O Quadro 6 expõe algumas falas dos entrevistados que podem detalhar melhor algumas situações:

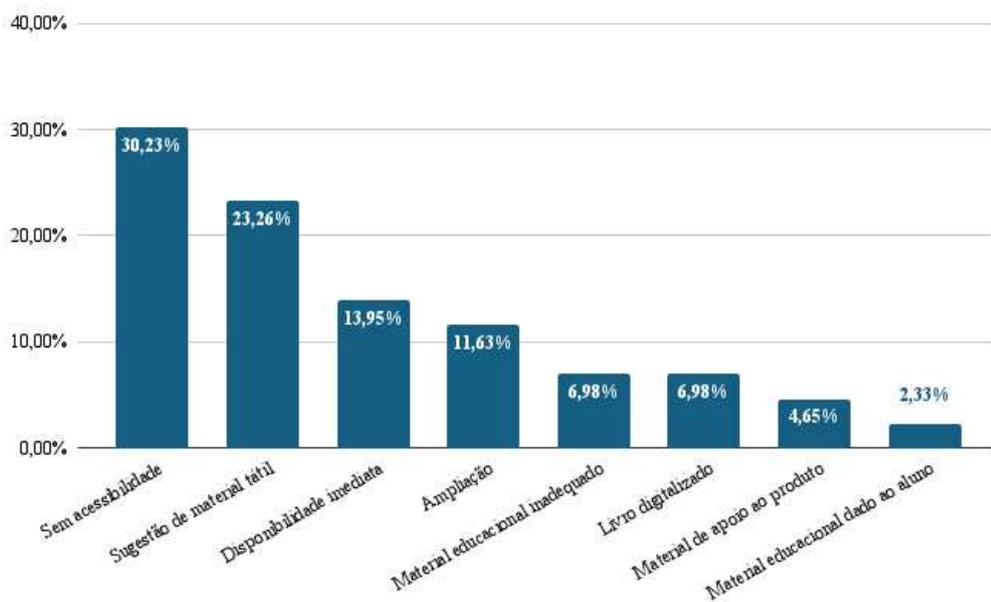
Quadro 6 – Exemplos de respostas enquadradas na Categoria 5

A1:	Eu solicitava o serviço de digitalização de livros para poder ler digitalmente. Solicitava a Secretaria de Acessibilidade da UFC. Cheguei a pedir o livro impresso em A3. A pressão aumentava no olho que era pior, não conseguia ficar lendo muito tempo, ficava com dor de cabeça, aumentava a pressão do olho que foi removido posteriormente.
A1:	A escola da polícia tinha apoio muito melhor que a universidade. Se tivesse o apoio da escola na universidade teria sido uma melhor experiência. Apoio de ampliação, provas todas adaptadas, apoio emocional para não ter pressão etc.
A2:	Acessei o serviço do setor de inclusão do IFCE Para ajudar em Álgebra Linear, indicaram uma playlist de vídeos que ajudou muito, pois prefiro vídeos, ajuda a desenrolar bastante. Também um material em PDF. Com minha TV grande conseguia ver matrizes e imagens.
A4:	A instituição não informa ao professor que ele terá um aluno com deficiência na turma. Se o professor souber com antecedência, a própria direção pode verificar a necessidade de capacitação, se o professor tem experiência ou até a troca de experiência com outros professores que já tenham tido esse contato.
A5:	Tem uma funcionária que presta assessoria para PCD. Passei o feedback de que ela não tem habilidades para saber fazer, e não problema de acessibilidade.
A6:	A UFPEL disponibilizava um tutor para adaptar material ilustrativo para material tátil. Quem fazia a adaptação eram alunos tutores, não era tão rápido e dependia da carga de atividades que cada um tinha. Se fizesse o pedido com um tempo de antecedência eles poderiam entregar em tempo hábil. Dependia da complexidade do material a ser adaptado. A UFPEL tinha um setor de acessibilidade, eles que disponibilizaram os tutores.

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de tabelas no Microsoft Excel.

A sexta categoria, “Material de apoio às aulas”, representou apenas 8,32% de todas as menções, as quais foram diluídas em 8 códigos. Tratando de livros, conteúdos textuais, slides, lista de exercícios, entre outros materiais disponibilizados pelos professores ou instituição, os entrevistados falaram sobre esse assunto abordando os serviços que utilizaram da universidade, como livros digitalizados, ideias de soluções acessíveis com o uso de materiais táteis, e a exposição de suas insatisfações com materiais sem acessibilidade. O Gráfico 7 mostra o percentual de citações para cada código criado:

Gráfico 7 – Percentual de menções da Categoria Material de Apoio às aulas



Fonte: Elaborado por colaboradores do autor a partir de tabelas no Google Planilhas.

Os dois códigos mais citados foram com reclamações sobre materiais didáticos sem acessibilidade, com 30,23% das menções, e os relatos ou sugestões de soluções utilizando materiais táteis, com 23,26% de presença nas respostas. Isso pode demonstrar o prejuízo que os discentes com DV têm por não conseguirem estudar através de um material acessível para eles. Por outro lado, alguns tiveram experiências exitosas, ou promissoras, utilizando soluções táteis, mesmo que artesanais ou improvisadas.

Com 13,95% de alusões, o código “Material pronto de imediato”, demonstra a necessidade que vai além da existência de um material funcional, mas fala sobre o acesso imediato, sem precisar aguardar, mesmo que um curto período, pois podem se sentir deslocados em sala de aula por não poder participar, devido um material que ainda será confeccionado, por exemplo. O código “Material de Ampliação” teve respostas exclusivas de A1, A2 e A3, já que eles possuem baixa visão em um nível que esse recurso os atende.

No Quadro 7 a seguir, são mostradas algumas citações dos entrevistados:

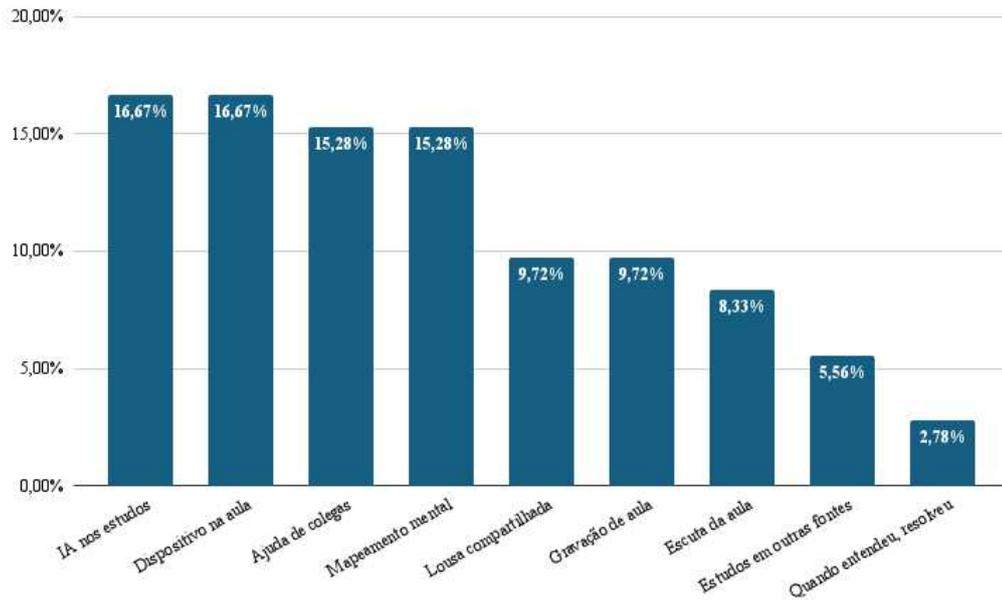
Quadro 7 – Exemplos de respostas enquadradas na Categoria 6

A1:	Tive boa experiência com Arquitetura de Computadores, foi solicitado que as imagens do livro (circuitos) fossem adaptadas. As figuras com números de cada capítulo foram adaptadas. Elas foram passadas em um arquivo TXT, usava às vezes o DOSVOX para ler. Tive acesso à descrição detalhada em texto da imagem, e da construção dos circuitos, com as ligações entradas e saídas todas descritas. No livro de redes do Tanenbaum, preferia ler as descrições da figura e nem se preocupava em acessar a imagem.
A2:	Tinha exercícios na hora da aula, valendo ponto, era de implementação para entregar no final da aula. Era impossível fazer, pois não conseguia acompanhar o conteúdo em tempo real.
A5:	O material didático é muito ruim, uma porcaria. O curso dá pontuação para fazer atividades, chamadas Trilhas. Usam muita imagem sem descrição, desafios, questões, atividades etc.
A6:	Quem fazia a adaptação eram alunos tutores. Não era tão rápido e dependia da carga de atividades que cada um tinha. Se eu fizesse o pedido com um tempo de antecedência, eles poderiam entregar em tempo hábil, dependia da complexidade do material a ser adaptado. As adaptações não atrasavam tanto. 1 ou 2 dias para entregar. No fim, não tinha acesso ao mesmo tempo que os outros alunos que enxergam.
A6:	Usei o multiplano com apoio do professor. Não foi tão efetivo para montar as árvores porque os pinos ficavam caindo. Usei uma notação com parênteses e indentação para construir as árvores, era mais fácil de construir do que no multiplano.

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de tabelas no Microsoft Excel.

A sétima categoria tem o nome de “Superação das barreiras”. Ela tem uma alta relevância, com 13,93% das menções marcadas e nove códigos criados. As respostas codificadas abordaram tentativas de soluções, bem-sucedidas ou não, empregadas pelos alunos com DV, para lidarem com as barreiras encontradas durante o curso. Algumas soluções, apesar de limitadas, ou insuficientes, acabam sendo as únicas maneiras que alguns encontraram para continuar no curso. Em alguns casos, por não haver estrutura ou apoio, as soluções improvisadas são as que lhes restam. O Gráfico 8 mostra a porcentagem de cada código desta categoria:

Gráfico 8 – Percentual de menções da Categoria Superação das Barreiras



Fonte: Elaborado por colaboradores do autor a partir de tabelas no Google Planilhas.

Os dois códigos mais utilizados, ambos com 16,67% das menções na categoria, são “IA ajuda nos estudos” e “Usa dispositivo na aula”, sendo este último código usado para marcar sentenças de todos os entrevistados, exceto de A6. Também mostra que é comum que os alunos com DV utilizem algum dispositivo para lhes auxiliar em sala de aula, mesmo que sintam algum constrangimento com isso. As respostas sobre Inteligência Artificial tratam do uso da tecnologia para descrição de imagens, resoluções de questões, ou explicação de códigos, e entende-se que ela é mais usada em estudos individuais.

Com 15,28%, todos os respondentes, exceto A8, tiveram citações marcadas com “Ajuda de colegas”. Esse código reúne respostas que expuseram momentos em que o discente com DV teve apoio de colegas de turma, em sala de aula ou em outros momentos, para superar as barreiras de acessibilidade, seja por material não adaptado, complemento à metodologia do professor durante as aulas, seja em atividades em equipe. Com a mesma porcentagem, porém citado por apenas 4 entrevistados, o código “Mapeamento mental” representa falas sobre a necessidade de se “desenhar” ou mapear os elementos gráficos de forma mental. Apesar de informar que teve poucas dificuldades nas disciplinas de ED, por exemplo, A4 concentrou quase metade das citações sobre esse código, além de declarar que somente essa prática limita a complexidade e tamanho das estruturas, como as Árvore Binárias.

Os quatro códigos seguintes: “Tela compartilhada ou registro da lousa”, “Usou gravação da aula”, “Prefere ficar ouvindo na aula” e “Complementou estudos em outras fontes”,

tiveram representatividades menores, entre 9,72% e 5,56%. Entretanto, todos denotam soluções com as quais os estudantes com DV buscaram capturar o máximo de conteúdo possível em sala de aula, dentro das limitações visuais, para tentarem recuperar e desenvolver os conteúdos em outros momentos, geralmente em estudos individuais. Ou seja, se esses quatro códigos forem analisados conjuntamente, como uma tentativa de cumprir, ou complementar, a função das aulas, isso representaria 33,33% das alusões feitas pelos entrevistados.

As falas indicadas pelo Quadro 8 exemplificam algumas sentenças marcadas:

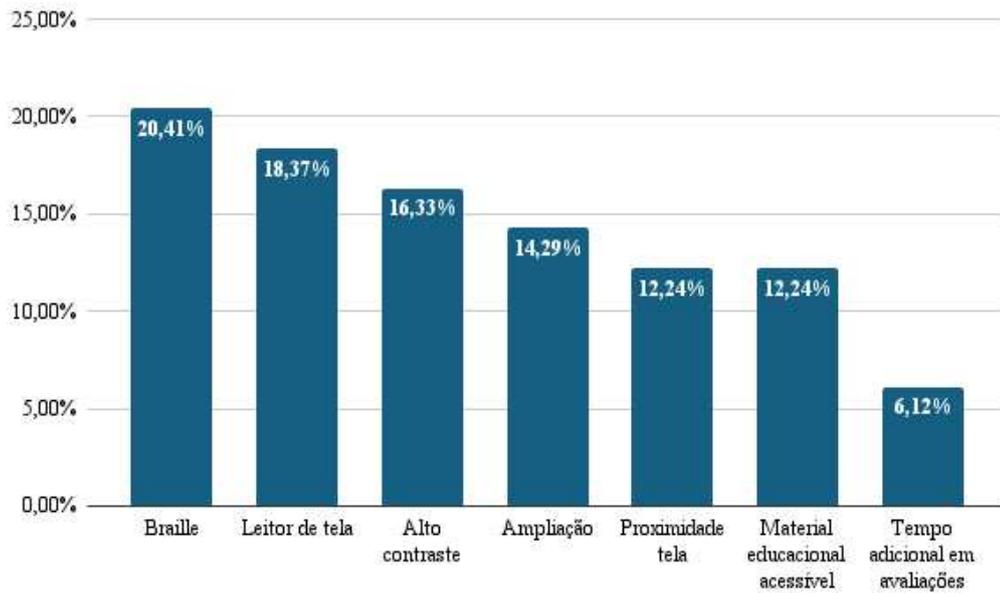
Quadro 8 – Exemplos de respostas enquadradas na Categoria 7

A2:	Quando o professor vai ditando tudo que vai escrevendo é bom demais.
A2:	Hoje em dia uso um celular avançado, para fotografar e filmar a lousa. Uso o celular apenas para registro, e depois consigo ver o conteúdo filmado ou fotografado na tela grande de casa.
A3:	Tento prestar atenção ao máximo, de forma auditiva, para guardar na memória o máximo e consultar o material quando chegar em casa, porque, em geral, os materiais não são adaptados. Quando acho que é algo muito importante gravo o áudio, tiro foto quando é possível, peço para um colega para focalizar.
A4:	Usava uma transposição do desenho para texto, mesmo com a notação, um grafo complexo ficava ruim, pois a notação ajudava somente a gerar um grafo mental. Se muito grande ficaria ruim para memorizar.
A4:	Tive a ajuda de colegas em várias disciplinas, principalmente Álgebra Linear. Os colegas vinham explicar algo que o professor nem sempre conseguia, Tateando minhas mãos, ou usando objetos disponíveis em sala de aula, como pinceis.
A4:	Em Estrutura de Dados, tinha que montar o caminho de uma estrutura na mente, para poder analisar. Os alunos que enxergam podem observar alguma propriedade de uma estrutura de dados, como a árvore binária, somente vendo a imagem. Você tem que montar todo o caminho na mente, para compreender se essa propriedade acontece ou não. Se a estrutura for muito grande ou complexa, você pode se perder na montagem da estrutura mental.
A5:	Eu copio a questão e colo para a IA responder. Uso o Chat GPT, Luzia, IA pelo WhatsApp.
A8:	Pedi ajuda para os colegas do curso e pessoas próximas para descrever e tentar decorar o máximo possível.

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de tabelas no Microsoft Excel.

A oitava categoria se chama “Usa recursos de acessibilidade”. Possui marcações feitas sobre as falas que representam a familiaridade com determinado recurso acessível, como leitores de tela, braile, alto contraste, ampliação etc. Os sete códigos criados marcaram sentenças que podem abordar desde um contato rápido e superficial, até uma fluência ou uso rotineiro de determinada ferramenta. O Gráfico 9 mostra a intensidade de citação desses códigos:

Gráfico 9 – Percentual de menções da Categoria Uso de Recursos de Acessibilidade



Fonte: Elaborado por colaboradores do autor a partir de tabelas no Google Planilhas.

Apesar do código “Já usou braille” ser o mais citado, com 20,41% das marcações desta categoria, somente cinco entrevistados mencionaram esse conhecimento, seja com fluência, seja a nível básico. Por outro lado, o código “Usa leitor de tela” ficou com 18,37% das marcações, mas foi mencionado por todos. Com representações medianas, “Usa alto contraste”, “Usa ampliação” e “Usa proximidade tela”, se concentraram apenas em A1, A2 e A3, que são os que possuem baixa visão.

Com 12,24%, o código “Já usou material educacional acessível” também teve um grau mediano de citações. Esse código indica o uso ou contato com algum material educacional acessível para pessoas com DV estudarem algum conteúdo específico, como o Multiplano para gráficos no plano cartesiano, ou o Soroban para operações matemáticas. Em último lugar, “Tempo adicional em avaliações” foi pouco mencionado, talvez por ser um direito já estabelecido. Entretanto, alguns alunos abdicaram desse direito por constrangimento, visto que o professor não conhecia essa determinação. A seguir, segue o Quadro 9 com algumas respostas dos entrevistados, as quais foram marcadas por códigos desta categoria:

Quadro 9 – Exemplos de respostas enquadradas na Categoria 8

A1:	Tentava tirar a fotos do que era escrito no quadro, para tentar ampliar a imagem e compreender do que estavam falando em sala de aula.
A1:	Em Autômatos, o professor mostrava na tela do computador, na época da pandemia, e eu aproximava na tela e conseguia enxergar o que estava sendo feito.
A2:	Por volta de 2022 ou 2023, era utilizada uma câmera instalada no teto da sala de aula filmando a lousa, e a imagem era reproduzida em uma tela grande ligada ao computador do aluno, onde eu ficava.
A3:	Uso leitor de tela, principalmente no computador. Alto contraste em basicamente tudo, Aumento a fonte ao máximo. Quando possível, amplio a tela.

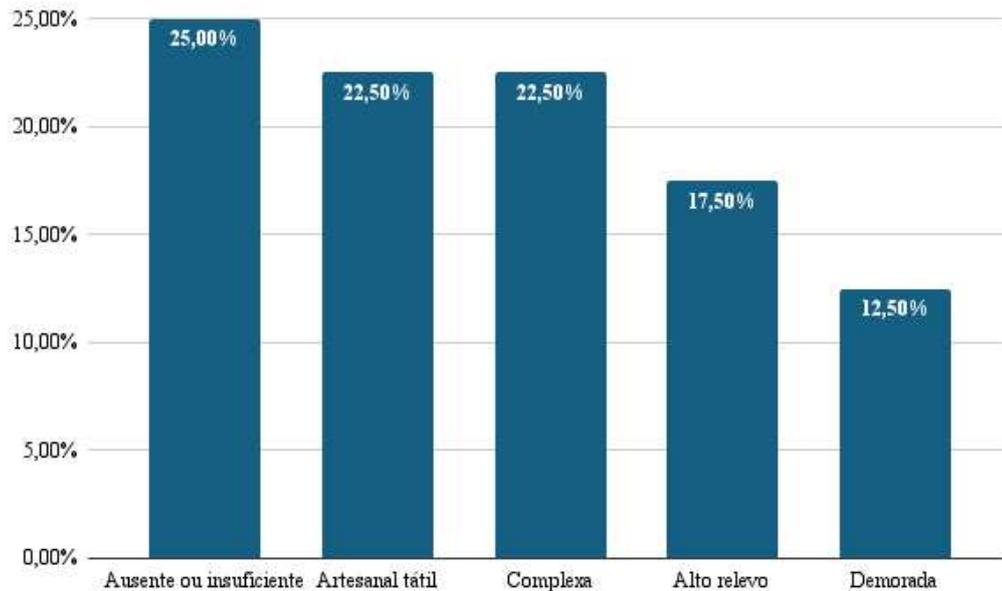
A6:	O Braille usava mais antigamente, mas hoje uso mais o computador com leitor de tela. Tenho conhecimento de braille. Usei o multiplano na escola básica e na faculdade. Comprei o multiplano. Também usei o Soroban. Uso mais no cotidiano apps de visão computacional.
A7:	A matemática foi toda dificultosa. O braile poderia até ajudar talvez, dependendo da forma que ele fosse implementado.

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de tabelas no Microsoft Excel.

A nona e última categoria formada por cinco códigos representa apenas 7,74% das 517 marcações. Chamada de “Adaptações para acessibilidade”, os códigos que a compõem são de citações sobre experiências positivas com adaptações táteis, ou experiências com adaptações de materiais didáticos, positivas ou negativas, seja pela falta de qualidade ou demora no preparo.

O Gráfico 10 mostra o resumo das porcentagens de aparição dos códigos:

Gráfico 10 – Percentual de menções da Categoria Adaptações para Acessibilidade



Fonte: Elaborado por colaboradores do autor a partir de tabelas no Google Planilhas.

Alguns entrevistados, como A2, A4 e A6, apresentaram experiências com adaptações artesanais ou improvisadas para possibilitar o acesso ao conteúdo estudado durante as aulas. Com 25%, o código “Adaptação ausente ou insuficiente” demonstra algumas experiências, nas quais os alunos com DV tiveram que tentar acompanhar o conteúdo sem a adaptação, ou a tentativa não foi satisfatória. Entretanto, o código “Adaptação artesanal tátil” foi presente em 22,5% das citações, muitas delas com situações exitosas e outras com sugestões de uso de uma solução tátil para suprir uma demanda de acessibilidade no conteúdo estudado. Com os mesmos 22,5%, o código “Adaptação complexa” foi aplicado em falas sobre a dificuldade ou falta de ideias sobre a adaptação de um determinado conteúdo, em especial o de

ED. Algumas respostas também se referiram à complexidade do processo de adaptação ou do serviço disponibilizado pelas instituições.

Com 17,5%, “Adaptação com alto relevo” representou sugestões de adaptações usando a técnica homônima, e os últimos 12,5% foram menções sobre a possibilidade ou experiência de demora na adaptação de materiais ou das aulas para os discentes com DV.

As falas apresentadas no Quadro 10 foram marcadas por alguns códigos desta categoria:

Quadro 10 – Exemplos das respostas enquadradas na Categoria 9

A2:	Com certeza um material educacional para estudar Estrutura de Dados ajudaria bastante. Mesmo com baixa visão e conseguindo ver algo, vai ter alguns pontos que fogem da vista, e o material tátil ajuda a ter uma noção mais completa. Precisaria mais desse material para trabalhar lista encadeada, árvores grandes.
A3:	Se os professores puderem conversar abertamente ou ouvir os feedbacks sinceros, ajudaria muito. Às vezes é algo simples que ajudaria, fundo preto, fonte verde ou amarela, pequenas adaptações, mas eles têm resistência. O texto ser passado por um TXT, nem precisaria ser algo bonito, bastava ser acessível.
A6:	Em Grafos utilizei recorte de papelão que tinha cola por cima e os vértices em braile. Era algo preparado antes. Não tinha como fazer o próprio grafo ou alterar, eram adaptações estáticas. Para portas lógicas usei recortes táteis com EVA ou papelão.
A6:	As principais dificuldades enfrentadas são com relação às imagens sem descrição ou material não adaptado.
A7:	Poderia facilitar se tivesse o material tátil, para entender a estrutura de dados. Para as matemáticas, a mesma solução poderia se encaixar
A8:	Não solicitei adaptações. Tentei por conta própria, achei que não daria pelo curso ser a distância.
A8:	Um material tátil, se for para decorar ou aprender estudo de mapa, geometria, UML, modelagem, ajudaria também.

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de tabelas no Microsoft Excel.

Unindo a análise dos dados resultantes das entrevistas com os Alunos Consultores e das respostas do questionário aplicado aos Professores Consultores, pode-se listar alguns problemas a serem resolvidos pelo artefato da pesquisa, assim como os seus requisitos gerais. Essa sistematização se encontra na próxima subseção.

4.1.4 Saídas: Faces do Problema e Requisitos do Artefato

A partir dos resultados das coletas de dados especificadas anteriormente, foi possível listar as faces do problema identificado, quais sejam, falta de capacitação e orientação do professor sobre o ensino de pessoas com deficiência visual; dificuldade de adaptação de um conteúdo eminentemente visual para alunos com deficiência visual; desconhecimento sobre formas de proporcionar autonomia nos estudos do conteúdo abordado para alunos com

deficiência visual; como facilitar o acesso dos alunos de curso de graduação ao artefato; como manter os processos de ensino e de aprendizagem em sala de aula equânime entre alunos com e sem deficiência visual?

Junto a isso, foram identificados os requisitos do artefato a ser desenvolvido, que servirão como diretrizes no projeto e desenvolvimento do artefato, nas etapas posteriores. Os requisitos levantados foram: o artefato tem que promover a autonomia do aluno; o artefato precisa apoiar o professor no ensino de alunos com deficiência visual, demandando o mínimo de mudanças de conduta possível; o artefato tem que ser o mais discreto possível; o artefato precisa ser facilmente reproduzido pelas IES; o artefato precisa permitir a comunicação sobre o tema estudado entre o aluno com deficiência visual, o professor e seus colegas; o artefato deve permitir o estudo acessível do conteúdo de *Árvore Binária*, e o máximo de outras estruturas de dados possível; o artefato deve ter um manuseio simples e uma compreensão rápida; o artefato deve permitir um manuseio ágil ao aluno com deficiência visual.

4.2 Etapa 3: Revisão Sistemática da Literatura

É importante que o pesquisador faça uma busca nas bases de conhecimento por meio de uma Revisão Sistemática da Literatura. As pesquisas podem abranger tanto às ciências tradicionais quanto à DS. Realizar uma RSL é fundamental para permitir ao pesquisador utilizar conhecimento já existente, além de permitir que ele acesse estudos que tenham o mesmo foco ou sejam semelhantes. Essa etapa permite que o pesquisador acesse conhecimentos que ajudarão na concepção do seu artefato e na solução do problema. Essas etapas iniciais podem ser entendidas como “Definição do Problema”, e podem exigir, ainda, consultas ou entrevistas com profissionais entre outras pessoas envolvidas.

Uma RSL foi realizada com o seguinte objetivo principal: Identificar tecnologias e práticas de ensino que promovam o acesso e autonomia de alunos com deficiência visual, no estudo de conteúdos, os quais utilizam elementos visuais de forma didática para possibilitar o aprendizado.

4.2.1 Construção da String de Busca e Pesquisa nas Bases

A string de busca foi formulada pensando encontrar estudos que respondessem às cinco questões a seguir: **Q1:** Quais as dificuldades enfrentadas por alunos com DV em disciplinas que utilizam elementos visuais como meio didático?; **Q2:** Como proporcionar autonomia para alunos com deficiência visual, no estudo de conteúdos com representações visuais?; **Q3:** Como usar a tecnologia para criar ou adaptar o material didático para PDV?; **Q4:** Como adaptar a metodologia de ensino para alunos com DV, em aulas com conteúdos que utilizam elementos visuais como meio didático?; **Q5:** Quais as dificuldades enfrentadas pelas instituições de ensino para disponibilizar material didático acessível para alunos com DV?

Optou-se por utilizar palavras-chave em inglês, focando na busca por estudos publicados em vários países e priorizando pesquisas em bases de dados internacionais. A string de busca usou algumas palavras-chave sinônimas, aproveitando a redundância para captar uma maior quantidade de estudos, caso autores de países diferentes utilizassem termos distintos para tratar do mesmo assunto. Para optar por quaisquer um dos termos sinônimos, utilizou-se o operador “OU”.

A string foi dividida em quatro grupos de palavras com um ou mais termos. O primeiro com palavra que incluía o sentido do tato: *tactile*; o Segundo com as que falam de deficiência visual: *blind*, *visual impairment*; o terceiro contendo palavras sobre o tema de acessibilidade ou educação: *student*, *special education*, *accessibility*; e o quarto grupo buscando focar no tema do ensino de Computação: *computer science*.

Utilizando os operadores “AND”, “OR” e os parênteses, organizou-se a string de busca com o intuito de encontrar estudos que contivessem pelo menos uma palavra de cada grupo, ficando da seguinte forma: (“*tactile*”) AND (“*blind*” OR “*visual impairment*”) AND (“*students*” OR “*special education*” OR “*accessibility*”) AND (“*computer science*”).

A string foi aplicada nas bases: Science Direct, Science Research e ERIC – Education Resources Information Center. Foram incluídos apenas estudos publicados em periódicos, entre 2013 e 2022, totalizando uma década. Como a RSL foi realizada no início da pesquisa, em janeiro de 2023, delimitou-se o período para a última década. Após a leitura dos títulos e dos resumos, foram aplicados alguns critérios de inclusão e exclusão:

Foram selecionados, através do critério de inclusão, artigos que abordem tecnologias assistivas relacionadas à educação de pessoas com deficiência visual; artigos que tratem de metodologias que utilizam a tecnologia para promover acessibilidade de pessoas com DV na compreensão de representações visuais, como imagens, gráficos, desenhos etc.

Dentre os rejeitados, em vista dos critérios de exclusão, estavam artigos com temática voltada para arquitetura, engenharia, biologia ou área da saúde; artigos que focam na parte técnica do projeto ou desenvolvimento de uma tecnologia, sem abordar sua aplicação, em uma perspectiva inclusiva; artigos duplicados; artigos que precisam de credencial ou pagamento para o acesso na íntegra; artigos que não tratam de tecnologias nem métodos de ensino inclusivo de alunos com deficiência visual.

As buscas foram realizadas da seguinte forma: Aplicou-se a string de busca, aplicou-se o filtro temporal de 2013 a 2022, depois o de seleção para artigos publicados em periódicos. Por fim, aplicaram-se os critérios de inclusão e exclusão. Seguindo esses quatro passos, temos os seguintes resultados para cada base de dados, na respectiva ordem: Science Direct com 416 resultados, 206, 126 e 7; Science Research com 960, 231, 161 e 3; e a base Eric com 6, 3, 1 e 1. Totalizando 11 artigos, nomeados de A1 até A11.

4.2.2 Análise dos Artigos

Os resultados trouxeram discussões sobre cada uma das cinco questões, entretanto, aqui serão abordados os que apresentaram tecnologias ou metodologias para adaptar conteúdos visuais para o ensino de PDV. O detalhamento completo pode ser consultado na RSL, disponível no ANEXO A, no link: <https://1drv.ms/f/s!Ahwq801rHAGvhtlqoToZN18cGfP6WQ?e=Xigq4J>.

Em resumo, a revisão dos onze artigos mostra que não existem muitas pesquisas focadas no desenvolvimento de novas tecnologias assistivas para PDV, ou seja, aquelas que foram criadas para promover a acessibilidade. Da mesma forma, as tecnologias assistivas já existentes não foram o foco desses artigos, podendo indicar que apenas a tecnologia não supre a necessidade de inclusão de alunos com DV no contexto educacional. Todavia, o uso de tecnologias assistivas já existentes, como leitores de tela, aplicativos de visão computacional ou audiodescrição, e até as que não têm esse foco, unidas às práticas de inclusão, foi abordado em quase todos os estudos, em contextos distintos, como museus, locais turísticos e escolas.

Buscando respostas para **Q2**, sobre a busca pela autonomia de PDV, a maioria dos estudos concentram esforços em buscar tecnologias e métodos para proporcionar a inclusão desse público, entretanto, não têm o foco em sua completa autonomia. Torna-se, então, um desafio construir um artefato acessível que dê total autonomia para o estudante com DV, sem a necessidade da intermediação de um terceiro durante o processo. **A11** ressalta a importância de proporcionar um estudo individual de representações abstratas, em uma aplicação que roda em dispositivos *touchscreen*. **A9** fala da autonomia citando dispositivos como o ORCAM, óculos que usa visão computacional para reconhecer textos, objetos e rostos, através de visão computacional e inteligência artificial. **A7** e **A8** abordam o uso de impressão 3D, audiodescrição e sensores de movimentos para proporcionar mais autonomia a pessoas com DV em espaços turísticos e museus. **A5** fala da autonomia para leitura de artigos científicos na área de computação, reafirmando a necessidade de audiodescrição de imagens, gráficos ou tabelas contidas nesses trabalhos. E, por fim, **A2** discute sobre a importância das tecnologias assistivas, como audiodescrição de imagens e vídeos, textos impressos em braile e leitores de tela para a promoção da autonomia do estudante com DV em sua formação acadêmica.

Passando para **Q3**, a RSL traz respostas para o uso de tecnologias para adaptação do material didático para PDV. A acessibilidade dos materiais didáticos é essencial para proporcionar a autonomia dos estudantes com DV em qualquer ambiente de estudo. **A2** fala de tecnologias que esses alunos podem utilizar, como leitores de tela, a inteligência artificial, a visão computacional e audiodescrição. **A3** cita a possibilidade de os professores disponibilizarem os Slides e os textos em PDF no formato acessível para leitores de tela. **A5** pontua o uso de manuais para descrever gráficos ou tabelas, além de descrições para imagens inseridas em um artigo. **A4** e **A6** relatam sobre o uso de impressão 3D para o ensino de formas geométricas e matemática em geral, respectivamente.

Seguindo para a **Q4**, o foco passa a ser a metodologia utilizada pelos professores para adaptação de conteúdo visual para PDV. Afinal, a tecnologia pode contribuir para a promoção da autonomia nos estudos desses alunos, entretanto, o processo de ensino e de aprendizagem tem a participação do docente, e sua metodologia também precisa ser adaptada para proporcionar a inclusão desses estudantes.

O estudo **A1** afirma que um conteúdo apresentado somente com recursos visuais pode não contemplar todos os alunos, visto que alguns podem aprender melhor por estímulos de outros sentidos além da visão, especialmente os com DV, os quais não tem acesso nenhum a essa opção. Assim, **A1** propõe uma prática com uma aplicação desenvolvida como solução, utilizando um sensor para captar os movimentos dos braços de uma criança para formar um

ângulo, combinando com um sinal sonoro que indica se o ângulo aumenta ou diminui. **A3** diz que vários estudos apontam que a educação inclusiva é benéfica para o desenvolvimento intelectual dos alunos em geral. Trata-se de um estudo com vários professores de Computação no Brasil, em que se identificou que há muitas queixas na falta e capacitação e sentimento de despreparo para lidar com PcD. Em especial com os discentes com DV, alguns professores tentaram descrever melhor os elementos visuais em suas aulas, mas a maioria optou simplesmente pela disponibilização do material textual em PDF ou os slides, antes ou depois da aula. O uso de impressão 3D para trabalhar com matrizes é citado por **A4**, enquanto **A10** relata uma experiência de adaptação de uma aula sobre rotação, translação e o formato da Terra. Este último diz que foi feita uma adaptação dos slides, com aumento da fonte, realce com negrito, e o uso de áudios gravados e reproduzidos para os alunos, inclusive os que não tinham DV.

Chegando à **Q5**, buscou-se respostas para as dificuldades das instituições de ensino para disponibilizar adaptações para PDV. Afinal, dependendo da região e do país, tantos os alunos, quanto os professores, precisariam de apoio para lidar com essa demanda, e as instituições precisam buscar soluções para esse problema da falta de inclusão.

Primeiramente, **A4** e **A6** ressaltam a queda nos custos de aquisição de impressoras 3D com o passar dos anos, o que é positivo, visto que o uso desta tecnologia para adaptação de materiais é citado por outros estudos. **A1**, **A2**, **A3** e **A11** citam o alto custo de tecnologias de ponta, o que inviabiliza uma solução satisfatória para várias instituições com realidades distintas. **A1** e **A11**, por sua vez, propõem o desenvolvimento de novas tecnologias semelhantes às já existentes no mercado, em vista de seus altos custos de aquisição e implementação.

5 FASE 2: PROJETO E DESENVOLVIMENTO DO ARTEFATO

Este capítulo detalhará o processo de projeto e desenvolvimento do artefato. As etapas 4, 5, 6 e 7 compõem esta fase e estão especificadas nas próximas subseções.

Com a conclusão destas 4 etapas, busca-se atingir os objetivos específicos: OE2: Determinar as especificações de um material educacional tátil para impressão 3D; e OE3: Elaborar sequências didáticas de apoio ao professor de ED em aulas com o uso do material educacional tátil.

5.1 Etapa 4: identificação dos artefatos e configuração das classes de problemas

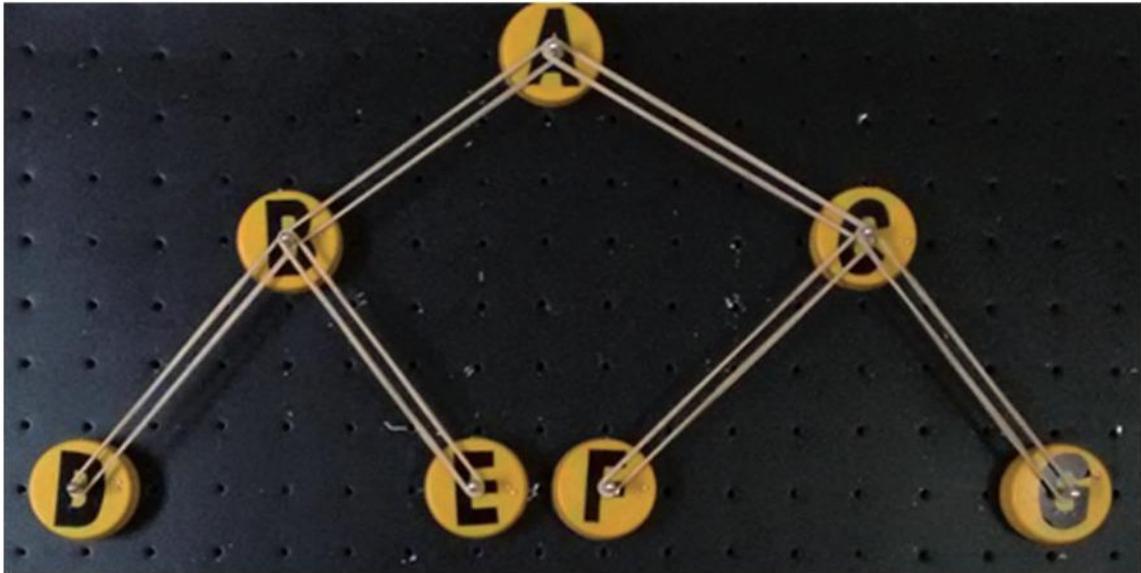
A RSL realizada na etapa 3 permite ao pesquisador identificar artefatos criados para resolver o problema identificado. Caso um artefato encontrado na pesquisa resolva o problema estudado, é possível continuar a pesquisa com o seu aprimoramento para alcançar soluções ainda melhores. Caso se identifique uma Classe de Problemas estruturada, é possível aproveitar a ideia dos artefatos propostos, assim como as boas práticas de desenvolvimento, para apoiar a inspiração na proposta de um novo artefato para o seu problema específico, pertencente a esse grupo. Essa etapa também permite ao pesquisador definir as soluções satisfatórias, acerca do desempenho do artefato.

A partir da análise da RSL e do Levantamento Bibliográfico apresentados no capítulo 4, alguns artefatos utilizados para o ensino acessível de Computação foram identificados, sejam tecnologias, metodologias de ensino ou ambos. Dentre as soluções encontradas, pode-se destacar alguns recursos multimodais que utilizavam estímulos auditivos e hápticos, outros com recurso vibratório de telas sensíveis ao toque e uns com materiais táteis oriundos de impressão 3D. Alguns trabalhos citaram artefatos artesanais, sendo uns improvisados por professores de Computação e outros resultantes de uma pesquisa de mestrado. Um dos artefatos pertence à exata classe de problemas desta pesquisa.

Pode-se definir a classe de problemas mais geral que configura esta pesquisa como: “Adaptação de conteúdos visuais no ensino de computação para alunos com deficiência visual”. Ela engloba a classe de problemas mais específica que será chamada de: “Ensino do Conteúdo de Estrutura de Dados para alunos com deficiência Visual”. Entretanto, acredita-se que o

artefato criado nesta pesquisa poderá ajudar outros estudos que estejam na Classe de Problemas mais abrangente.

Figura 7 – Produto educacional artesanal representando uma Árvore Binária



Fonte: Dos Santos Andrade e Fernandes (2016).

O artefato proposto por Dos Santos Andrade e Fernandes (2016), ilustrado na Figura 7, se encaixa na classe de problemas mais específica desta pesquisa, entretanto, ele não atende aos requisitos levantados de forma satisfatória. Ele utiliza uma base de madeira com pregos para que as tampas de garrafa PET, que representam os vértices de uma árvore, sejam encaixadas. Nas tampas existem alguns furos para que alfinetes sejam colocados a fim de formar um caractere braille, e as ligações entre as tampas são feitas por um elástico.

A pesquisa foca na construção de um novo artefato que proporcione melhorias, buscando atender aos requisitos levantados na Etapa 2.

5.2 Etapa 5: proposição de artefatos para resolução do problema

Após a identificação de artefatos e estruturas das Classes de Problemas relacionadas a sua pesquisa, o pesquisador deve propor artefatos para resolver o seu problema escolhido. Essa etapa é importante, pois anteriormente, os artefatos e identificação de Classes de Problemas traziam um panorama amplo com artefatos que atendiam a problemas genéricos, mas que precisam ser adaptados à pesquisa, considerando as especificidades do seu contexto. Nessa etapa, se reflete sobre o problema da pesquisa a ser resolvido, assim como as possíveis

soluções. Este processo pode se basear no conhecimento obtido nas etapas anteriores, além de exigir um raciocínio criativo do pesquisador, contemplado pelo método abdutivo e aproveitando os seus conhecimentos prévios.

Os artefatos identificados nas pesquisas realizadas se assemelham mais a testes ou soluções muito específicas para a realidade, na qual foram implementados. Alguns sugeriam tecnologias multimodais muito complexas, ou processos que exigiriam alto custo para implementação. Além disso, quase todos os casos pesquisados apresentavam soluções para problemas distantes do foco desta pesquisa, pois não tratam do ensino de ED, apesar de abordarem matemática e adaptação de conteúdos gráficos.

Analisando o artefato de Dos Santos Andrade e Fernandes (2016), o qual mais se adequou à solução do problema desta pesquisa e que tem um baixo custo de produção, entende-se que, apesar de tudo, ele não é satisfatório, pois tem um nível de complexidade muito alto na sua replicação, exatamente por ser um produto artesanal. Ele não parece apresentar a versatilidade esperada para abranger o máximo de conteúdos possível na disciplina de ED, além de outros requisitos que também não são atendidos, por ter um manuseio relativamente complexo, ser de difícil produção, ser pouco discreto e por não proporcionar facilidade na comunicação entre o usuário do material e os colegas de sala e professor da disciplina.

Considerando os artefatos encontrados que utilizam impressão 3D, apesar de eles não resolverem o problema desta pesquisa, pôde-se aproveitar a ideia da tecnologia utilizada.

Optou-se pelo desenvolvimento de um artefato composto por um material educacional tátil interativo, produzido através da impressão 3D de modelos tridimensionais digitais. Esse material permitirá trabalhar os conteúdos de Árvore Binária e outras estruturas de dados lineares. Junto a isso, para atender aos requisitos de facilitação da adaptação da conduta do professor em sala de aula e da possibilidade de comunicação entre aluno com DV e o professor sobre o conteúdo estudado, e considerando as citações sobre o despreparo dos docentes para lidar com alunos com DV, fazem parte do artefato, um guia de uso do material tátil, e duas sequências didáticas de apoio ao professor. Esse material traz orientações de uso do material tátil, além da aplicação de algumas atividades da disciplina de ED.

5.3 Etapa 6: projeto do artefato

Esta etapa visa selecionar, dentre os artefatos propostos nas fases anteriores, um para ser projetado nas etapas seguintes. O projeto deve considerar o ambiente interno, os limites do ambiente externo e o contexto em que ele irá operar. É importante que o pesquisador faça a descrição do processo de construção e avaliação do artefato, assim como o desempenho esperado. Isso irá assegurar o rigor da pesquisa, além de propiciar a replicação por outros pesquisadores.

5.3.1 Ambiente Interno e Externo

Um aluno com DV matriculado na disciplina de ED terá as limitações impostas pelo ambiente de sala de aula. Mesmo com as possibilidades de adaptação da metodologia do professor, é interessante que haja alguma mudança na conduta em sala de aula, para que o discente não se sinta deslocado ou constrangido. Portanto, um material discreto que possa ser utilizado facilmente na superfície de uma carteira escolar grande ou de uma mesa de pequeno ou médio porte já será satisfatório.

Ainda analisando o contexto do ambiente externo, o professor ainda deverá fazer adaptações na sua metodologia de ensino, para que possa se comunicar com o discente com DV e orientá-lo nas atividades, considerando o uso do material educacional.

Considerando este cenário, e a partir do produto apresentado por Dos Santos Andrade e Fernandes (2016) (Figura 6), esta pesquisa propõe a concepção de um material educacional tátil interativo, capaz de representar alguns tipos de estruturas de dados, comumente representadas por imagens, utilizando a tecnologia de impressão 3D de modelos tridimensionais modelados digitalmente.

A principal estrutura de dados a ser representada por esse produto é a *Árvore Binária*, entretanto, o material educacional permitirá que outras estruturas possam ser trabalhadas, como a *Lista Encadeada*, *Fila* e *Pilha*.

Continuando com a especificação do ambiente interno do material tátil, ele deve conter peças que identifiquem os nós de uma árvore binária, assim como o número registrado. Além disso, o usuário poderá movimentar as peças para simular a execução dos algoritmos.

Assim, pensa-se na impressão de números com escrita em alto relevo, bases para encaixe e elementos táteis que permitam analisar as ligações entre os nós.

Como complemento ao material educacional tátil, haverá guia de uso e sequências didáticas que apoiarão professores na aplicação deste material com os alunos dentro da disciplina de ED, além de trazer orientações para o seu manuseio. Serão desenvolvidos um guia de uso do material tátil, e duas sequências didáticas, cada uma com uma proposta de atividade e uma breve explanação do conteúdo a ser trabalhado. As sequências direcionarão a atividade, considerando o uso do material tátil, e podem conter direcionamentos aos professores sobre como adaptar suas aulas para incluir o estudante com DV.

Esse material deve estar em formato digital acessível, em PDF, para que sejam de fácil acesso aos professores e alunos com DV. Assim, pode-se dizer que o artefato é composto pelo material tátil, o guia de uso e as sequências didáticas.

5.3.2 Requisitos do material tátil

A partir da análise dos dados coletados com os sujeitos Professor Consultor e Aluno Consultor, juntamente com os conhecimentos prévios do pesquisador, seis critérios para o produto foram estabelecidos. Consideraram-se as faces do problema e os requisitos indicados na fase de conscientização. Algumas informações técnicas, oriundas da experiência dos bolsistas colaboradores do Laboratório de Computação Física (LCF)¹, foram importantes para consolidar alguns desses critérios, especialmente no que diz respeito ao tipo de material, estabilidade no uso, resistência, complexidade e tempo de impressão. Compilando todas essas informações, os seis critérios foram especificados da seguinte maneira:

A) Estabilidade física do material: O material educacional deve ser estável fisicamente. Ele deve ficar firme sobre uma superfície de apoio, e as peças não devem se desmontar com facilidade, para evitar que o manuseio tátil não desconfigura o desenho montado pelo usuário, por exemplo.

¹ O Laboratório de Computação Física (LCF) da UFC Virtual é um ambiente que oferece suporte a diversas disciplinas na Universidade Federal do Ceará (UFC). Ele está envolvido em iniciativas educacionais, como workshops de computação física, que aprimoram a experiência de aprendizado dos alunos. O laboratório utiliza técnicas inovadoras, como impressão 3D, robótica, eletrônica, máquina de corte a laser entre outras. Mais detalhes podem ser consultados no Instagram do laboratório: <https://www.instagram.com/lcf.smd/>

B) **Facilidade de Manuseio:** O material educacional deve ser fácil e rápido de manusear. As peças poderão ser reposicionadas facilmente e com agilidade, de forma que a estrutura delas não seja responsável por atrasos na utilização do material.

C) **Facilidade de compreensão:** O material educacional deve possibilitar uma compreensão fácil e rápida das informações envolvidas para os usuários. As informações contidas nas peças devem ser compreendidas pelos possíveis usuários envolvidos no contexto de estudo do conteúdo, as informações devem ser claras, fáceis e rápidas de serem compreendidas por todos.

D) **Minimalismo:** O material educacional deve conter somente o necessário para o estudo do conteúdo proposto. Todas as informações obtidas pelo discente por meio do tato devem ser relevantes e necessárias, na medida do possível, para as atividades exercidas durante o estudo do conteúdo.

E) **Economia:** O material educacional deverá ter o máximo de qualidade possível com o mínimo de custos. A qualidade envolve a sua durabilidade, resistência física e design. O custo engloba o preço do tipo de material escolhido para sua fabricação, tempo de produção e complexidade de reprodução.

F) **Compatibilidade com Estrutura de Dados:** Além de permitir a montagem de uma estrutura de dados, especialmente a árvore binária, o material precisa permitir que os conteúdos de Estrutura de Dados sejam trabalhados de forma satisfatória, sem limitações que impeçam o desenvolvimento de atividades da disciplina.

Desde o início, foram frisados pelo pesquisador alguns pontos que nortearam a produção do material educacional. Todos eles levaram em consideração os seis critérios explicados anteriormente, que, por sua vez, basearam-se nos requisitos levantados na etapa de conscientização.

Considerando isso, foi solicitado que o produto fosse discreto e com o menor tamanho possível, para não causar constrangimento ao usuário, além de facilitar sua mobilidade e o uso em superfícies comuns em salas de aula, como uma mesa pequena ou uma carteira escolar.

Os nós precisavam ter inscrições em braile e escrita em tinta (alfabeto convencional), ambos em alto relevo, para que os alunos com deficiência visual que sabem e os que não sabem braile possam compreender o conteúdo. Da mesma forma, os professores e demais alunos videntes, que precisarão se comunicar com o discente com deficiência visual, poderão ler os dados escritos em tinta nas peças.

O produto precisa ficar firme na superfície de apoio, pois o usuário irá utilizar muito as mãos para sentir as peças, e ele não deve se preocupar com fragilidade ou instabilidade na montagem e interação com o material.

Os modelos tridimensionais digitais projetados devem ser facilmente reproduzidos. Isso permitirá que qualquer professor de ED ou aluno com deficiência visual que queira utilizar o material educacional possa imprimi-lo facilmente em uma impressora 3D, ou solicitar para um técnico ou setor de uma instituição que o faça sem grandes dificuldades e com baixo custo.

A análise de compatibilidade das versões produzidas com os seis critérios foi realizada pelo pesquisador.

5.3.3 Processo de Construção e Avaliação

Em colaboração com o Laboratório de Computação Física, localizado na Unidade Acadêmica: Instituto Universidade Virtual, da Universidade Federal do Ceará, dois bolsistas, autorizados pelo coordenador do laboratório, apoiaram na modelagem tridimensional e na impressão das peças táteis nas impressoras 3D. Algumas conversas entre o pesquisador e os bolsistas ocorreram para estabelecer o entendimento mínimo do que a pesquisa almejava construir como produto e como ele deveria ser, apresentando os critérios citados anteriormente.

Ressalta-se que os bolsistas não possuíam conhecimento acerca do conteúdo de ED. Como o pesquisador possui deficiência visual, foi preciso estabelecer uma comunicação com o máximo de detalhes possível das duas partes, bolsistas e pesquisador, visto que este não teria acesso às imagens dos modelos tridimensionais digitais enquanto não fossem impressos. Era constante a prática de buscar confirmações sobre a compreensão do que estava sendo pedido pelo pesquisador, assim como as soluções propostas pelos bolsistas. Quando havia um entendimento satisfatório dos dois lados, era, então, liberado o trabalho de modelagem dos objetos tridimensionais e, posteriormente, a impressão.

Somente eram impressas as peças táteis necessárias para validação do pesquisador, o qual verificava se ela atendia aos seis critérios levantados. Caso todos os critérios fossem atendidos, ou se bastassem pequenos ajustes para melhorar o material, as observações eram repassadas aos bolsistas e eles prosseguiram com a impressão completa de todas as peças, ou com os pequenos ajustes solicitados antes de imprimir as peças novamente. Se os critérios não

fossem satisfeitos, o *feedback* era repassado aos bolsistas para que eles pudessem planejar uma nova ideia de modelagem, retornando ao momento de conversa.

O guia de uso do material e as sequências didáticas foram elaboradas pelo próprio pesquisador. Tratou-se de uma sequência para familiarização com o material, e para trabalhar com uma estrutura linear, e outra para o conteúdo de árvore binária. As sequências devem ser exportadas para PDF e disponibilizadas na internet, assim como os modelos tridimensionais a serem impressos.

O material tátil deve ser avaliado pelo sujeito Aluno Avaliador, em um ambiente de aula na sua IES. O teste seguirá um roteiro, e serve para observar a interação do avaliador com o material tátil, contabilizando o tempo total da experiência, findando com o preenchimento de um questionário de pós-teste. Espera-se que os seis critérios sejam contemplados, na perspectiva das observações do pesquisador e do Aluno Avaliador.

As sequências didáticas devem ser avaliadas pelo sujeito Professor Avaliador, de forma presencial. Ele deve analisar o material tátil e, de forma mais criteriosa, o guia de uso e as sequências didáticas. Após fazer perguntas e tirar dúvidas, por fim, ele precisa responder a um questionário sobre suas impressões acerca do artefato. Espera-se que o Professor Avaliador entenda o funcionamento do material e se sinta confortável para tentar utilizá-lo, caso receba um aluno com DV em sua turma. As sequências também precisam ser compreendidas satisfatoriamente, sem deixar dúvidas quanto à aplicação da atividade junto ao material.

5.4 Etapa 7: desenvolvimento do artefato

Nessa etapa ocorre o desenvolvimento do ambiente interno do artefato. Ressalta-se que a DSR não trata somente da criação de um produto, além disso, seu objetivo se estende à produção de conhecimento útil e aplicável para solução de problemas já existentes, aprimoramento de sistemas ou contribuições para criação de novos artefatos. Essa etapa resulta no artefato funcional e suas especificações para consulta por outros pesquisadores.

5.4.1 Material Tátil

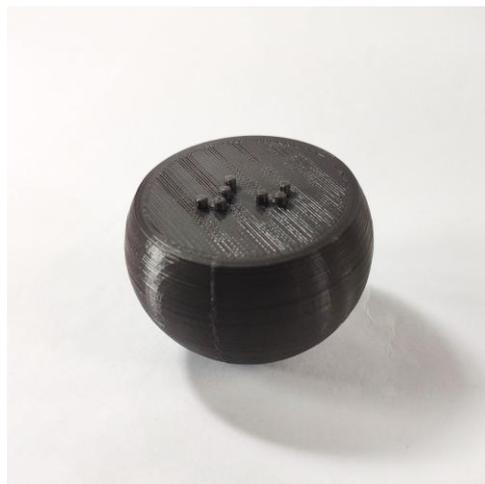
O material educacional tátil teve um total de 4 versões: Versão 1, Versão 2, Versão 3 e Versão 4. Algumas não precisaram ser totalmente modeladas ou impressas, pois, para evitar desperdício de matéria-prima, tempo e trabalho dos envolvidos no processo, algumas partes do material já eram analisadas segundo os seis critérios, possibilitando uma correção na fase inicial de modelagem do produto.

A seguir, são apresentadas as três primeiras versões. A Versão 4, selecionada para a Etapa de Avaliação, será especificada no próximo capítulo.

5.4.1.1 Produto Educacional – Versão 1

A primeira versão do material educacional contou somente com a modelagem de um nó da árvore. Como mostrado na Figura 8, ele foi representado por uma meia esfera, e na superfície plana ficou a informação do número escrito em braile com alto relevo. Esta versão foi descartada, pois não conseguia atender aos critérios Estabilidade física do material, Facilidade de Manuseio e economia.

Figura 8 – Foto da Versão 1 do material educacional, representada somente pelo nó com o número zero em braile



Fonte: Foto tirada por colaboradores do autor.

O nó desta versão é arredondado, mas um dos lados é esférico, o que impediu que a peça se fixasse em uma superfície plana. Mesmo que tivesse uma base para encaixá-lo, o nó

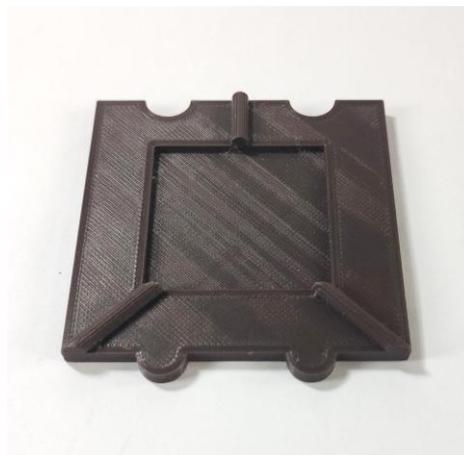
ocupava muito mais espaço do que o necessário, visto que o discente precisaria de muitas peças à disposição para montar suas estruturas. A peça redonda também propicia uma maior dificuldade para ser posicionada corretamente para leitura tátil, visto que, por ser redonda, o aluno cego ou com baixa visão precisará verificar frequentemente se o número está de cabeça para baixo, de lado ou meio torto, exigindo o uso bem mais tempo para ações relativas à usabilidade adequada do material e não à compreensão do conteúdo a ser estudado.

5.4.1.2 Produto Educacional – Versão 2

A Versão 2 do material educacional é composta pela segunda versão dos nós da árvore, assim como a primeira ideia de base para o encaixe deles. A proposta foi de uma base quadrada modular com um espaço central no formato quadrado, em baixo relevo, para encaixar o nó da árvore de mesmo formato.

A base de 8cm por 8cm também já continha o desenho das arestas da árvore em alto relevo, sendo uma aresta vindo do topo da peça e tocando o lado superior do quadrado central, e as duas arestas de baixo, partindo dos cantos inferiores desse quadrado e seguindo em diagonal até o lado inferior da base quadrada. A base também tinha ondulações nas partes inferior e superior, para orientar o posicionamento do encaixe com outra base modular. A Figura 9 apresenta a fotografia da base modular da segunda versão.

Figura 9 – Foto da base da segunda versão



Fonte: Foto tirada por colaboradores do autor.

A ideia era que uma base modular representasse o posicionamento de um nó, podendo ter até duas outras bases modulares, conectadas a si mesma, como filhas, uma do lado

esquerdo e outra do lado direito. Essa possibilidade se replicaria a todos os módulos utilizados para formar a base, como mostrado na Figura 10. As arestas se ligavam perfeitamente e os nós ficaram bem ajustados no quadrado central em baixo relevo, de maneira firme e com facilidade de encaixe e remoção pelo usuário.

Figura 10 – Foto de três bases da segunda versão encaixadas



Fonte: Foto tirada por colaboradores do autor.

A nova versão do nó diminuiu perceptivelmente de tamanho, ficou em formato quadrado e achatado (Figura 11). Seu encaixe na base era bem firme, assim como mostra a Figura 12, mas permitia que fosse colocado e removido facilmente, caso o usuário quisesse, sem desmontar apenas através da exploração tátil da peça. Este foi um grande avanço nesta versão. A inscrição em braile estava bem legível pelo tato, e a área ocupada era menor, o que permitia uma leitura mais rápida com pouca movimentação dos dedos.

Figura 11 – Foto do número para identificar o nó da segunda versão



Fonte: Foto tirada por colaboradores do autor.

Figura 12 – Foto do número encaixado na base modular da segunda versão



Fonte: Foto tirada por colaboradores do autor.

Entretanto, essa versão também foi descartada, pelo menos em parte. Apesar de ter sido inicialmente aprovada, quando uma maior quantidade de bases foi impressa, percebeu-se que essa lógica modular de estrutura, ao menos nesta concepção, não permitia a montagem de uma árvore com três ou mais níveis, como demonstrado na Figura 13. Mesmo com esse problema, a nova versão do nó foi aprovada, e se optou por continuar com essa ideia para a próxima versão.

Na Versão 2, os seguintes critérios não foram atendidos: Estabilidade física do material e Compatibilidade com o conteúdo de ED.

Figura 13 – Foto da tentativa de encaixe das bases da Versão 2 no terceiro nível



Fonte: Foto tirada por colaboradores do autor.

Esta versão apresentou problemas com a estabilidade em superfícies planas mais escorregadias, como a de carteiras escolares e alguns tipos de mesas. As bases escorregavam

facilmente, e, mesmo encaixadas, ao tocar nas peças explorando a estrutura, elas se desmontavam facilmente. Percebeu-se que esse problema pode ser resolvido com o uso de um material antiderrapante, como EVA, por exemplo. Entretanto, a compatibilidade com o estudo da disciplina de ED é altamente comprometida, por não possibilitar trabalhar com árvores binárias com três ou mais níveis.

Quanto ao nó, apesar da grande evolução e do seu aceite, percebeu-se que ele poderia melhorar no critério Facilidade de compreensão, pois ele só tinha a inscrição em braile, e alunos com deficiência visual que não sabem braile teriam dificuldades para compreender o conteúdo escrito, aumentando o tempo de manuseio, ao menos nos primeiros momentos de uso. Além disso, outros alunos e professores videntes que não sabem braile teriam dificuldades para se comunicar com o discente sobre as atividades envolvendo o material.

Figura 14 – Foto de várias bases enfileiradas na horizontal, uma ao lado da outra



Fonte: Foto tirada por colaboradores do autor.

Figura 15 – Foto de várias bases enfileiradas na vertical, uma acima da outra



Fonte: Foto tirada por colaboradores do autor.

Por fim, a Versão 2 não foi totalmente descartada nesse momento, pois a estruturação de sequências lineares das bases modulares ainda era possível, permitindo trabalhar os conceitos de Pilhas, Filas e Listas Encadeadas. A organização dos módulos na horizontal (Figura 14) se assemelhava ao desenho de um vetor, se aproximando da representação gráfica de Filas ou Listas Encadeadas, enquanto o posicionamento na vertical (Figura 15) se aproxima do entendimento de uma Pilha.

5.4.1.3 Produto Educacional – Versão 3

A terceira versão do produto educacional, selecionada para avaliação, minimizou todos os problemas das versões anteriores. Dessa vez, buscou-se focar na estrutura de dados *Árvore Binária*, somente, mesmo que os outros tipos de estruturas não fossem atendidos de forma específica.

A nova versão contou com uma base única, com uma altura fixa e, conseqüentemente, suportando uma quantidade finita de nós. Para atender aos critérios de Facilidade de Manuseio e Minimalismo, combinou-se por uma base que acomodasse uma *Árvore Binária* que atingisse no máximo quatro níveis, sendo o último deles alcançando até oito nós. Optou-se por fazer arestas encaixáveis, assim como nós, na tentativa de diminuir distrações com arestas desnecessárias sem nós envolvidos.

Devido ao tamanho bem maior, a base foi dividida em três partes, cada uma modelada separadamente, mas que poderiam ser coladas com praticidade após a impressão. Decidiu-se por fazer dessa forma, pois a base completa não caberia nas dimensões de impressão de uma impressora 3D de porte mediano. Assim, para atender ao critério Economia, permitindo que o material pudesse ser replicado facilmente e sem impasses em outras instituições, a base foi dividida.

Em virtude do desenho pré-determinado de uma *árvore binária* com quatro níveis, a parte centralizada entre os nós do segundo nível ficou vazia e sem utilidade prática. Visto isso, os bolsistas sugeriram deixar essa área vazada com um formato circular. Essa proposta ajudou a fortalecer três critérios: Estabilidade física do material, pois o usuário poderia utilizar esse vácuo na base para segurá-la e deixá-la mais firme para tatear o restante da peça com a outra mão; Minimalismo, removendo o espaço vazio que poderia deixar o usuário perdido buscando a posição de um nó naquela proximidade, além de que o vácuo circular pode servir como ponto de referência para os nós dos dois primeiros níveis; e Economia, pois será utilizado

menos material para impressão. A Figura 16 mostra a foto da base da terceira versão completa, com suas três partes coladas.

Figura 16 – Foto da base da Versão 3

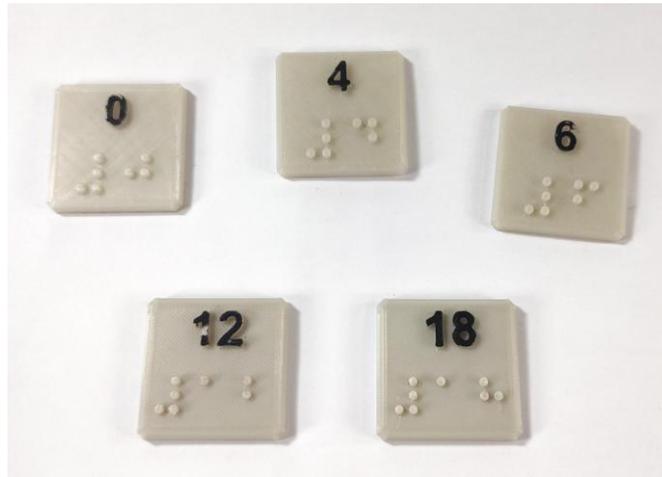


Fonte: Foto tirada por colaboradores do autor.

Os nós foram atualizados, como mostrado na Figura 17. A ideia de um quadrado achatado continuou, porém foi decidido que o tamanho da fonte dos caracteres em braile fosse diminuído, pois os números com dois algarismos não cabiam na superfície, e o aumento da área para escrita acarretaria o aumento da peça como um todo, além disso, a redução do tamanho da inscrição em braile acabou deixando a leitura ainda mais confortável.

Outra novidade foi a adição do número escrito em tinta, e em alto relevo. Isso permitirá que os videntes consigam ler o conteúdo dos nós, e que os estudantes com deficiência visual, que não saibam ler em braile, possam acessar a informação escrita por este outro meio. Ressalta-se que a leitura em braile, com o tamanho de letra utilizada, é bem mais rápida e imediata do que o número em alto relevo escrito em tinta, mas essa redundância também permite que os discentes que não saibam braile possam ir se familiarizando com os números até passarem a utilizá-los como fonte primária de informação do conteúdo dos nós.

Figura 17 – Foto de alguns números da Versão 3



Fonte: Foto tirada por colaboradores do autor.

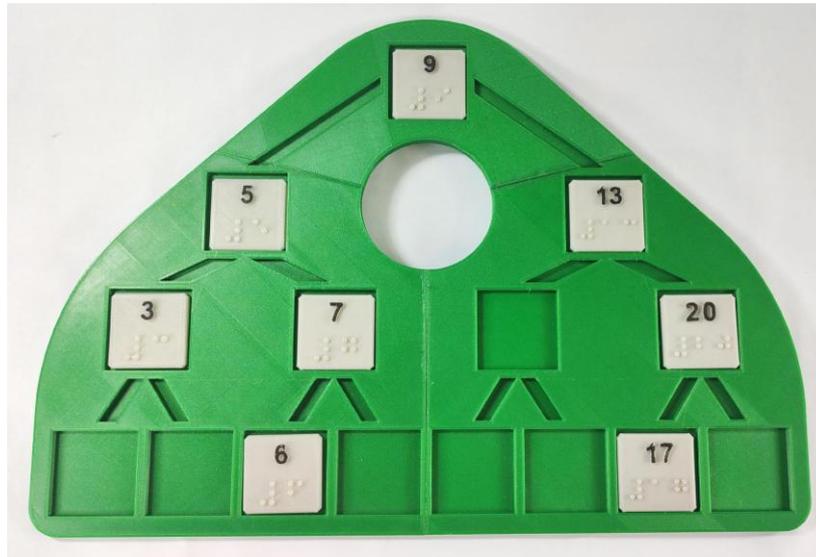
Adicionou-se um novo componente, as arestas encaixáveis (Figura 18). Buscando atender o critério de Facilidade de compreensão, optou-se por deixar espaços em baixo relevo entre todos os nós, para que o discente encaixe as arestas somente quando houver de fato alguma relação entre eles (Figura 19). Dessa forma, ele teria uma compreensão rápida de toda a estrutura e ligações da árvore, de maneira geral. Entretanto, essa ideia ocasionou perdas no critério de Estabilidade física do material e Facilidade de Manuseio. Como o uso das arestas é opcional, já que a compreensão do material continua satisfatório sem elas, esse problema não foi considerado tão relevante.

Figura 18 – Foto da base com algumas arestas na Versão 3, e outras soltas ao lado



Fonte: Foto tirada por colaboradores do autor.

Figura 19 – Base da Versão 3 com uma árvore montada contendo as peças das arestas



Fonte: Foto tirada por colaboradores do autor.

A Versão 3 do material educacional foi aprovada, pois conseguiu atender a todos os critérios, desde que as arestas não sejam utilizadas (Figura 20). A partir de testes realizados com a nova versão, devido a grandes mudanças na base e atualizações nos nós, alguns pequenos ajustes precisarão ser feitos, como o aumento na espessura do nó, o qual ficou um pouco difícil de ser removido do encaixe na base, por não sobrar tanta área suficiente do lado de fora para ser puxado facilmente com o dedo. Isso se deve também ao aumento da profundidade dos encaixes quadrados em baixo relevo, que precisa ser um pouco reduzida.

Figura 20 – Base da Versão 3 com uma árvore montada sem usar as peças das arestas



Fonte: Foto tirada por colaboradores do autor.

As arestas encaixáveis contribuíram negativamente com o atendimento dos critérios: Estabilidade física do material, por saírem facilmente dos encaixes por serem estreitas demais, e Facilidade de Manuseio, por adicionar um novo nível de complexidade para montar

e alterar a árvore, além da contribuição sensorial ser muito pequena. Por conta disso, uma próxima versão da base irá deixar as arestas todas desenhadas em alto relevo, de forma fixa, mesmo que vá um pouco contra o critério Facilidade de compreensão, por manter arestas mesmo que possa não ter nós interligados por elas. Entretanto, essa mudança contribuirá também positivamente com esse critério, pois a ausência das arestas removíveis impacta muito mais de forma negativa do que sua presença.

Figura 21 – Números enfileirados nos encaixes do último nível da base da terceira versão



Fonte: Foto tirada por colaboradores do autor.

A Versão 3 do material educacional atendeu satisfatoriamente a todos os critérios. Além disso, é possível modificar a forma de uso do material para trabalhar com outros tipos de estruturas de dados, como Pilha, Fila e Lista Encadeada. Os níveis 3 e 4 da árvore binária têm, respectivamente, 4 e 8 nós, um ao lado do outro. Assim, aluno e professor podem adaptar o uso do material delimitando uma área específica da base para o manuseio, como demonstrado na Figura 21.

5.4.2 Guia de Uso e Sequências Didáticas

Apesar do material parecer intuitivo aos sujeitos que já estão em um cenário envolvendo o estudo de estruturas de dados, especialmente os professores, é importante que seu uso esteja claro tanto para eles, quanto para os estudantes com deficiência visual. Dessa forma, a existência de um guia de uso do material é essencial. Além disso, como o docente pode não estar preparado para trabalhar com alunos com deficiência visual, uma sequência didática que o inicialize no uso do material educacional e o oriente na aplicação do conteúdo com eles, facilitará o processo de aceitação e implementação desse recurso. Afinal, a adaptação das aulas

não se dá somente com a adoção de um material educacional, mas também com os ajustes na metodologia de ensino e condução das atividades em sala de aula.

Portanto, as sequências didáticas e o guia de uso são importantes para ajudar a atender os critérios: Facilidade de Manuseio e Facilidade de compreensão, pois auxiliarão alunos e professores a compreenderem o material educacional, os procedimentos para seu uso e como trabalhar o conteúdo de ED com ele. O critério Economia é potencializado, visto que esses documentos serão produzidos em formato digital, evitando maiores gastos. Por fim, o critério Minimalismo também tem seu destaque, pois as sequências didáticas irão focar nos principais conteúdos, de uma forma introdutória, apenas para orientar o professor sobre as formas de aplicação do material em cada um desses conteúdos, e sobre como ele pode orientar o discente com deficiência visual no uso inicial do material educacional.

O Capítulo 6 irá focar na última versão do material tátil, assim como a especificação do guia de uso e das sequências didáticas.

6 O PRODUTO EDUCACIONAL

Complementando os resultados da Etapa 7, este capítulo apresenta a Versão 4 do material tátil, o guia de uso e as duas sequências didáticas. Eles compõem o artefato que passou pela avaliação descrita no Capítulo 7.

O produto desta pesquisa está disponível no link: <https://github.com/allangeorge-3/BlinDS-Estrutura-de-Dados-para-Cegos>

6.1 Guia de uso do material tátil

Para apresentar o material tátil ao aluno com DV, ou ao professor foi elaborado um guia de uso (APÊNDICE F) contemplando uma explicação sobre o seu objetivo, especificação e descrição das peças, orientação sobre o preparo do material para iniciar os estudos de ED, e algumas dicas de utilização.

O documento é digital, no formato PDF, e contém algumas imagens para facilitar a compreensão do material e seu uso ao professor, especialmente se for preciso acompanhar o discente com DV na familiarização com o material tátil.

6.2 Sequências didáticas

Segundo Zabala (1998, p. 14), temos a seguinte definição para as sequências didáticas: “são um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos”.

As sequências didáticas desenvolvidas nesta pesquisa também compõem o artefato. Elas contêm a lista de passos para o desenvolvimento integral das atividades propostas. O texto se preocupa com a compreensão dos professores que acompanharão a execução das atividades, e com os alunos com DV que necessitarão de instruções claras para o entendimento do conteúdo e a manipulação do material tátil.

As sequências são de fácil compreensão, com as etapas descritas em textos diretos, além de exporem claramente seus objetivos e tipo de atividades propostas, contemplando as fases de planejamento, aplicação e avaliação (Zabala, 1998).

As duas sequências didáticas elaboradas nesta pesquisa podem ser consultadas nos APÊNDICE G e APÊNDICE H, e o detalhamento sobre seu desenvolvimento estão na subseção a seguir.

6.2.1 Especificação das Sequências Didáticas

A fim de facilitar o processo de adaptação das aulas para incluir alunos com deficiência visual, especialmente para os professores sem experiência ou formação com educação especial, criou-se um modelo de sequência contendo seções de Planejamento, Aplicação das atividades e Avaliação. Elas foram exportadas no formato PDF, permitindo o acesso dos professores e dos alunos que utilizam algum leitor de tela. A partir dos resultados do questionário com os Professores Consultores, pensou-se em duas sequências didáticas, **S1** (APÊNDICE G) e **S2** (APÊNDICE H).

S1 aborda a familiarização do aluno com DV com o material tátil, propondo que o professor tenha um contato particular com o estudante, possibilitando que se compreenda mais sobre os conhecimentos prévios, habilidades e eventuais dificuldades do discente. Além disso, o discente poderá conhecer o material, e combinar com o professor como será a comunicação sobre o seu uso, o que é essencial para que o docente possa orientá-lo nas atividades durante as aulas. Também há uma atividade com a estrutura de dados Pilha, com dicas de uso do material para trabalhar estruturas lineares. Isso será útil para preparar o discente no estudo de vetores, e nas aulas da primeira parte da disciplina de ED.

S2 foca na estrutura Árvore Binária, trabalhando alguns conceitos e a execução de três algoritmos: Inserção, Remoção e Pré-Ordem. Esta segunda sequência tem mais direcionamentos para o professor, na etapa de Planejamento. Algumas orientações sobre a verbalização do que é escrito no quadro, descrição de imagens e comunicação com o aluno com DV, para que haja sincronia entre a área da estrutura que o professor está apresentando no quadro ou projeções, e a área da estrutura tateada pelo aluno no material. Esta segunda sequência permite o uso do material em sua completude, além de exigir uma maior interação com o material, na identificação de todas as áreas de encaixe de números, e a manipulação constante dessas peças e das caixas organizadoras. A execução dos algoritmos serve para

mostrar o potencial do material tátil, visto que muitas atividades e avaliações analisam o aprendizado do aluno acerca da execução desses métodos.

O tempo previsto para cada sequência foi sugerido a partir de testes feitos pelo próprio pesquisador. Ficando 50 minutos para S1, e 110 minutos para S2. Como S2 tem um conteúdo mais extenso, também se propôs dividir a atividade em duas aulas de 50 a 60 minutos.

A aplicação da sequência conta com vários passos, orientando pequenas ações até que se cumpra uma atividade proposta. Alguns passos contêm dicas de orientação ao aluno com deficiência visual, inclusive no uso do material tátil.

As avaliações propostas permitem que o discente exercite o conteúdo abordado, e que o professor identifique se o aluno conseguiu assimilá-lo. Por fim, a sequência também aponta o que se espera sobre o aprendizado do aluno, quanto ao que foi abordado.

6.3 Versão 4 do material tátil

Após as análises dos pontos negativos da Versão 3 do material tátil, pensou-se em uma nova modelagem que melhorasse alguns requisitos: Estabilidade física do material, Facilidade de Manuseio, Facilidade de Compreensão e Compatibilidade com ED.

Melhorando a estabilidade física, facilidade de manuseio e a facilidade de compreensão, optou-se por abandonar as peças destacáveis para representar as conexões entre os nós, trocando seu respectivo espaço de encaixe em baixo relevo, por ligações fixas em alto relevo. Apesar de possibilitar a presença de conexões entre encaixes e nós vazios, considerou-se esta opção mais vantajosa do que a instabilidade de peças soltando, como ocorria na Versão 3.

As ligações entre nós de níveis diferentes ficaram mais longas, ampliando o comprimento do material, mas ainda permitindo sua utilização em uma pequena mesa.

A nova base recebeu o nome de “**Base de 8 folhas**”, pois o último nível contém oito espaços para encaixe de números em sequência. Ela possui 40cm de largura e 32,5cm de altura. A seguir, a Figura 22 mostra a nova base:

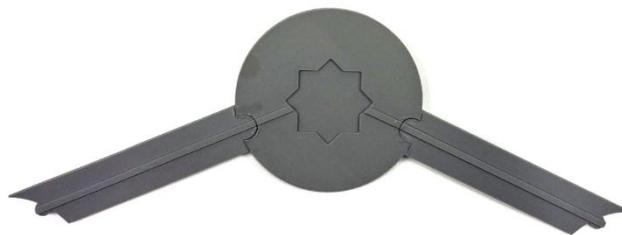
Figura 22 – Base de 8 Folhas



Fonte: Foto tirada por colaboradores do autor.

O requisito Compatibilidade com Estrutura de Dados foi melhorado com a criação de uma peça chamada “Raiz Conectora”. Seu papel é servir como uma raiz de uma árvore binária com 5 níveis. Esta peça pode ser encaixada nos topos de duas bases de 8 folhas conectadas uma ao lado da outra. A Figura 23 mostra a Raiz Conectora:

Figura 23 – Raiz Conectora



Fonte: Foto tirada por colaboradores do autor.

A Figura 24 mostra uma grande base formada pela união de duas bases de 8 folhas, uma ao lado da outra, com a raiz conectora no topo das duas. Essa montagem se chama “Base de 16 folhas”, pois o último nível contém uma sequência de 16 espaços para encaixe de números, além de ter cinco níveis. Essa montagem completa tem 80cm de largura e 44,5cm de altura.

Figura 24 – Montagem da Base de 16 Folhas



Fonte: Foto tirada por colaboradores do autor.

Buscando melhorar ainda mais a facilidade de manuseio, com foco na agilidade do uso do material para realizar as atividades, foram criadas as “Caixas Organizadoras”. Elas foram pensadas para guardar os números de forma ordenada, permitindo que o discente com DV encontre a peça numérica rapidamente.

Elas possuem sete espaços para encaixe de números, sendo dois deles um pouco separados dos demais. O guia de apresentação indica que os números sejam organizados de cinco em cinco, para que o cálculo mental feito pelo usuário para identificar a caixa que contém o número procurado seja simples. Os dois espaços adicionais foram pensados para inserir números repetidos, caso se opte por imprimir duplicatas.

A Figura 25 mostra algumas caixas organizadoras, algumas com números encaixados e outras vazias:

Figura 25 – Caixas organizadoras

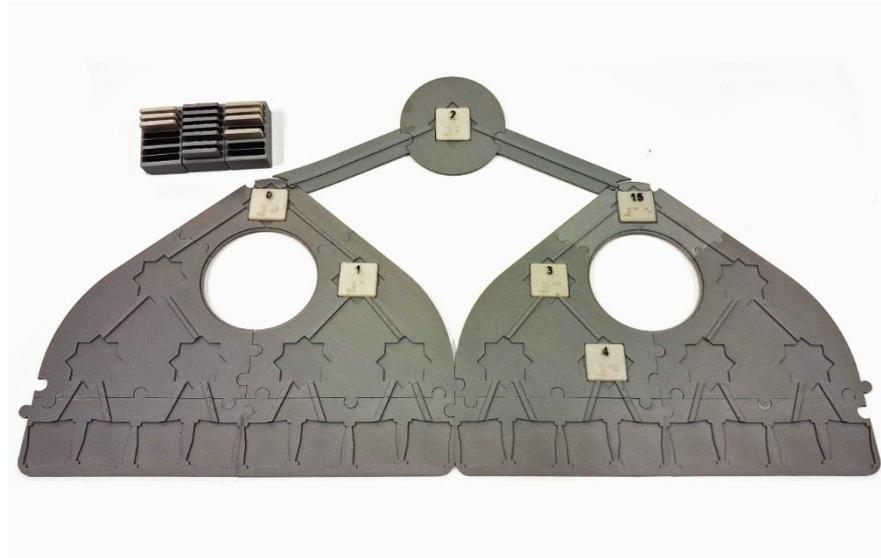


Fonte: Foto tirada por colaboradores do autor.

Uma última mudança, buscando melhorar o requisito de Compatibilidade com Estrutura de Dados, foi relativa ao espaço para encaixe dos números. Agora, ela também permite que uma peça numérica seja encaixada de uma forma alternativa à anterior. Bastando rotacionar um pouco a peça numérica, é possível encaixá-la em uma posição diferente. Isso permite que alguns conceitos mais avançados sejam trabalhados, como a pintura dos nós no conteúdo de *Árvore Rubro-Negra*. Nas entrevistas com os Alunos Consultores, houve falas sobre a grande dificuldade de compreensão deste conteúdo, por isso se pensou em adicionar esta funcionalidade ao material.

O guia de uso indica a área da superfície mínima para um uso confortável do material tátil, já pensando na base completa de 16 folhas, mais um espaço para posicionar as caixas organizadoras. Uma mesa de 90cm de largura por 50cm de comprimento é o suficiente para trabalhar com essa estrutura mais completa. Entretanto, se a atividade puder ser executada somente com uma base de 8 folhas, uma superfície menor pode ser utilizada. A Figura 26 apresenta uma sugestão de configuração do ambiente de estudo com o material completo:

Figura 26 – Base de 16 Folhas e as Caixas organizadoras com os números



Fonte: Foto tirada por colaboradores do autor.

A base de 8 folhas é formada por peças menores que se conectam entre si a partir de encaixes semelhantes aos de um quebra-cabeça, da mesma forma acontece com a raiz conectora. Pensou-se na versatilidade e na redução da complexidade de replicação, visto que não se precisaria mais colar essas peças menores. Entretanto, perdeu-se muito na estabilidade física do material, pois alguns encaixes se soltavam quando as peças eram movimentadas na superfície, e na facilidade de manuseio, pois a montagem de uma única base exigia muito tempo e esforço. Por isso, optou-se por colar as peças menores, transformando-as em componentes maiores, como os já citados.

7. FASE 3: AVALIAÇÃO DO ARTEFATO

Este capítulo detalha o processo de avaliação da Versão 4 do material tátil, o guia de uso e as sequências didáticas. Todos os testes ocorreram no intervalo de nove dias, entre os dias 5 e 13 de fevereiro de 2025.

A execução das etapas 8 e 9 da DSR estão detalhadas nas próximas seções, as quais mostram como ocorreram os testes com os sujeitos Professores Avaliadores e Alunos Avaliadores, os resultados e a explicitação das aprendizagens.

7.1 Etapa 8: avaliação do artefato

Nesta etapa o artefato deve ser avaliado, analisando seu comportamento na solução do problema. Os requisitos levantados durante a conscientização deverão ser considerados e comparados com os resultados obtidos, com o intuito de buscar maior proximidade entre eles. A avaliação pode ocorrer em um ambiente externo controlado ou real, a depender do tipo de artefato. Caso seja uma instanciação, opta-se por um cenário real do problema, podendo-se utilizar métodos de avaliação já conhecidos. No fim desta etapa, o pesquisador terá o artefato avaliado e as especificações de seus limites e condições de uso, como as relações do artefato com o ambiente externo que irá atuar, de acordo com o que foi especificado na etapa de conscientização do problema. Entretanto, se os resultados da avaliação não forem satisfatórios, não alcançando os requisitos determinados, o pesquisador deverá analisar qual etapa pode ter ocasionado esse problema e retornar para corrigir as falhas.

7.1.1 Avaliação com os Alunos Avaliadores

A Versão 4 do material tátil foi selecionada para passar pela validação dos Alunos Avaliadores. Ela é uma evolução da Versão 3, visto que atendeu melhor aos critérios levantados, a partir da análise do pesquisador.

Foram impressas 2 Bases de 8 folhas, 1 Raiz Conectora, 5 caixas organizadoras e os números de 0 a 27, excetuando os números 14 e 19.

Nessa impressão os números de 21 a 27 não estavam pintados, ficando sem contraste com o plano de fundo. As ligações da raiz conectora e das bases de 8 folhas também

não estavam pintadas, replicando a mesma característica. Por problemas na impressão, o número 10 ficou um pouco maior, portanto, o encaixe nas caixas organizadoras estava bem apertado.

7.1.1.1 Perfil dos Participantes

Foram contatadas 5 pessoas com o perfil do Aluno Avaliador. Entretanto, um deles não teve tempo disponível para participar dos testes, restando apenas 4 participantes. O Quadro 11 apresenta o perfil de cada um:

Quadro 11 – Perfil dos alunos participantes do teste do material tátil

ID	Idade	Grau de DV	Conhece Braille?	IES	Cursou ED em
P1	26	Cegueira com memória visual	Conheço um pouco, mas não sou fluente	UFC	2023.2
P2	29	Baixa visão, usa o resíduo visual para tentar enxergar textos, imagens ou vídeos	Conheço um pouco, mas não sou fluente	UFC	2024.1
P3	31	Baixa visão, usa o resíduo visual para tentar enxergar textos, imagens ou vídeos	Sei como funciona, mas não consigo compreender nada	UFC	2012.2
P4	32	Baixa visão, usa o resíduo visual para tentar enxergar textos, imagens ou vídeos	Conheço um pouco, mas não sou fluente	IFCE	2023

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de tabelas no Microsoft Excel.

Para preservar a identidade dos participantes, eles foram nomeados como **P1**, **P2**, **P3** e **P4**. Pelo mesmo motivo, optou-se por vinculá-los somente à IES, sem fazer a ligação com seus respectivos cursos. Somente um deles é do curso de Sistemas e Mídias Digitais, os demais são de Ciência da Computação.

Apenas **P1** tem cegueira, os demais possuem baixa visão, e ainda utilizam o resquício visual para tentar enxergar algo, geralmente com a aproximação da tela que contém o texto a ser lido, alto contraste ou ampliação.

Todos conhecem um pouco da escrita braile, mas não são fluentes, exceto **P3**, que entende o funcionamento, mas não sabe identificar os caracteres. **P3**, de forma isolada, é o participante que cursou ED há mais tempo, em 2012.2, aproximadamente 12 anos antes da aplicação do teste. Os demais cursaram a disciplina no máximo 2 anos antes.

7.1.1.2 Procedimentos do teste com o Aluno Avaliador

Os Alunos Avaliadores foram convidados para o teste por contato via What'sApp. A maioria participou da pesquisa como Aluno Consultor, exceto um, cujo contato foi encontrado em um grupo de What'sApp dos alunos com deficiência da UFC, do qual o pesquisador também faz parte.

Marcou-se um horário com cada um deles, ressaltando a duração de cerca de 120 minutos para o teste. Foram escolhidos ambientes de aula ou estudo individual disponíveis nos horários de cada teste.

O pesquisador apresentou o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) com antecedência, no formato de áudio, e tirou as dúvidas sobre a pesquisa e o teste. Seguiu-se o roteiro de teste (APÊNDICE D), contendo cinco atividades, as quais foram adaptadas das duas sequências didáticas (APÊNDICE G e APÊNDICE H).

A primeira atividade foi sobre a apresentação do material tátil, a segunda trabalha a estrutura de dados Pilha, a terceira aborda conceitos de Árvore Binária, a quarta exercita três algoritmos para essa mesma estrutura e a quinta atividade testa a pintura de nós vermelhos ou pretos em uma Árvore Rubro-Negra.

O material tátil foi posicionado à mesa, com as 5 caixas organizadoras dentro de uma caixa de papelão. Três caixas organizadoras estavam preenchidas com os números de 11 a 27 de forma organizada, e duas estavam vazias, com os números de 0 a 10 soltos na embalagem. Como os números 14 e 19 estavam ausentes, os seus respectivos espaços nas caixas organizadoras estavam vazios. Aproveitou-se essa configuração para o participante trabalhar o posicionamento dos números que ele tinha que ordenar nas caixas, já que ele iria retirar e guardar números várias vezes nesses recipientes. Tudo isso foi explicado inicialmente na primeira atividade.

O pesquisador mediou todo o processo, orientando as ações dos participantes de forma oral. Em alguns momentos foi preciso analisar, com o tato, o material para verificar se os participantes estavam executando as atividades de maneira correta. Como o foco era o uso do material tátil, não se avaliou o conhecimento de ED. Assim, os participantes foram lembrados ou instruídos sobre o conteúdo abordado no teste, sempre que tinham alguma dúvida.

Ao final das atividades, o formulário de pós-teste (APÊNDICE E) foi aplicado, para captar as impressões dos Alunos Avaliadores sobre a satisfação com o material, e se os requisitos levantados nesta pesquisa foram atendidos do ponto de vista deles.

Todos os testes foram filmados para que os dados fossem analisados posteriormente pelo pesquisador e demais envolvidos na pesquisa, mas com o sigilo dos participantes mantido, e com o descarte das gravações após a conclusão da pesquisa.

7.1.1.3 Resultados do Teste do Material Tátil

A Tabela 1 apresenta o tempo aproximado dedicado às ações ou atividades durante os testes.

Tabela 1 – Tempo dedicado pelos participantes às atividades do teste, em minutos

Atividade	P1	P2	P3	P4
Tempo total do teste:	106min	108min	71min	106min
Guardar peças 0 a 10:	8min	3min	3min	7min
Preparo do ambiente:	18min	14min	16min	22min
Atividade Pilha	15min	18min	11min	22min
Montar Árvore Binária:	7min	5min	6min	7min
Conceitos Árvore Binária:	18min	16/23min	6min	17min
Algoritmo Inserção:	12min	8min	4min	12min
Algoritmo Remoção:	5min	3min	4min	5min
Algoritmo Pré-Ordem:	5min	3min	2min	6min
Rubro-Negra:	4min	5min	2min	3min

Fonte: Elaborada pelo autor a partir de tabelas no Microsoft Excel.

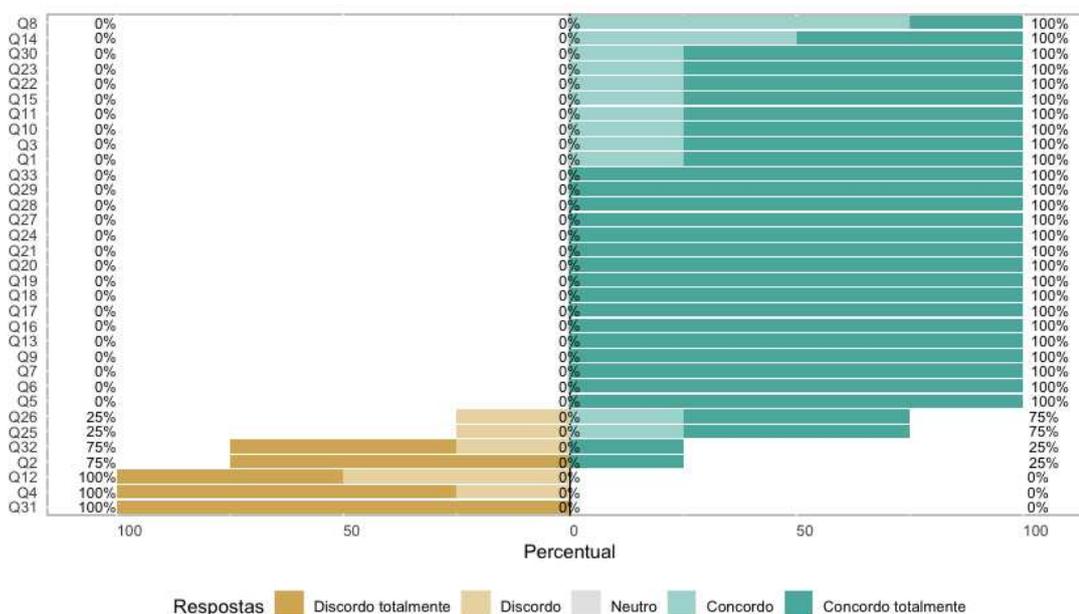
Os testes duraram de 71 a 108 minutos. Esse tempo engloba as explicações do pesquisador sobre o conteúdo e uso do material, e eventuais intervenções, como a correção de alguma resolução incorreta da atividade.

Durante a atividade sobre conceitos de Árvore Binária, **P2** esbarrou com o braço em uma caixa organizadora, derrubando-a no chão. Portanto, o tempo dedicado exclusivamente à resolução da atividade proposta durou 16 minutos — mas, contando com o tempo para reunir os números caídos no chão, a duração se estende para 23 minutos. Essa intercorrência acrescentou uma nova orientação no guia de uso do material, informando que as caixas organizadoras não devem ser posicionadas próximas ao usuário na superfície de apoio.

A Tabela 1 também lista as atividades organizadas na ordem de execução durante os testes. Percebe-se que, mesmo com o aumento da complexidade das atividades, o tempo dedicado às primeiras tende a ser maior do que às últimas. Observou-se que a familiarização com o material pode ter propiciado esse aumento na agilidade da resolução das atividades propostas, além de uma melhor assimilação dos caracteres em braile, cuja leitura foi sendo priorizada aos poucos, mesmo que parcialmente, para auxiliar no reconhecimento dos números

de forma mais ágil. Somente **P3** abdicou do braile e usou o resquício visual para tentar identificar as peças, mesmo tendo dificuldade com os componentes sem contraste.

Gráfico 11 – Respostas do questionário com Alunos Avaliadores



Fonte: Elaborado por colaboradores do autor.

O questionário Pós-Teste (APÊNDICE E) tem 33 questões de múltipla escolha, com as alternativas: 1- Discordo Totalmente, 2- Discordo Parcialmente, 3- Neutro/Não se aplica, 4- Concordo Parcialmente e 5- Concordo Totalmente, cujas respostas estão resumidas no Gráfico 11, com a representação visual da escala de Likert. Elas são divididas em categorias referentes aos requisitos do artefato como mostrado no Quadro 12:

Quadro 12 – Categorização das questões do formulário pós-teste

Categoria	Questões
Autonomia de uso e design do material educacional	1 a 6
Estabilidade física do material e Facilidade de Manuseio	7 a 12
Facilidade de compreensão	13 a 17
Adequação ao conteúdo das estruturas de dados lineares	18 e 19
Adequação ao conteúdo de Árvore Binária	20 a 26
Satisfação e adoção do material	27 a 30
Minimalismo do material	31 a 33

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de tabelas no Microsoft Excel.

A categoria “Autonomia de uso e design do material educacional” traz perguntas que avaliam o potencial de autonomia que o artefato oferece ao estudante com DV, nos estudos de ED. Além disso, algumas perguntas sobre o tamanho do material, e se ele traria um sentimento de vergonha ao usuário, foram feitas, para saber se ele era considerado discreto para os avaliadores.

Todos concordam totalmente que o material é intuitivo e que aprenderam a manuseá-lo rapidamente. Apenas **P2** concordou totalmente que sentiria vergonha de usar o

material em sala de aula, enquanto os demais discordaram totalmente. Isso pode indicar que P2 ainda está se adaptando ao uso de ferramentas assistivas. Um material com um tamanho mais discreto poderia reduzir esse sentimento, mas não garante que seria superado. As demais questões tiveram concordâncias totais quase unânimes, somente com uma resposta de “Concordo Parcialmente” em cada uma. Os resultados foram altamente positivos, confirmando que o design do material foi considerado adequado e discreto para os avaliadores, além de proporcionar autonomia no estudo de ED aos seus usuários.

Seguindo para a categoria “Estabilidade física do material e Facilidade de Manuseio”, pode-se identificar as questões que tratam diretamente dos dois primeiros critérios, homônimos, do material tátil. Elas tratam sobre a firmeza e estabilidade do material em uma superfície e durante o manuseio, e sobre a agilidade de uso, aliada à facilidade de compreensão do que está sendo representado no material.

Houve concordância total e unânime sobre a estabilidade da base de 8 folhas na superfície de apoio (mesa), entretanto, apesar de todas as respostas serem positivas, **P1**, **P2** e **P4** concordaram parcialmente sobre a firmeza das peças numéricas encaixadas na base, quando são tateadas. Essas respostas são coerentes com o que se observou durante os testes, pois, em alguns momentos, as peças numéricas se soltavam levemente da base, quando eram tateadas com mais velocidade. Apesar de ocorrer algumas vezes, não chegava a atrasar as atividades, e os próprios avaliadores conseguiam corrigir o encaixe por conta própria. Isso deve justificar a concordância parcial, em vez de uma discordância. Pode-se inferir, então, que o encaixe pode ser melhorado, mas o estado atual ainda é satisfatório.

Todos concordam totalmente sobre a facilidade de mover as peças numéricas entre os encaixes. Isso é muito positivo, visto que a execução de algoritmos exige muito esse tipo de manipulação no material. As outras questões tiveram respostas positivas com total concordância, e somente uma concordância parcial. E na questão sobre dificuldade de guardar os números nas caixas organizadoras, houve somente respostas positivas, com duas parciais. Isso pode ser justificado pela dificuldade de compreender a sugestão do guia de uso, que pede que os números sejam guardados de 5 em 5 nas caixas, para facilitar uma futura busca. Nas primeiras atividades, os participantes demonstravam um pouco de dificuldade com a ação de guardar as peças, mas, conforme iam avançando, essa prática se tornou mais simples.

Com todas as respostas positivas, pode-se considerar que os dois requisitos foram atendidos de forma muito satisfatória.

A terceira categoria de perguntas se refere ao requisito “Facilidade de compreensão”. Com resultados muito positivos, três questões tiveram unanimidade em

concordância total. Dentre elas, a questão 17 pergunta sobre a característica de permitir a comunicação entre o aluno com DV, professor e demais colegas de turma, usando o material tátil, esse requisito é essencial, pois representa diretamente uma perspectiva de educação inclusiva, integrando a PCD em uma sala de aula com os demais alunos sem deficiência.

A questão 14, sobre a facilidade de identificar os números, teve duas concordâncias parciais, de **P2** e **P3**. Ambos justificaram, durante o teste, que a falta de contraste em algumas peças numéricas dificultou essa identificação, especialmente para **P3**, que não estava tentando identificar os números pelo braile. Essa compreensão pode melhorar com a pintura dos números de forma contrastada com o plano de fundo.

A quarta e a quinta categoria, “Adequação ao conteúdo de Pilha/Árvore Binária”, trazem questões sobre a compatibilidade do material com o conteúdo de Pilha e Árvore Binária, respectivamente. Elas estão ligadas diretamente ao requisito “Compatibilidade com Estrutura de Dados”, do material tátil.

De forma positiva, houve concordância total de todos os participantes, nas duas questões sobre a estrutura de dados Pilha. Seguindo pelo mesmo caminho, três questões sobre Árvore Binária, também tiveram unanimidade em concordâncias totais. As questões 20, 21 e 24 tratam sobre o desenho ou montagem da representação gráfica da estrutura, a identificação de seus conceitos e a compreensão do formato e funcionamento da estrutura. Esse resultado é um dos mais importantes e positivos desta pesquisa, visto que a Árvore Binária é a principal estrutura a ser representada pelo material tátil, e a efetividade na compreensão da estrutura a partir de sua representação gráfica, de forma tátil, torna equânime o estudo desse conteúdo entre alunos com e sem DV.

As questões sobre a execução dos algoritmos de inserção, remoção e pré-ordem também foram positivas, com apenas uma concordância parcial de **P2**, também justificada pelo contraste insuficiente em algumas peças numéricas e nas ligações entre os nós. Apenas nas duas questões sobre a “pintura” dos nós vermelhos ou pretos houve mais divergências, com duas concordâncias totais positivas, uma parcial e uma discordância parcial. Esse resultado pode indicar que a função de rotação de uma peça numérica, para representar nós com cor vermelha, pode ser mais bem trabalhada.

A sexta categoria, “Satisfação e adoção do material”, é essencial para esta pesquisa, visto que uma das diretrizes da Design Science é que o artefato desenvolvido deve ser uma solução satisfatória para o problema da pesquisa. Além disso, os afetados pelo problema estudado devem adotar o seu uso.

Três das quatro questões desse grupo têm respostas positivas dos quatro participantes, os quais concordam totalmente sobre a efetividade do material em propiciar a compreensão da representação gráfica das estruturas de dados; além da possibilidade de utilizá-lo para estudos em sala de aula e em casa. Somente **P2** concordou parcialmente em usar o material em provas na disciplina. Mesmo assim, sua resposta indica que ele considera o uso do material para tal. Os demais participantes concordaram totalmente nessa questão.

Não há dúvidas de que o material tátil demonstrou ser satisfatório, de acordo com os 4 Alunos Avaliadores. Os comentários feitos durante as gravações e na última questão, apresentados um pouco mais adiante, corroboram com esse resultado. Não houve nenhuma resposta negativa nas questões desta categoria, indicando que o material tem um bom potencial de adoção pelo público-alvo.

A sétima e última categoria, com três perguntas, se chama “Minimalismo do material”. Ela está ligada ao requisito do material tátil chamado “Minimalismo”, e as questões tentam identificar se o artefato possui componentes além do necessário, ou se precisam de mais componentes ou funções para atender às necessidades de estudo do conteúdo da disciplina.

De forma positiva, todos discordam totalmente sobre o material possuir componentes que atrapalhem a experiência. Entretanto, quando perguntados sobre a necessidade de mais componentes ou funcionalidades, houve divergências nas respostas. **P1** e **P4** discordam totalmente dessa necessidade. Entretanto, **P2** concorda totalmente e **P3** discorda parcialmente. Ambos justificaram a resposta devido à ausência de contraste em alguns números e nas ligações entre os nós. Para **P2**, essa característica é essencial, e para **P3** seria algo que melhoraria ainda mais o material tátil. Essa característica pode ser adicionada facilmente ao material, sem atrapalhar nenhuma outra função, bastando pintar os números e as ligações com cores que contrastam com seus respectivos planos de fundo. Apesar de aumentar um pouco a complexidade de replicação do material, visto que a pintura geralmente é manual, o ganho em outros requisitos e na satisfação é bem maior.

Uma pergunta sobre a possibilidade de fotografar o material com a estrutura montada foi feita, e houve unanimidade em concordância total nas respostas. Isso pode indicar que não há tanta necessidade de uma solução para efetuar o registro visual do material para apresentar ao professor, quando se executar um algoritmo, por exemplo. Entretanto, não se pode afirmar com certeza, pois o registro fotográfico não foi testado.

Por fim, a questão 34 pediu críticas, sugestões ou observações sobre o material tátil, a experiência do teste ou a pesquisa como um todo. As respostas estão no Quadro 13 a seguir:

Quadro 13 – Respostas da questão 34

P1	Achei muito útil, me ajudou muito na compreensão. Acho incrível ver outra pessoa com deficiência visual se esforçando tanto para melhorar a vida dos futuros estudantes na mesma condição. É uma inspiração para mim. Sobre o material, achei bastante eficiente. A única dica é realmente que o número em braile esteja superior ao número em tinta na peça numérica.
P2	Mais contraste nos números e ligações, números maiores e com contraste. Garantir contraste entre mesa e tabuleiro. Caixas organizadoras muito apertadas para os números. lembrar de dar dica de colocar as caixas organizadoras acima do tabuleiro, para não derrubar.
P3	Possibilidade para trabalhar com árvore “N-Ária”. Nós-folha poderiam ficar diferentes dos demais. o material é excelente, tendo em vista sua fácil ampliação e diminuição para trabalhar diferentes conceitos (podendo desmontar e imprimir peças adicionais)

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de tabelas do Microsoft Excel.

Percebe-se que **P2** tem muitas considerações sobre a necessidade de contraste nos componentes do material. A ocorrência com a caixa derrubada no chão ajudou a melhorar o guia de uso com a adição de uma nova orientação. **P1** sugeriu a inversão da posição entre o número escrito em tinta e em braile, para que ele fique exposto ao tato quando guardado nas caixas organizadoras, e possa ser tateado sem precisar remover a peça toda. **P3** ressaltou a flexibilidade do material, especialmente pela possibilidade da impressão individual de algumas partes da base, e apresentou sugestões que ampliam o escopo de estruturas que podem ser trabalhadas. **P4** não teve sugestões.

7.1.2 Avaliação com os Professores Avaliadores

O sujeito Professor Avaliador testou o guia de uso do material tátil (APÊNDICE F) e as duas sequências didáticas (APÊNDICE G e APÊNDICE H). Apresentou-se a eles a Versão 4 do material tátil, especificada na seção 6.3.

7.1.2.1 Perfil dos Participantes

Foram contatados 8 professores de ED, entretanto, apenas 7 responderam ao convite para o teste. Desses, um não pôde participar por problemas de saúde e o outro, apesar de ter aceitado o convite, não conseguiu participar do teste em tempo hábil, por incompatibilidade nos horários dele e do pesquisador.

O teste foi executado com sucesso com 5 docentes, cujos perfis estão apresentados no Quadro 14, a seguir:

Quadro 14 – Perfil dos Professores Avaliadores

ID	IES	Anos de Docência	Experiência com ensino de alunos com DV
D1	UFC	1	Nenhuma
D2	UFC	18	Nenhuma
D3	UFC	20	Sim, apenas em uma turma
D4	UFC	13	Sim, apenas em uma turma
D5	IFCE	14	Sim, apenas em uma turma

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de tabelas do Microsoft Excel.

Para preservar a identidade dos docentes, os seguintes códigos foram utilizados: D1, D2, D3, D4 e D5. Os cursos não foram vinculados diretamente a cada um para reduzir qualquer possibilidade de identificação. Dois professores são do curso de Sistemas e Mídias Digitais e os demais são de Ciência da Computação.

Sobre a experiência no magistério, apenas **D1** tem somente 1 ano, os demais já ensinam há mais de uma década, com destaque para **D2** e **D3**, que são os mais experientes com 18 e 20 anos de ministração em sala de aula.

Somente três participantes tiveram experiência no ensino de alunos com DV. **D3** e **D4** apenas em uma turma, e **D5** em mais de uma. **D1** não teve essa experiência, e **D2**, mesmo com 18 anos de docência, também não.

7.1.2.2 Procedimentos do teste com o Professor Avaliador

Os Professores Avaliadores foram convidados para o teste por e-mail ou What'sApp. Os contatos foram fornecidos pelas secretarias ou coordenações dos cursos nos quais ministravam a disciplina de ED. O convite continha uma breve apresentação da pesquisa, e solicitava uma reunião presencial com duração de cerca de 40 minutos. Todas as reuniões ocorreram nos gabinetes de cada docente, e se explicou o que ocorreria no teste, apresentou-se o respectivo TCLE, e após a concordância, iniciou-se a condução das ações.

Foi explicado que o produto educacional é composto pelo material tátil, o guia de uso (APÊNDICE F) e as duas sequências didáticas, S1 (APÊNDICE G) e S2 (APÊNDICE H). O guia foi apresentado impresso em papel, e o docente teve que lê-lo e interagir com o material, seguindo as explicações do documento.

Em seguida, as sequências didáticas foram apresentadas, também impressas em papel. Primeiramente S1 e depois S2. O professor tinha liberdade de ler o documento e ir interagindo com o material, caso quisesse. A sequência S2 contém mais orientações sobre adaptações na metodologia do professor, e isso foi ressaltado quando ela foi apresentada. As

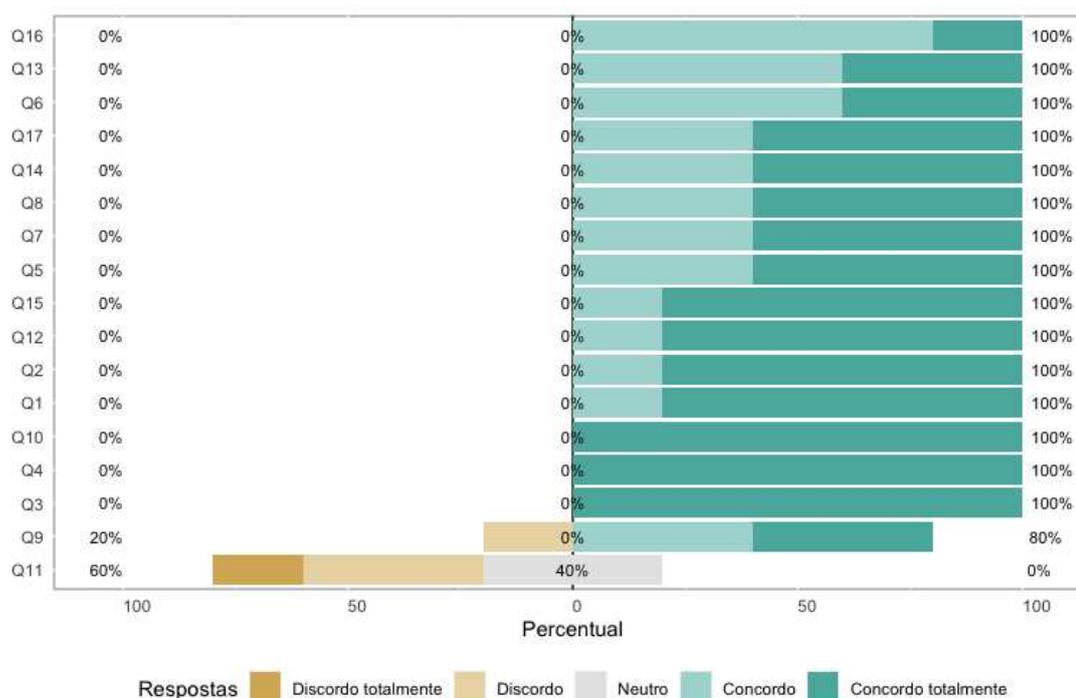
dúvidas sobre o material poderiam ser sanadas a qualquer momento da experiência, tanto sobre as sequências, quanto sobre o material tátil.

Ao fim da apreciação, foi solicitado que o questionário do professor avaliador (APÊNDICE C) fosse respondido. Nele, os respondentes deixaram suas impressões sobre todos os materiais apresentados, a aplicação, compatibilidade e eficiência que teria na disciplina de ED.

7.1.2.3 Resultado do Teste com o Guia e as Sequências Didáticas

Pode-se adiantar que todos os avaliadores elogiaram a pesquisa e o artefato completo (Material tátil, Guia e Sequências Didáticas). Após a apreciação do material tátil e análise dos documentos apresentados, eles responderam ao questionário, contendo 17 questões de múltipla escolha, com as alternativas: 1- Discordo Totalmente, 2- Discordo Parcialmente, 3- Neutro/Não se aplica, 4- Concordo Parcialmente e 5- Concordo Totalmente. O Gráfico 12 resume as respostas para as 17 questões, em uma representação visual da escala de Likert:

Gráfico 12 – Respostas do questionário com Professores Avaliadores



Fonte: Elaborado por colaboradores do autor.

As questões foram elaboradas considerando dos requisitos do artefato que dependem da participação do professor, ou da realidade da instituição na qual atua. O Quadro 15 mostra esses requisitos:

Quadro 15 – Requisitos do artefato dependentes da atuação do professor

R1	O artefato precisa apoiar o professor no ensino de alunos com deficiência visual, demandando o mínimo de mudanças de conduta possível
R2	O artefato precisa permitir a comunicação sobre o tema estudado entre o aluno com deficiência visual, o professor e seus colegas
R3	O artefato precisa ser facilmente reproduzido pelas IES
R4	O artefato deve permitir o estudo acessível do conteúdo de Árvore Binária, e o máximo de outras estruturas de dados possível

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de tabelas no Microsoft Excel.

Acerca do requisito **R1**, temos que as questões 1, 2 e 15 possuem 4 concordâncias totais e uma parcial, demonstrando uma inclinação muito positiva sobre a qualidade e clareza no guia e nas sequências, e sobre a viabilidade de aplicação das sequências didáticas em suas aulas. A questão 15 teve um quantitativo igual nas respostas, mostrando que, na necessidade de adaptação das atividades propostas, como a limitação no universo de números utilizados, os professores não teriam dificuldades.

Enfim, a questão 10 foi unânime em concordâncias totais, sobre a consideração do material como uma boa solução para inclusão de alunos com DV na disciplina de ED. Esse resultado é muito positivo, uma vez que atende a uma das principais diretrizes da Design Science, que é a satisfatoriedade do artefato.

As questões 5, 7 e 8 receberam 3 concordâncias totais e 2 parciais. Elas abordam a possibilidade de uso do material para resolução de provas pelo aluno com DV, a necessidade das sequências didáticas para adaptação das aulas e se elas são suficientes para isso. Como o resultado foi bem positivo, entende-se que o material pode facilitar o processo de adaptação das atividades da disciplina nas provas e na elaboração das aulas, pelo menos na maioria das vezes.

A questão 6 pergunta sobre a necessidade do registro fotográfico do material tátil pelos alunos com DV, quando executam os passos de algum algoritmo. Com 3 concordâncias parciais e 2 totais, percebe-se que esse registro é esperado, ou que, pelo menos, a verificação das atividades pode ser feita de outra forma. Infelizmente, a ação de fotografar o material não foi testada com os Alunos Avaliadores, mas todos responderam positivamente sobre a viabilidade de executarem essa ação. Os professores podem precisar do registro de cada alteração no material para conseguir avaliar se o discente está executando os passos do algoritmo corretamente.

Com respostas um pouco destoantes das demais, a questão 9 pergunta sobre a dificuldade de adaptar as aulas sem o apoio do artefato. Houve 2 concordâncias totais e 2 parciais, além de 1 discordância parcial. O resultado ainda indica uma percepção do material educacional proposto como única solução conhecida, mas podemos analisar a discordância de **D2** como uma intenção de se incluir mesmo sem esse amparo, uma vez que não teve nenhuma experiência no ensino de alunos com DV, e talvez desconheça as dificuldades na prática, mesmo tendo muitos anos de magistério.

Quanto ao requisito **R2**, as questões 2 e 3 tiveram unanimidade em concordâncias totais. Elas questionam sobre a facilidade de compreensão das estruturas formadas no material tátil, e sobre a possibilidade de comunicação entre pessoas com e sem DV nas atividades desenvolvidas nele. Esse resultado é muito importante, pois demonstra o potencial integrativo, característico da educação na perspectiva inclusiva, que o artefato proporciona entre o professor e os alunos com e sem DV.

A questão 12 foi feita por causa do requisito **R3**. Ela pergunta sobre a viabilidade da impressão do material tátil 3D na IES do Professor Avaliador. Com 4 concordâncias totais, apenas **D1** concordou parcialmente. Mesmo sendo positivo, pode-se inferir que há dúvidas sobre essa viabilidade por ainda ter apenas 1 ano de experiência no magistério, e talvez não conhecer sobre os recursos ou serviços da instituição para esse fim. Essa consideração se fortalece ao verificar que há concordância total de **D2**, **D3** e **D4**, os quais são docentes da mesma instituição.

Apesar de não atingir um grau tão alto de concordâncias totais como os demais requisitos, **R4** também foi atendido pelo artefato, na opinião dos Professores Avaliadores. A questão 16 teve apenas 1 concordância total e 4 parciais. Ela trata sobre o potencial do material tátil de trabalhar todas as estruturas lineares estudadas na disciplina de ED. A questão 16 pergunta o mesmo sobre a estrutura Árvore Binária. Esta teve 3 concordâncias totais e 2 parciais. Analisando esse resultado, pode-se inferir que o material tátil é muito mais claro na estrutura que ele prioriza, que é a Árvore Binária, especialmente pela forma do próprio material, deixando as estruturas lineares em segundo plano, apenas com sugestões para aproveitar áreas da base para trabalhá-las, sem disponibilizar uma peça exclusiva para isso. Provavelmente por motivos semelhantes, a questão 13, que fala sobre o material permitir trabalhar a maioria das estruturas, teve 2 concordâncias totais e 3 parciais.

A questão 14, sobre a suficiência do tamanho do material tátil, teve 3 concordâncias totais e 2 parciais. O resultado é positivo, e alguns respondentes podem sentir falta de peças

focadas em um tipo específico de estrutura, para que possam ser trabalhadas sem tantas adaptações ou abstrações dentro do material já existente.

A questão 11 pergunta sobre a existência de opções melhores para adaptar o conteúdo de ED. **D3** e **D4** responderam “Neutro ou não se aplica”. Isso pode ser entendido por eles não conhecerem alternativas, e por não haver, conseqüentemente, como comparar. Entretanto, essas respostas reforçam a relevância do problema estudado nesta pesquisa, visto que são professores com 20 e 13 anos de docência, respectivamente, e, mesmo com essa experiência, não possuem conhecimento sobre soluções nesse sentido. Corroborando com esse entendimento, temos **D5**, com 14 anos de magistério, e com mais experiência no ensino de estudantes com DV dentre os respondentes, discordando totalmente. **D1** e **D2** discordaram parcialmente, sendo aquele com 1 ano de experiência e este com 18 anos.

Por fim, o Quadro 16, a seguir, mostra as respostas da questão 18, que é subjetiva, perguntando sobre as impressões, críticas ou sugestões sobre o artefato como um todo:

Quadro 16 – Respostas da questão 18

R1	ADOREI O TRABALHO
R2	Para listas lineares, talvez pensar no manejo de ponteiros físicos para criar listas simplesmente encadeadas e duplamente encadeadas.
R3	O material tátil e as sequências didáticas são muito bem planejados e de boa qualidade. Eles são excelentes para introduzir os aspectos concretos das estruturas de dados para estudantes com deficiência visual. A minha única dúvida se refere ao uso do material quando o raciocínio sobre os algoritmos se afasta dos casos concretos particulares. Por exemplo, um algoritmo que realiza a inserção em uma lista ordenada ou em uma árvore binária de busca deve funcionar em todos os casos (independentemente do tamanho ou dos elementos da estrutura de dados). Nesse tipo de situação, é comum se recorrer a representações mais abstratas da lista ou da árvore (e.g., um retângulo ou um triângulo). Nesse momento, já não é claro para mim se o aprendizado pode continuar se apoiando ainda no material tátil que foi apresentado. Mas, talvez, seja possível construir alguma alternativa tátil para as representações abstratas também. Isso seria uma coisa interessante.
R4	O material tátil está muito bom, ao menos para mim que sou vidente. Acho interessante que haja um documento descrevendo possibilidades de problemas que podem ser enfrentados pelo professor ao utilizar o material com uma pessoa com deficiência visual, em particular, indicar problemas para diferentes níveis de deficiência. Isso pode acompanhar toda sequência didática disponibilizada. Uma outra sugestão seria um espaço digital para compartilhar a experiência de docentes e estudantes com o uso do material.
R5	Sugiro utilizar a parte de trás do material como também opções de encaixe para tratar mais assuntos com o mesmo material. Sugiro criar estruturas que sejam mais táteis para as estruturas lineares.

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de tabelas no Microsoft Excel.

Pode-se perceber que, apesar das dúvidas ou sugestões de incremento do material, todos os respondentes ficaram satisfeitos com o que lhes foi apresentado.

Destacam-se as sugestões para peças focadas no trabalho com estruturas lineares, sejam de forma separada, seja aproveitando o verso da base de 8 folhas, como sugerido por **D5**. Sobre o material de orientação, **D4** pede por mais dicas sobre problemas que possam ocorrer durante a aula com os discentes com DV. O que pode refletir uma necessidade de capacitação ou conhecimento sobre o trato com esse público especificamente. Apesar do artefato apoiar

professores na condução de aulas com pessoas com DV, o objetivo dele não é capacitar o docente para lidar com eles nas aulas.

D3 demonstra uma necessidade bem específica que vai além da classe de problemas a qual pertence o artefato da pesquisa. Ele questiona o uso do material para trabalhar a abstração das estruturas, sem se vincular a um tamanho finito, visto que ela pode se estender infinitamente. Entretanto, o artefato busca resolver um problema sobre a inclusão de alunos com DV no estudo de ED, quando se utilizam as representações gráficas das estruturas. Acredita-se que o que for além da parte gráfica, já se enquadra em outras classes de problemas diferentes desta.

7.2 Etapa 9: explicitação das aprendizagens

No caso da obtenção de resultados satisfatórios na etapa de avaliação, é essencial que os aprendizados durante a pesquisa sejam explicitados. Destacar os pontos de erro e acerto é importante para que o conhecimento gerado seja aproveitado, de forma prática ou teórica, em pesquisas posteriores.

Os resultados dos testes foram muito positivos. No geral, as considerações dos Alunos Avaliadores e dos Professores Avaliadores indicaram que o artefato, como um todo, é satisfatório e que o problema da pesquisa, além de relevante, pode ser resolvido com ele.

Se percebe isso na grande maioria de respostas positivas, e nas considerações de melhoria do material, que, muitas vezes, abordavam situações ergonômicas, como o ajuste do tamanho de uma peça numérica, provocando um encaixe mais apertado na caixa organizadora, ou dificuldades inerentes ao pouco conhecimento de braile, por exemplo.

No caso dos professores, as maiores pendências ficaram por parte da necessidade de peças exclusivas para se trabalhar as estruturas lineares. Entretanto, essa pendência ficou como um desejo, e não como falha do material, visto que todos responderam de forma positiva as questões sobre esse tema.

Realmente, a tecnologia de impressão 3D tem um grande potencial no desenvolvimento de materiais educacionais acessíveis para pessoas com DV. O uso de estruturas com relevo, e o uso da escrita braile, ajudam bastante na implementação de soluções para problemas específicos como o desta pesquisa.

Até mesmo para um pesquisador com deficiência visual, a impressão das peças, mesmo que em partes, possibilita a verificação pelo tato para validação do trabalho desenvolvido. Por isso é importante o acompanhamento frequente das modelagens e impressões das peças. A comunicação com os responsáveis pela modelagem e operação das impressoras 3D é essencial para compreender mais sobre o assunto, como os tipos de materiais para impressão, modelos de impressoras, custo e economia de material, tempo para impressão etc. Tudo isso é importante, pois essas características podem afetar diretamente os requisitos do artefato.

Todos os requisitos levantados para o artefato foram atendidos de forma satisfatória. Isso vale para o material tátil, para o guia e as sequências didáticas. A execução dos testes permitiu o cumprimento do OE4: Avaliar o material educacional tátil e as sequências didáticas com os estudantes com deficiência visual e os professores de ED, respectivamente.

Os testes permitiram identificar alguns pontos de melhoria para o artefato. O resultado com os Alunos Avaliadores demonstra que os espaços para encaixes nas bases precisam dar mais firmeza aos números, reduzindo a soltura das peças quando forem tateadas com mais frequência. A inversão da posição dos números na escrita braile e tinta, permitiria a leitura dos números em braile sem que seja preciso remover a peça toda da caixa organizadora. É essencial que haja a pintura das ligações e das escritas numéricas em alto relevo, com cores que contrastem fortemente com seus respectivos planos de fundo.

Já com os Professores Avaliadores, levantou-se outros pontos de melhoria. A inclusão de imagens para facilitar a compreensão do guia de uso do material tátil, e o aprimoramento de algumas peças para focar no estudo das estruturas lineares.

A partir das observações dos testes e das vivências do pesquisador durante toda a pesquisa, há outras propostas de aprimoramento do artefato. Pode-se adicionar a possibilidade de uma solução melhor para representação dos nós pretos e vermelhos, além, somente, da rotação das peças numéricas nas bases, pois essa função necessita de uma ampliação na largura da base, reduzindo sua discricção, além de não dar um retorno tão imediato sobre os nós rotacionados nos últimos níveis da base de 8 folhas. Os encaixes de quebra-cabeça entre as peças que compõem a base de 8 folhas e a raiz conectora não atenderam às expectativas. A melhor proposta é instruir que as peças menores sejam coladas, umas às outras, para formar a base de 8 folhas como peça única e independente. Da mesma forma para a raiz conectora. Os encaixes ficariam apenas para que essas peças sejam interligadas para formar a base de 16 folhas. Por fim, a inclusão de imagens dos componentes táteis no guia de uso do material.

Com o retorno dos avaliadores, o material, já satisfatório, poderá ficar mais aprimorado, atendendo de forma melhor às necessidades dos seus futuros usuários.

8 FASE 4: CONCLUSÃO

Este capítulo encerra a documentação dos registros desta pesquisa de mestrado. As três etapas desta fase irão explicitar os resultados obtidos, ressaltando as decisões tomadas durante toda a pesquisa, além das limitações enfrentadas.

A generalização para uma classe de problemas consiste na explanação sobre as especificações do desenvolvimento do artefato e como ele deve ser instanciado, a fim de contribuir na solução de problemas semelhantes entre si, inclusive com propostas para estudos futuros. Por fim, deve-se haver a divulgação do artefato para que a pesquisa chegue ao conhecimento de mais pesquisadores, os quais poderão utilizá-lo, aprimorá-lo ou nele se inspirar para novas soluções.

8.1 Etapa 10: conclusão explanação dos resultados

A conclusão da pesquisa deve ser formalizada com a explicitação dos resultados, as decisões tomadas durante o processo e as limitações da pesquisa.

8.1.1 Explanação dos Resultados

Esta pesquisa desenvolveu um artefato para apoiar o ensino do conteúdo de ED para estudantes com deficiência visual. Composto por um material tátil, um guia de uso e duas sequências didáticas, o artefato foi validado pelos Alunos Avaliadores e Professores Avaliadores.

Os testes demonstraram que o artefato atendeu satisfatoriamente a todos os requisitos levantados, os quais se dividem em: Requisitos do material tátil e Requisitos gerais do artefato. Os requisitos do material tátil têm os gerais como diretrizes, entretanto, foram criados para direcionar especificamente o seu desenvolvimento. O guia de uso e as sequências didáticas tiveram sua produção orientada diretamente pelos requisitos gerais, apresentados na subseção 4.1.4, lembrados no Quadro 17, a seguir:

Quadro 17 – Requisitos gerais do artefato

O artefato tem que dar autonomia para o aluno
O artefato precisa apoiar o professor no ensino de alunos com deficiência visual, demandando o mínimo de mudanças de conduta possível
O artefato tem que ser o mais discreto possível
O artefato precisa ser facilmente reproduzido pelas IES
O artefato precisa permitir a comunicação sobre o tema estudado entre o aluno com deficiência visual, o professor e seus colegas
O artefato deve permitir o estudo acessível do conteúdo de Árvore Binária, e o máximo de outras estruturas de dados possível;
O artefato deve ter um manuseio simples e uma compreensão rápida
O artefato deve permitir um manuseio ágil ao aluno com deficiência visual

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de tabelas no Microsoft Excel.

Os requisitos do material tátil, especificados na subseção 5.3.2, são: Estabilidade física do Material; Facilidade de manuseio; Facilidade de compreensão; Minimalismo; Economia e Compatibilidade com Estrutura de Dados.

Todos os objetivos, geral e específicos, apresentados no Capítulo 1, foram cumpridos. Com o resultado positivo das avaliações, especificadas no Capítulo 7, pode-se afirmar que a solução proposta é satisfatória, além de resolver um problema relevante, visto que os requisitos levantados para o artefato e os instrumentos utilizados nas avaliações foram baseados nas faces do problema, levantadas na subseção 4.1.4, lembradas no Quadro 18, a seguir:

Quadro 18 – Faces do problema da pesquisa

Falta de capacitação e orientação do professor sobre o ensino de pessoas com deficiência visual
Dificuldade de adaptação de um conteúdo eminentemente visual para alunos com deficiência visual
Desconhecimento sobre formas de proporcionar autonomia nos estudos do conteúdo abordado para alunos com deficiência visual
Como facilitar o acesso dos alunos de curso de graduação ao artefato
Como manter os processos de ensino e de aprendizagem em sala de aula equânime entre alunos com e sem deficiência visual?

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de tabelas no Microsoft Excel.

A relevância do problema é identificada a partir da experiência do próprio pesquisador, o qual se enquadraria no público-alvo da pesquisa, como apresentado no Capítulo 1, mas também nos resultados das coletas de dados, apresentados no Capítulo 4. Os resultados das avaliações reforçam ainda mais essa relevância, a partir da demonstração de satisfação dos sujeitos envolvidos nessa fase, como apresentado no Capítulo 7. Dessa forma, pode-se inferir que todas as diretrizes da Design Science foram atendidas nesta pesquisa.

8.1.2 Decisões Tomadas e Limitações na Pesquisa

Esta pesquisa buscou desenvolver uma solução para um problema que atinge pessoas com DV, com o diferencial de ser realizada por alguém que pertence ao mesmo grupo do público-alvo. Dessa forma, muitas decisões na condução e mudanças no planejamento e desenvolvimento do artefato foram tomadas a partir de pequenos testes feitos pelo próprio pesquisador. Isso foi possível pela escolha da metodologia DS, a qual enaltece o método abduutivo, que permite o uso de conhecimentos prévios e vivências do próprio pesquisador durante a execução das etapas da DSR.

A participação de uma PcD em um trabalho que busca uma solução para esse mesmo público é essencial para garantir um resultado satisfatório e de acordo com seus anseios. Assim como o lema “Nada sobre nós, sem nós”. Seja acompanhando o processo, seja sendo o responsável por ele. Isso permitiu que várias ações pudessem ser agilizadas, como os testes das versões desenvolvidas, validação das ideias propostas para modelagem das peças em formato digital tridimensional, e até na elaboração das sequências didáticas e do guia de uso do material, pensando na acessibilidade dos documentos e nas descrições das imagens.

A palavra que guiou esta pesquisa foi “autonomia”. Pensou-se em um produto que promovesse o maior nível de autonomia possível ao aluno com DV, sem inviabilizar a implementação do artefato, seja por complexidade de produção, adaptação das aulas pelo professor, satisfação no uso do material e até a sua descrição para não gerar desconforto ao usá-lo. Pensou-se em tudo que o discente e professor poderiam necessitar para trabalhar o conteúdo de ED com acessibilidade, mas também em tudo que poderia desmotivar a adesão da solução desenvolvida. Os testes foram focados em verificar se o artefato atendia aos requisitos levantados, e para captar o nível de desejo de usá-lo.

A pesquisa encontrou algumas limitações. O tempo foi um dos principais motivos para não se trabalhar alguns pontos, como o registro fotográfico das estruturas montadas na base, o teste de outras possíveis soluções para trabalhar a pintura de nós vermelhos ou pretos, bem como a realização dos testes com uma quantidade maior de Professores Avaliadores e Alunos Avaliadores, e até a produção de uma nova versão, mais aprimorada, considerando o resultado dos testes.

A demora na autorização do comitê de ética para execução das coletas de dados e dos testes, fez com que esse processo ocorresse próximo ao final do período do mestrado, e enrijecesse a agenda para marcações dos encontros presenciais e virtuais. Isso se agravou com o recesso de fim de ano, o que gerou um adiamento de mais duas semanas. Outro fator que

dificultou o agendamento com mais Alunos Avaliadores e Professores Avaliadores foi a equivalência com o período de fim de semestre letivo em algumas instituições federais, que ocorria entre janeiro e março de 2025, devido à greve ocorrida em 2024, que modificou o calendário acadêmico.

Apesar da delimitação do escopo da pesquisa, a proposta de adaptação é um processo bem complexo, principalmente devido ao foco na autonomia. Dessa forma, não se conseguiu testar a efetividade no registro fotográfico das bases, por parte do discente com DV. Esse registro foi considerado importante pelos Professores Avaliadores, apesar de não haver unanimidade nas respostas. Não se conseguiu pensar em uma solução para se fazer esse registro de forma prática e ágil, e não se verificou se o uso de um celular pelo próprio aluno seria satisfatório.

Uma última limitação foi encontrar algum ambiente virtual institucional adequado para disponibilizar o artefato na UFC. Apesar de existir um setor específico para implementação das políticas de acessibilidade, ficou ambíguo onde essa solução poderia ficar disponível para ser encontrada por estudantes e professores que necessitem utilizá-la. A biblioteca, apesar de abrigar a dissertação, não possui uma área para publicar produtos digitais desenvolvidos nas pesquisas.

8.2 Etapa 11: generalização para uma classe de problemas

Após a conclusão da pesquisa, é importante que o artefato construído, junto de suas especificações de desenvolvimento e regras para instanciação, seja generalizado para uma Classe de Problemas. Essa generalização permite que a solução seja utilizada para solucionar problemas semelhantes em outras pesquisas, dando continuidade à DS.

O guia de uso do material tátil, além de apresentar o material e como utilizá-lo, também traz dicas com boas práticas de uso para os usuários. As sequências didáticas orientam os professores em algumas atividades, facilitando a inspiração de novas ideias de uso do material em outros momentos da disciplina. Por fim, os modelos tridimensionais das peças que compõem o material tátil estão disponíveis, e podem ser acessados no link indicado na seção 8.3. Um técnico operador de uma impressora 3D poderá imprimir as peças, e deixar os componentes necessários prontos para o uso dos alunos com DV ou professores de ED.

A bases de 8 folhas é composta por 5 peças menores, as quais precisam ser coladas com uma supercola ou similar, da mesma forma, a Raiz conectora, que é formada por 3 peças.

As áreas em alto relevo, como as ligações entre os espaços para encaixe das peças numéricas, e os números escritos em tinta e braile, devem ser pintados com uma tinta que contraste fortemente com seus planos de fundo.

Um conjunto básico é formado por 2 bases de 8 folhas, 1 raiz conectora, 6 caixas organizadoras, e as peças numéricas de 1 a 30. Ele pode ser reduzido ou ampliado, a depender da necessidade do professor ou aluno. Algumas peças menores podem ser impressas separadamente para atender a necessidades específicas, como os componentes que formam o último nível das bases de 8 folhas, os quais podem facilitar o estudo de estruturas lineares de forma isolada, como vetores, filas, listas etc.

O artefato composto pelo conjunto proposto anteriormente ajuda em atividades que envolvem algumas estruturas de dados lineares, árvores binárias que possam ser trabalhadas até 5 níveis ou 16 folhas no máximo. Além disso, permite que a representação gráfica dessas estruturas possa ser compreendida por pessoas com deficiência visual.

Dessa forma, infere-se que os problemas resolvidos por esta solução vão além da dificuldade de adaptação do conteúdo de ED para alunos com DV. Situações semelhantes que podem ser resolvidas com o uso de impressão 3D, uso de sequências didáticas, ou que podem reaproveitar os modelos deste artefato, dentro do estudo de Computação, como grafos, análise de algoritmos e até diagramas de bancos de dados ou UML, podem se inspirar nesta pesquisa para propor novas soluções.

Tem-se que a classe de problemas específica desta pesquisa é: “Ensino do Conteúdo de ED para alunos com deficiência Visual”. A generalização da classe de problemas que podem usufruir do artefato desenvolvido, e que se enquadra no que foi citado no parágrafo anterior continua sendo: “Adaptação de conteúdos visuais no ensino de computação para alunos com deficiência visual”.

Como proposta para futuras pesquisas, pode-se testar a eficiência do registro fotográfico pelos alunos ao executarem alguns passos dos algoritmos, para que o professor possa corrigir a resolução de uma questão de prova, por exemplo. Também pode se pensar em soluções que permitam trabalhar árvores “N-árias”, bem como o uso de estruturas mecânicas para construir as peças numéricas, como células braile. Por fim, será importante avaliar o uso do artefato em um cenário real, em uma turma da disciplina de ED que receba um aluno com DV.

8.3 Etapa 12: comunicação dos resultados

Finalmente, é muito importante que os resultados sejam comunicados, através de publicações em periódicos, seminários, congressos, dissertações de mestrado ou teses de doutorado, por exemplo. Isso permite que mais pessoas interessadas na temática tenham acesso à pesquisa, seja na academia ou nas organizações e demais setores da sociedade.

A redação desta dissertação, sua apresentação e defesa a uma banca de mestrado já é parte de uma divulgação do trabalho realizado e do artefato desenvolvido para pesquisadores na área da Educação, Computação, Estrutura de Dados e inclusão de PcD. Além disso, as participações dos sujeitos da pesquisa também podem ser consideradas como divulgações, uma vez que todos tem o conhecimento do escopo da pesquisa e dos objetivos, além de fazerem parte dos envolvidos na classe de problemas mais geral, pelo menos.

Publicou-se o artigo de trabalho em andamento, “Material tátil impresso em 3D para ensinar estrutura de dados às pessoas com deficiência visual”, com coautoria de Agebson Façanha, Nécio Veras e Windson Viana, nos anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE), realizado em 2024, no Rio de Janeiro/RJ, e que pode ser acessado através do link: <https://doi.org/10.5753/sbie.2024.244931>. Ele apresenta esta pesquisa e o que havia sido desenvolvido até então.

A RSL que contribuiu com esta pesquisa, intitulada “Tecnologias e metodologias para adaptação de conteúdos visuais no ensino de computação para estudantes com deficiência visual”, foi aceita para publicação como capítulo da segunda edição do livro do Programa de Pós-Graduação Profissional em Tecnologia Educacional da UFC (Bezerra *et al.*, 2024).

É importante que artigos sobre esta pesquisa sejam publicados em mais eventos e periódicos, afim de ampliar esse alcance para mais professores e estudantes interessados na busca por soluções desse tipo.

A disponibilização desse artefato, de forma apropriada e organizada pelas instituições, é importante para facilitar o acesso e até o conhecimento por parte dos interessados que fazem parte delas, como os docentes e os discentes. Afinal, se o material estiver disponível, mas com acesso dificultado, não será uma solução implementada.

Segue o link para acessar o artefato, composto pelos modelos tridimensionais, o guia de uso e as sequências didáticas: <https://github.com/allangeorge-3/BlinDS-Estrutura-de-Dados-para-Cegos>

8.4 Considerações finais

Este trabalho foi norteado pela seguinte questão: “Como apoiar o ensino de Estrutura de Dados para estudantes com deficiência visual, quando elementos visuais são utilizados como os principais recursos didáticos?”.

Um olhar de pesquisador-observador, que analisa o contexto de fora, pode desencadear inúmeras ideias para soluções práticas. Entretanto, a pessoa com DV precisa participar, nem que seja no momento da homologação da solução desenvolvida. Pode-se afirmar que, quanto maior a frequência de participação da pessoa com DV no processo, maiores são as chances de a solução ser satisfatória. Ou seja, se ela fizer parte da equipe pesquisadora, ou for a própria condutora do estudo, a possibilidade de um problema ser resolvido e a solução ser adotada alcança níveis máximos.

Esta pesquisa de mestrado encontrou uma solução, que não necessariamente é a única, mas demonstrou ser satisfatória. Um material tátil, de fácil produção e manuseio, possibilitou que alunos com DV compreendam a representação gráfica das estruturas de dados, além de permitir que eles possam manipulá-las, inclusive executando alguns algoritmos. Entretanto, o material educacional não é o suficiente. Para apoiar o ensino de ED para alunos com DV, o professor também precisa saber como utilizar o material em suas aulas, e realizar pequenas adaptações em sua metodologia para propiciar a participação do discente nas atividades de forma equânime aos demais. Então, um guia de uso e as sequências didáticas facilitam esse processo de amadurecimento e inspiração do docente, para que ele possa planejar as aulas da disciplina.

Ainda, importante notar que as soluções com inovações tecnológicas de nada valem se não existirem políticas de inclusão para fomentar seu desenvolvimento.

Muito mais do que as escolas básicas, as IES possuem uma diversidade bem maior de conteúdo. Com isso, os problemas específicos também surgem para os estudantes com DV, que, por sua vez, precisam de soluções específicas. Uma política de incentivo ao desenvolvimento de artefatos que atendam a essas necessidades passa pela participação ativa do discente com deficiência, mas também termina na divulgação dessas ações desenvolvidas.

As PcD carecem de soluções práticas para seus problemas, que são relevantes para o seu nicho de estudo. E essa alta demanda só pode ser atendida com qualidade se os próprios participarem na busca por essa solução. Essa ação precisa ser coordenada e divulgada pelas IES, além somente dos estudos teóricos.

A disponibilização de um repositório para os artefatos produzidos é essencial para que eles não fiquem esquecidos, seja para o uso imediato, seja para sua continuidade ou aprimoramentos em novas pesquisas. A DS é uma metodologia que favorece a busca por essa solução prática e satisfatória, e a DSR pode ser uma aliada para os inexperientes, uma vez que tem etapas bem definidas, facilitando a organização de um fluxo de atividades.

Nordstrom (1986) divide a história em 3 épocas, quando se fala na relação da sociedade em geral com as PcD: 1- indiferença ou segregação, 2- piedade e humanitarismo, e 3- autossuficiência e integração social.

As novas políticas de inclusão de PcD nas IES, e nos demais setores da sociedade, precisam seguir por um caminho que inicie uma nova fase da educação especial. Não basta o desenvolvimento de soluções voltadas para inclusão, ou a oferta de um ambiente para que elas sejam desenvolvidas. Uma política de inclusão de uma IES deve incentivar o desenvolvimento de artefatos voltados para solucionar problemas relevantes de seus alunos, e para isso precisa captar e compreender esses problemas.

O momento histórico atual vai além de propiciar autonomia para as PcD, é preciso que elas participem ativamente desse processo, saindo apenas da posição de “fim”, mas também como “meio” e condutoras dele. Ou seja, além da solução ser para elas, tem que ser com elas e, também, por elas.

Dessa forma, complemento a proposta de três épocas de Nordstrom (1986), propondo uma nova época: 4- Responsabilização e Protagonismo. Nesse novo momento da história, a pessoa com deficiência é responsável pela condução do processo de sua própria inclusão, ou ter sua participação como protagonista em todas as etapas principais, sem esquecer de tudo que foi construído anteriormente, até que esta nossa nova era iniciasse.

REFERÊNCIAS

ALVES, Lais Farias; ROCHA, Larissa; PEREIRA, Cláudia Pinto; MACHADO, Ivan; VIANA, Windson; ALMEIDA JUNIOR, Nailton. Estudantes com Deficiência Visual em Computação: participação, perspectivas e desafios enfrentados. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM COMPUTAÇÃO (EDUCOMP), 2., 2022, Online. **Anais [...]**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2022. p. 67-76.

ARRUDA, A. T. F. F. P.; CASTRO, E. L. de; BARRETO, R. F. de. Inclusão no ensino superior: um desafio para a docência: **Ensino em Perspectivas**, [S. l.], v. 1, n. 2, p. 1–6, 2020. Disponível em: <https://revistas.uece.br/index.php/ensinoemperspectivas/article/view/4534>. Acesso em: 14 jul. 2025.

BINE, Lailla; RUIZ, Linnyer. Mannar: um método de interpretação de imagens de autômatos aplicado às tecnologias assistivas para deficientes visuais. *In: Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação*. 2019. p. 1073.

BOMFIM, Laís Chaves; DOUNIS, Alessandra Bonorandi; PORANGABA, Márcia Izabela Mendes; SILVA, José Júnior Bezerra da. Processos de inclusão e exclusão da pessoa com deficiência visual no mercado de trabalho. **Diversitas Journal**, [S. l.], v. 6, n. 3, p. 3321–3336, 2021. Disponível em: https://diversitasjournal.com.br/diversitas_journal/article/view/1376. Acesso em: 14 jul. 2025.

PAIXÃO BORGES, P.; C. DE SEGADAS-VIANNA, C. A inclusão de estudantes com deficiência visual no Ensino Superior em cursos de exatas: um relato de caso. **Ensino da Matemática em Debate**, [S. l.], v. 7, n. 3, p. 376–402, 2020. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/index.php/emd/article/view/49550>. Acesso em: 14 jul. 2025.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República, [2016]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 15 jan. 2024.

BRASIL. **Declaração de Salamanca e linha de ação sobre necessidades educativas especiais**. Brasília: UNESCO, 1994.

BRASIL. **Decreto n. 1.428 de 12 de setembro de 1854**. Crea nesta Côrte hum Instituto denominado Imperial Instituto dos meninos cegos. Coleção de Leis do Império do Brasil - 1854, Página 295 Vol. 1 pt I Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1824-1899/decreto-1428-12-setembro-1854-508506-publicacaooriginal-1-pe.html#main-content>> Acesso em: 24 set. 2024.

BRASIL. **Decreto nº 9.522 de 08 de outubro de 2018**. Tratado de Marraqueche. Brasília, DF, 2018. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/decreto/d9522.htm. Acesso em 09 de set. 2023.

BRASIL. **Decreto nº 10.882 de 03 de dezembro de 2021**. Regulamenta o Tratado de Marraqueche. Brasília, DF, 2021. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/decreto/d10882.htm. Acesso em: 10 de set. 2023.

BRASIL. **Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996**. Estabelece as Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB). Brasília, DF, 1996. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9394.htm. Acesso em 25 de fev. 2024.

BRASIL. **Lei nº 13.146, de 06 de julho de 2015**. Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência). Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 2015.

BRASIL. **Lei 13.409, de 28 de dezembro de 2016**. Altera a Lei no 12.711, de 29 de agosto de 2012, para dispor sobre a reserva de vagas para pessoas com deficiência nos cursos técnico de nível médio e superior das instituições federais de ensino. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 2016."

CORREA, Maria Angela Monteiro. **Educação especial**, v.1 – 5ª reimp. Rio de Janeiro: Fundação CECIERJ, 2010.

MEIRA, Anna Alessandra Mattos de; OLIVEIRA, Janaína da Silva; COLMANETTI, Fernanda Pires; ARCOLEZI, Héber H.; PETTEN, Adriana Maria Valladão Novais Van. PERFIL DOS ALUNOS COM DEFICIÊNCIA INGRESSANTES NOS CURSOS DE GRADUAÇÃO EM UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR E SUA TRAJETÓRIA ACADÊMICA: UMA ANÁLISE DE DADOS. **Anais CIET:Horizonte**, São Carlos-SP, v. 6, n. 1, 2024. Disponível em: <https://ciet.ufscar.br/submissao/index.php/ciet/article/view/150..> Acesso em: 14 jul. 2025.

DOS SANTOS ANDRADE, Cristiano César; FERNANDES, Edicléa Mascarenhas. Validação de um modelo em relevo para auxiliar no processo ensino-aprendizagem de árvore em estrutura de dados para pessoas com deficiência visual. **Revista Conexão UEPG**, v. 12, n. 2, p. 240-249, 2016.

DRESCH, Aline; LACERDA, Daniel Pacheco; JUNIOR, José Antonio Valle Antunes. **Design science research: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia**. Bookman Editora, 2020.

EIKOSPENTAKI, Kalliopi *et al.* The development of knowledge about the earth and the day/night cycle in blind and sighted children using acoustical rendition of documents' visual elements. **Procedia Computer Science**, v. 65, p. 484-491, 2015.

FEITOSA, Sonia Couto Souza. **Método Paulo Freire: princípios e práticas de uma concepção popular de educação**. 1999. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999. Acesso em: 15 jul. 2025.

FREIRE, Paulo. **Ação cultural para a liberdade**. 5ª edição. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1981.

GIL, Marta (coord). **Educação inclusiva: o que o professor tem a ver com isso?** São Paulo: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo: Ashoka Brasil, 2005. Disponível em: <https://www.mprj.mp.br/documents/20184/1330165/Educacao_inclusiva_-_Rede_SACI.pdf> Acesso em 14 jul 2025.

MOREIRA GUEDES, Denyse; ANDREA CHOFARD ADAMI, Fabíola; MARIA MOLINA BARBOSA, Luciane. Lei brasileira de inclusão e o Tratado de Marraqueche: garantias de acessibilidade aos livros para as pessoas com deficiência visual. **Scientia Generalis**, [S. l.], v. 4, n. 2, p. 197–208, 2023. Disponível em: <https://scientiageneralis.com.br/index.php/SG/article/view/505>. Acesso em: 15 jul. 2025.

GUTIÉRREZA, José Antonio Taquíá. Stimulation of Numerical Skills in Children with Visual Impairments Using Image Recognition. **Procedia Computer Science**, v. 198, p. 179-184, 2022.

HADWEN-BENNETT, A.; SENTANCE, S.; MORRISON, C. Making Programming Accessible to Learners with Visual Impairments: A Literature Review. **International Journal of Computer Science Education in Schools**, [S. l.], v. 2, n. 2, p. 3–13, 2018. Disponível em: <https://www.ijcses.org/index.php/ijcses/article/view/25>. Acesso em: 15 jul. 2025.

INEP. Ministério da Educação. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Censo da Educação Superior**. Brasília, 2024.

JAFRI, Rabia; ALJUHANI, Asmaa Mohammed; ALI, Syed Abid. A tangible interface-based application for teaching tactual shape perception and spatial awareness sub-concepts to visually impaired children. **Procedia Manufacturing**, v. 3, p. 5562-5569, 2015.

LACERDA, D. P. et al.. Design Science Research: método de pesquisa para a engenharia de produção. **Gestão & Produção**, v. 20, n. 4, p. 741–761, 2013.

LUQUE, Leandro *et al.* On the inclusion of learners with visual impairment in computing education programs in brazil: practices of educators and perceptions of visually impaired learners. **Journal of the Brazilian Computer Society**, v. 24, n. 1, p. 1-12, 2018.

NIKITENKO, Denis; GILLIS, Daniel. Touching the data: Exploring data sonification on mobile touchscreen devices. **Procedia Computer Science**, v. 34, p. 360-367, 2014.

NORDSTROM, Brian H. **The History of the Education of the Blind and Deaf**. Washington, D.C.: Distributed by ERIC Clearinghouse, 1986, 24 p.

PANSANATO, Luciano Tadeu Esteves et al. Projeto D4ALL: acesso e manipulação de diagramas por pessoas com deficiência visual. In: **Proceedings of the 11th Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems**, 2012. p. 33-36.

ROSSETTI, Valentina et al. Enabling Access to Cultural Heritage for the visually impaired: an Interactive 3D model of a Cultural Site. **Procedia computer science**, v. 130, p. 383-391, 2018.

SÁNCHEZ, Pilar Arnaiz. A educação inclusiva: um meio de construir escolas para todos no século XXI. **Revista da Educação Especial**, v. 1, n. 1, p. 7-18, 2005.

SASSAKI, Romeu Kazumi. Nada sobre nós sem nós: da integração à inclusão. **Rev. Nac. Reabil**, v. 10, n. 57, p. 8-16, 2007.

SPLENDIANI, Bruno; RIBERA, Mireia. Accessible images in computer science journals. **Procedia computer science**, v. 27, p. 9-18, 2014.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. **Portaria Conjunta BU/SACCESSIBIL n° 1, de 23 de novembro de 2020**. Internaliza a política de inclusão da pessoa com deficiência no Sistema de Bibliotecas da UFC. Fortaleza, CE, 2020.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. **Portaria do Gabinete do Reitor da UFC n° 153, de 05 de outubro de 2020**. Concede aos estudantes com deficiência matriculados em cursos de graduação, pós-graduação ou Casas de Cultura da UFC tempo adicional para a realização de avaliações e demais atividades acadêmicas. Fortaleza, CE, 2020.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. **Portaria do Gabinete do Reitor da UFC n° 241, de 22 de agosto de 2022**. Designa os membros da Comissão Permanente de Gestão da Rede Brasileira de Estudos e Conteúdos Adaptados (Rede REBECA). Fortaleza, CE, 2022.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. **Portaria do Gabinete do Reitor da UFC n° 274, de 27 de setembro de 2022**. Institui a comissão dos agentes de acessibilidade. Fortaleza, CE, 2022.

VAZ, Roberto Ivo Fernandes; FERNANDES, Paula Odete; VEIGA, Ana Cecília Rocha. Proposal of a tangible user interface to enhance accessibility in geological exhibitions and the experience of museum visitors. **Procedia Computer Science**, v. 100, p. 832-839, 2016.

VELOSO, Paulo; SANDOS, Clesio dos; AZEREDO, Paulo e FURTADO, Antonio. **Estrutura de Dados**. Editora Campus Ltda: Rio de Janeiro, 1984.

VOLPE, Gualtiero; GORI, Monica. Multisensory interactive technologies for primary education: From science to technology. **Frontiers in psychology**, v. 10, p. 1076, 2019.

ZDRAVKOVA, Katerina *et al.* Cutting-edge communication and learning assistive technologies for disabled children: An artificial intelligence perspective. **Frontiers in Artificial Intelligence**, v. 5, p. 240, 2022.

ZABALA, Antoni. **A prática educativa**. Porto Alegre: Penso, 1998. E-book. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788584290185/>. Acesso em: 24 jan. 2025.

ZEN, Eliana; COSTA, Vinícius Kruger da; TAVARES, Tatiana Aires. Experiências Educacionais em Disciplinas de Programação de Computadores: uma Análise Qualitativa na Perspectiva dos Estudantes com Deficiência Visual. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO (SBIE), 34., 2023, Passo Fundo/RS. **Anais [...]**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2023, p. 960-971.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO PROFESSOR CONSULTOR

1. Qual o seu nome?
2. Qual seu e-mail de contato?
3. Para quais cursos você ministra ou já ministrou a disciplina de Estruturas de Dados ou equivalente?
 - a. Ciências da Computação
 - b. Engenharia de Computação
 - c. Sistemas de Informação
 - d. Análise e Desenvolvimento de Sistemas
 - e. Ciência de Dados
 - f. Sistemas e Mídias Digitais
 - g. Outro

Em algumas questões a seguir, serão apresentadas algumas afirmações. Para expressar sua opinião, considere uma escala que varia de 1 a 5, na qual cada número representa o seguinte: 1- Discordo Totalmente; 2- Discordo parcialmente; 3- Neutro ou não se aplica; 4- Concordo Parcialmente e 5- Concordo Totalmente.

4. A disciplina de Estruturas de Dados é importante para a formação Acadêmica e Profissional dos alunos do curso, no qual a ministro. (Opções em escala)
5. Considerando a ementa e os objetivos da disciplina de Estruturas de Dados, é essencial que os alunos concluam a disciplina compreendendo muito bem os seguintes conteúdos:
 - i. Pilhas (Opções em escala)
 - ii. Filas (Opções em escala)
 - iii. Listas (Opções em escala)
 - iv. Árvores Binárias (Opções em escala)
 - v. Árvore rubro-negro (Opções em escala)
 - vi. Árvore B e B+ (Opções em escala)
 - vii. Hash Table (Opções em escala)
 - viii. Heap (Opções em escala)
6. Considerando o grau de complexidade dentro da disciplina de Estruturas de Dados, os seguintes conteúdos demandam mais tempo para trabalhar em sala de aula:
 - i. Pilhas (Opções em escala)
 - ii. Filas (Opções em escala)

- iii. Listas (Opções em escala)
 - iv. Árvores Binárias (Opções em escala)
 - v. Árvore rubro-negro (Opções em escala)
 - vi. Árvore B e B+ (Opções em escala)
 - vii. Hash Table (Opções em escala)
 - viii. Heap (Opções em escala)
7. Quais recursos didáticos você utiliza nas aulas de Estruturas de Dados? Marque todos que costuma utilizar:
- a. Apresentação de slides
 - b. Representação textual ou notação textual das estruturas de dados estudadas
 - c. Representações ilustrativas das estruturas de dados
 - d. Lousa ou quadro branco
 - e. Livro didático
 - f. Videoaulas
 - g. Softwares ou aplicativos de desenho de estruturas
 - h. Podcasts ou gravações de áudio
 - i. Material físico
 - j. Compartilhamento digital de informações: Arquivos em nuvem, aplicativos de mensagem, e-mail etc.
 - k. Outro. Qual?
8. (Quais os materiais didáticos e avaliativos que você disponibiliza para os alunos da disciplina de Estruturas de Dados? Marque todos que costuma utilizar:
- a. Indicação de livro didático
 - b. Exercícios escritos na lousa ou quadro branco
 - c. Lista de exercícios impressa em papel
 - d. Lista de exercícios em formato PDF
 - e. Lista de exercícios em formato editável: DOC, DOCX, ODT, Documentos do Google etc.
 - f. Slides da aula
 - g. Textos no formato digital (PDF, DOC, DOCX, ODT etc.)
 - h. Prova impressa em papel
 - i. Provas escritas na lousa ou quadro branco
 - j. Prova em formato digital (PDF, DOC, DOCX, ODT etc.)
 - k. Podcasts ou gravações de áudio

- l. Videoaulas
 - m. Outros. Quais?
9. Tenho experiência no ensino de alunos com deficiência visual. (Opções em escala)
10. Me sinto preparado para adaptar o conteúdo das aulas da disciplina de Estruturas de Dados para alunos com deficiência visual. (Opções em escala)
11. A partir de seus conhecimentos atuais e viabilidade na condução da disciplina, como você adaptaria o conteúdo de suas aulas para alunos com deficiência visual? Marque quantas opções quiser:
- a. Disponibilizaria material textual digital no formato PDF acessível (permite ser lido por leitores de tela, ou o texto do PDF é selecionável e copiável);
 - b. Disponibilizaria os slides das aulas no formato original da apresentação ou PDF acessível;
 - c. Solicitaria impressão em Braille do material de estudos;
 - d. Solicitaria a impressão ampliada do material de estudos;
 - e. Permitiria que as avaliações fossem realizadas digitalmente (Documentos de texto, bloco de notas etc.);
 - f. Adotaria explicações mais descritivas e detalhadas em todas as aulas;
 - g. Faria a audiodescrição de todas as ilustrações das estruturas de dados estudadas;
 - h. Utilizaria alguma representação textual das estruturas de dados;
 - i. Reduziria a complexidade dos conteúdos exigidos em exercícios ou avaliações;
 - j. Reduziria a quantidade de conteúdo cobrado nas avaliações;
 - k. Utilizaria objetos comuns para fazer assimilações táteis das estruturas de dados;
 - l. Utilizaria um material educacional já conhecido por mim para trabalhar o conteúdo da disciplina com alunos com deficiência visual;
 - m. Outros. Quais?
12. Quais recursos de adaptação ou criação de material didático acessível você conhece? Marque quantas opções quiser:
- a. Audiodescrição de imagens ou vídeos;
 - b. Digitalização de textos em formato digital acessível (PDF acessível com texto selecionável ou copiável, Documento de texto editável etc.);
 - c. Impressão de textos em Braille;
 - d. Impressão 3D de modelos tridimensionais;

- e. Ampliação de textos ou imagens;
 - f. Aplicação de Alto contraste nas cores de textos ou imagens;
 - g. Material educacional acessível (Multiplano);
 - h. Material Educacional Acessível (Ábaco);
 - i. Outros. Quais?
13. Eu teria total necessidade de adotar o uso de um material educacional acessível criado especificamente para apoiar o ensino dos conteúdos da disciplina de Estruturas de Dados, ao receber um aluno com deficiência visual na turma. (Opções em escala)
14. Ao receber um aluno com deficiência visual na minha turma de Estruturas de Dados, terei total disponibilidade para estudar e adotar propostas de mudanças na condução pedagógica da disciplina, a fim de propiciar a acessibilidade nos conteúdos estudados. (Opções em escala)
15. Para me apoiar no ensino de um aluno com deficiência visual em uma turma de Estruturas de Dados, é muito importante que um material educacional acessível tenha as seguintes características:
- i. Não exija muitas mudanças na condução padrão da disciplina. (Opções em escala)
 - ii. Permita que o aluno com deficiência visual se comunique facilmente, com o professor e os colegas, sobre respostas de exercícios e avaliações. (Opções em escala)
 - iii. Permita que o aluno com deficiência visual execute as tarefas em tempo ágil. (Opções em escala)
 - iv. Permita que o aluno com deficiência visual tenha total autonomia para acessar e responder questões de exercícios ou avaliações, sem a necessidade de intermediação do professor ou colegas de turma (OBS: Essa intermediação não se refere a dúvidas sobre o conteúdo ou interpretação de questões). (Opções em escala)
 - v. Seja de baixo custo de produção. (Opções em escala)
 - vi. Permita que o aluno leve para utilizar em casa. (Opções em escala)
 - vii. Possa ser utilizada em uma carteira ou mesa comum de sala de aula. (Opções em escala)
 - viii. Possa ser disponibilizada facilmente pela instituição de ensino. (Opções em escala)
 - ix. Seja silenciosa. (Opções em escala)

- x. Permita que eu compreenda facilmente os resultados das atividades desenvolvidas pelo aluno com deficiência visual, com o material educacional acessível. (Opções em escala)
 - xi. Permita trabalhar o máximo de tipos de estruturas estudadas na disciplina. (Opções em escala)
16. A partir dos seus conhecimentos atuais, a instituição de ensino, na qual você ministra a disciplina de Estruturas de Dados, fornece quais serviços para a adaptação ou criação de material acessível para alunos com deficiência visual? Marque quantas opções quiser:
- a. Impressão de textos em Braille;
 - b. Digitalização de textos ou livros para arquivo em formato acessível (PDF acessível, DOC, DOCX, Documentos Google etc.);
 - c. Impressão 3D de peças táteis;
 - d. Elaboração de audiodescrição de imagens;
 - e. Disponibilização de material educacional acessível (Multiplano, Ábaco etc.);
 - f. Desenvolvimento de aplicações digitais para solução de problemas específicos de acessibilidade nas disciplinas dos cursos;
 - g. Impressão ampliada de textos ou livros;
 - h. Instalação de softwares leitores de tela nos computadores dos laboratórios de informática;
 - i. Outros. Quais?

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO ALUNO CONSULTOR

1. Qual o seu grau de deficiência visual?
2. Qual o seu curso ou formação?
3. Você já cursou a disciplina de Estruturas de Dados, ou já estudou esse conteúdo por conta própria?
4. Quais recursos assistivos você conhece ou utiliza no dia a dia, estudos ou trabalho? (Braille, Ampliação, Alto Contraste, Leitor de Tela, Digitalização de textos, Audiodescrição, Tecnologias digitais assistivas de visão computacional (Google Lookout, Envision AI etc.).
5. Você utiliza notebook, celular, computador ou outro dispositivo para te auxiliar durante as aulas?
6. Quais tipos de conteúdo no curso você teve mais dificuldades? (Matemáticos, Programação, Análise de Algoritmos, tipo de explicação do conteúdo etc.).
7. Quais conteúdos você não teve, ou teve menos, dificuldades na disciplina de Estruturas de Dados?
8. Quais conteúdos você teve mais dificuldades na disciplina de Estruturas de Dados?
9. Em quais tipos de atividades na disciplina de Estruturas de Dados você teve mais dificuldades? (Aulas, conteúdos específicos, resolução de exercícios em casa ou sala de aula, compreensão ou resolução de provas, trabalhos, desenvolvimento, execução dos algoritmos, compreensão das estruturas).
10. Como você contornou ou tentou contornar as dificuldades encontradas durante a disciplina/curso? Em quais dificuldades você teve mais ou menos sucesso?
11. O que você acha que o professor ou instituição poderiam fazer para ajudar a eliminar as barreiras enfrentadas por você, durante a disciplina/curso?
12. Você utilizou algum material educacional acessível para te apoiar na disciplina de Estruturas de Dados? Qual?
13. Você acha que um material educacional específico para a disciplina de Estruturas de Dados seria suficiente para te ajudar? Em quais conteúdos você gostaria de utilizar esse material?
14. Como deveria ser um material educacional acessível, que te apoiaria o suficiente no estudo do conteúdo da disciplina de Estruturas de Dados?

APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO PROFESSOR AVALIADOR

Para responder as perguntas de 1 a 17, considere uma escala de 1 a 5, na qual 1 significa Discordo Totalmente e 5 significa Concordo Totalmente:

- Apresentar ao Professor Avaliador: o material educacional tátil, os modelos tridimensionais, as instruções de uso e as sequências didáticas.

Perguntar algumas informações básicas como: Nome, instituição na qual ensina, tempo de magistério e experiência de ensino com alunos com deficiência visual. Em seguida, ele deve responder sobre a experiência com o material tátil, guia de uso e as sequências didáticas:

- 1- O material informativo sobre o produto educacional é suficiente para entender o seu funcionamento.
- 2- É viável fazer as adaptações propostas pelas sequências didáticas na condução das aulas, para facilitar o uso do material tátil pelo aluno com deficiência visual.
- 3- As estruturas montadas no material são compreensíveis.
- 4- As estruturas montadas no material permitem a comunicação entre as pessoas com e sem deficiência visual.
- 5- As questões de provas podem ser resolvidas com o uso do material.
- 6- Ao executar um algoritmo, é essencial que se registrem as imagens do material, a cada mudança nas estruturas montadas.
- 7- As sequências didáticas são essenciais para planejar as aulas adaptadas.
- 8- As sequências didáticas disponibilizadas pelo produto são suficientes para planejar as aulas adaptadas.
- 9- Seria difícil adaptar as aulas de Estrutura de Dados sem o material.
- 10- O material é uma boa solução para incluir pessoas com deficiência visual na disciplina de Estrutura de Dados.
- 11- Existem opções melhores para incluir alunos com deficiência visual na turma de Estrutura de Dados.
- 12- É viável imprimir o material tátil na instituição de ensino?
- 13- O material permite trabalhar os principais conteúdos da disciplina de Estrutura de Dados.
- 14- O material tem o tamanho necessário para trabalhar as estruturas de dados.
- 15- Não há prejuízos ao limitar o universo de números usados nas atividades, para se adequar ao uso do material tátil.
- 16- O material permite trabalhar todo o conteúdo relativo às estruturas de dados lineares.
- 17- O material permite trabalhar todo o conteúdo relativo à Árvore Binária.

18- (ABERTA) Quais sugestões de mudanças, críticas ou elogios você tem para o produto educacional, incluindo o material tátil, os modelos tridimensionais as sequências didáticas e o guia informativo?

APÊNDICE D – ROTEIRO DE TESTE ALUNO AVALIADOR

A) Preparação do ambiente para a avaliação

Explicar como ocorrerá o teste, qual o tempo previsto, quantas atividades serão propostas. Apresentar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, tirando todas as dúvidas que o sujeito da pesquisa possa ter. Ler ou pedir que ele leia o termo e solicitar a assinatura.

Para iniciar o teste, o Aluno Avaliador deverá estar sentado em frente a uma mesa de pequeno ou médio porte, ou em uma carteira escolar, cuja área de apoio comporte toda a base principal do material educacional e as peças auxiliares.

Caso o teste ocorra presencialmente, a câmera para filmagem deve focar principalmente no material educacional, e deve captar todos os objetos que poderão ser utilizados pelo Aluno Avaliador, como: Computador, Celular e as próprias peças do material educacional.

B) Identificação do perfil do Aluno Avaliador

Os dados pessoais do sujeito Aluno Avaliador ficarão sob sigilo, e ele não será identificado na pesquisa. Somente o pesquisador, o orientador e demais pesquisadores envolvidos na pesquisa terão acesso às informações que possam identificar o sujeito.

Coletar as seguintes informações:

Nome; Idade; Curso; Grau de Deficiência visual; Período que estudou Estrutura de Dados; Nível de braille.

C) Início das atividades

O discente será orientado pelo pesquisador e o auxiliar na execução de duas atividades, adaptadas das Sequências Didáticas elaboradas na pesquisa.

Uma atividade de familiarização com o material, e uma aplicação com a estrutura de dados Pilha, e a outra atividade irá trabalhar o conteúdo introdutório de Árvore Binária.

Atividade 1) Familiarização com o material educacional tátil. Comece a contabilizar o tempo.

1) O aluno receberá as instruções escritas no guia de uso do material educacional tátil, em formato de texto digital ou sob orientação do pesquisador. Deve-se conhecer as peças e montar o ambiente para realização das atividades.

2) Ele deve montar as duas bases de 8 folhas, junto à raiz conectora, organizar as cinco caixas organizadoras na mesa, todas com os números encaixados em ordem crescente

(apenas as caixas que guardam os números de 0 a 10 estarão vazias para ele guardar os números. As outras já estarão preenchidas.)

Registre o tempo final que ele terminou a atividade.

Atividade 2) Simulando a estrutura de dados Pilha (Lembre-se de contabilizar o tempo a partir daqui).

1) O aluno deve ser informado basicamente sobre a estrutura de dados Pilha.

Utilize assimilações que facilite a mentalização do seu funcionamento, como a montagem de uma pilha de pratos.

Em uma pilha de pratos, um primeiro prato é colocado sobre uma mesa vazia, e os pratos seguintes são colocados sobre o último prato inserido. A inserção de um elemento na pilha, neste caso um prato, é a execução de um método chamado Push.

No mesmo exemplo, se precisar remover um prato da pilha, deverá começar a remoção pelo elemento que estiver no topo. A remoção deverá ocorrer uma a uma, até chegar no prato que deseja alcançar. O método de remoção de um elemento da pilha se chama Pop.

2) Execute o método Push, para inserir os onze elementos a seguir:

2, 6, 1, 15, 0, 12, 18, 21, 11, 3 e 23.

Pegue os números, um a um, nas caixas organizadoras, e os encaixe nos espaços em baixo relevo da base, na área selecionada por você.

Escolha um espaço para ser o início da pilha, e vá inserindo os números seguintes ao lado, até que o último elemento seja adicionado.

3) Registre, onde quiser (celular, computador etc.), o tamanho da Pilha e o elemento que está no topo da Pilha.

4) Execute o método Pop quatro vezes. Lembre-se de guardar os números nas caixas organizadoras, assim que forem removidos.

5) Registre, onde quiser (celular, computador etc.), o tamanho da Pilha e o elemento que está no topo da Pilha.

6) Execute os métodos a seguir:

Pop ();

Pop ();

Pop ();

Push (7);

Push (11);

Lembre-se de guardar todos os elementos removidos nos locais corretos, nas caixas organizadoras.

7) Registre, onde quiser (celular, computador etc.), o tamanho da Pilha e o elemento que está no topo da Pilha. AO terminar a atividade, guarde todos os números de forma ordenada nas caixas organizadoras.

Registre o tempo final que ele terminou a atividade.

Atividade 3) Conceitos básicos de Árvore Binária (Lembre-se de contabilizar o tempo a partir daqui).

1) Prepare o ambiente, usando somente uma Base de 8 folhas e as 5 caixas organizadoras com os números ordenados.

2) Escolha as peças com números de 1 a 10, e os encaixe nos espaços dos três primeiros níveis da base, até preencher todos. Comece pelo primeiro, depois o segundo e, por fim, o terceiro. Você usará 7 peças para isso. As três peças restantes, adicione como quiser no quarto nível da base.

3) A figura formada é uma Árvore Binária. Cada elemento encaixado pode ter, no máximo, dois outros elementos ligados a ele no nível abaixo. Use as mãos para tatear as peças, iniciando a partir da única peça numérica encaixada no primeiro nível, e vá sentindo as linhas em alto relevo que vão levando até outras peças. Os espaços vazios podem ser ignorados. Tente compreender a figura que é formada.

4) Escolha 4 peças para serem removidas, e devolvidas, de forma ordenada, nas caixas organizadoras. Neste momento, só remova uma peça numérica se não tiver nenhuma ligada a ela em um nível abaixo.

5) Identifique alguns conceitos de Árvore Binária:

Nó: Cada peça numérica encaixada passa a ser um nó da árvore: Sinta cada nó e fale o seu valor;

Raiz: É o nó isolado no primeiro nível, que inicia a Árvore Binária. Fale o valor do nó raiz;

Filho à esquerda e Filho à direita: Cada nó pode ter de zero a dois filhos. O filho à esquerda de um nó pode ser encontrado ao seguir a ligação em alto relevo que sai dele até o nível abaixo, pela esquerda. O filho a direita de um nó pode ser encontrado seguindo a ligação em alto relevo até o nó do nível logo abaixo, seguindo pela direita. Identifique os filhos à esquerda e à direita de cada nó, e os fale em voz alta;

Nó Pai: Exceto a raiz, todos os nós são filhos de algum outro elemento com valor numérico, ou seja, o seu nó pai. Toque todos os elementos da Árvore e fale o valor de seus pais;

Nó Folha: Os nós que não possuem nenhum filho, nem à esquerda, nem à direita, são chamados de nós folha. Identifique e fale o valor de todos os nós folha;

Subárvore: O conjunto formado por um nó, e todos os outros alcançáveis a partir de seus filhos, até às folhas, é chamado de Subárvore da árvore principal. Assim, cada nó da árvore principal pode ser considerado a raiz de uma subárvore dela. Escolha duas subárvores e fale todos seus elementos;

Distância: A distância é a quantidade de ligações percorridas de um nó a outro. Escolha dois nós quaisquer da árvore, e calcule a distância entre eles;

Altura: A altura de um nó é a distância dele até o nó folha de nível mais baixo, percorrendo o caminho somente na direção dos filhos. A altura do nó raiz é a altura da árvore binária. Fale qual é a altura da Árvore Binária principal, e a altura de um outro nó qualquer;

6) Esvazie a base e guarde todas as peças numéricas nas caixas organizadoras de forma ordenada.

Registre o tempo final que ele terminou a atividade.

Atividade4) Árvore Binária de Busca – Inserção, Remoção e Pré-ordem (Lembre-se de contabilizar o tempo a partir daqui).

1) Compreenda como se construir uma Árvore Binária de Busca.

Uma Árvore Binária de Busca é uma árvore binária ordenada. Para ser considerada ordenada, cada nó tem o seu filho à esquerda com valor menor ou igual a ele, e o seu filho à direita tem valor maior. Cada novo nó inserido, já deve ser posicionado de forma ordenada, para manter essa característica:

2) Construa uma Árvore Binária de Busca, executando o Algoritmo de Inserção para cada um dos onze números da seguinte sequência:

10, 13, 11, 6, 12, 22, 9, 20, 23, 8, 5.

INSERÇÃO:

O elemento é inserido a partir da raiz;

Se o espaço estiver vazio, adicione o elemento naquele espaço;

Se não estiver vazio, verifique o seguinte:

Se o número a ser inserido for menor, siga para o espaço de encaixe a esquerda.

Se o número a ser inserido for maior, siga para o espaço de encaixe a direita.

Repita esses procedimentos até encontrar um espaço vazio para o novo elemento ser encaixado na base.

FIM

3) Execute o Algoritmo de Remoção para remover cada um os seguintes elementos:
8, 11, 13.

Para cada remoção, a árvore deve continuar com a característica de estar ordenada. Então temos três casos possíveis:

Algoritmo de Remoção:

Se o nó removido for uma folha, basta deletá-lo e transformá-lo em nulo (encaixe vazio).

Se o nó removido tiver apenas um filho, ele será deletado e o seu filho fica no seu lugar.

Se o nó removido tiver dois filhos

Busca-se o sucessor.

O sucessor é o nó mais à esquerda do filho à direita do nó removido. (Basta dar um passo a direita, e depois seguir somente para a esquerda até não ter mais filho a esquerda. Esse nó será o sucessor).

Mova o sucessor para o lugar do nó removido.

Se o sucessor não tiver filhos, então basta deletá-lo.

Se o sucessor tiver um filho (que neste caso seria à direita), basta agir como se tivesse ocorrido uma operação de remoção no sucessor, ou seja, o nó filho do sucessor ficará no seu lugar.

FIM

4) Percorra a árvore executando o Algoritmo de Pré-ordem, e faça o registro da sequência de números resultante:

Um algoritmo para percorrer uma árvore não modifica em nada sua estrutura. Ele apenas registra o valor de todos os seus nós, formando uma sequência de números.

O algoritmo para percorrer a árvore em pré-ordem é recursivo, e ele visita cada nó e faz o registro dos valores na seguinte ordem:

Valor do nó; Valor do filho à esquerda; Valor do filho a Direita.

Algoritmo Pré-Ordem:

Inicia analisando a Raiz da árvore.

Registrar valor da raiz;

Desce para filho a esquerda;

Se houver um nó, trata-o como nova raiz, e repete o processo do início;

Se estiver vazio, volta para o nó pai e desce para o filho da direita;

Se houver um nó, trata-o como nova raiz e repete o processo desde o início;

Se estiver vazio, sobe até um nó pai cujo tenha um filho que não foi analisado e registrado na sequência e desce para o seu filho à direita, trata esse filho como nova raiz e repete o processo do início.

Se voltar para a raiz da árvore principal, e já tiver analisado o seu filho a esquerda e a direita, então todos os elementos foram registrados na sequência.

FIM

Registre o tempo final que ele terminou a atividade.

OBS: Se ainda houver tempo:

ÁRVORE RUBRO-NEGRA:

Pinte 3 nós de vermelho.

A raiz é sempre preta.

Não pode haver dois nós vermelhos consecutivos.

Percorra a árvore com suas mãos, a partir da raiz, e tente perceber os nós que são pretos e os que são vermelhos.

FIM DO TESTE

Parta para o preenchimento do questionário de avaliação do material tátil.

APÊNDICE E – QUESTIONÁRIO PÓS- TESTE ALUNO AVALIADOR

Para responder as perguntas de 1 a 34, considere uma escala de 1 a 5, na qual 1 significa Discordo Totalmente e 5 significa Concordo Totalmente:

A) Autonomia de uso e design do material educacional

- 1- O material educacional tem um tamanho adequado.
- 2- Você teria vergonha de usar o material em sala de aula.
- 3- Você aprenderia a manusear o material sem ajuda de outra pessoa?
- 4- Você precisaria de ajuda para manusear o material depois de aprender como usá-lo?
- 5- Você aprendeu a utilizar o material rapidamente?

- 6- O material é intuitivo?

B) Estabilidade física do material e Facilidade de Manuseio

- 7- A base para encaixe dos números fica estável na superfície de apoio?
- 8- As peças dos números ficam firmes para serem tateadas, após encaixadas na base?
- 9- É fácil manipular os números entre os encaixes na base?
- 10- Você conseguiu manipular o material com agilidade?
- 11- A base organizadora dos números é necessária?
- 12- Foi trabalhoso guardar os números ordenados na base organizadora?

C) Facilidade de compreensão

- 13- Foi fácil entender como usar o material para trabalhar cada tipo de estrutura?
- 14- Foi fácil identificar os números nas peças?
- 15- O número escrito em tinta e em alto relevo é necessário?
- 16- O número escrito em braile é necessário?
- 17- O material ajudaria a discutir o conteúdo de Estrutura de Dados com seus colegas de sala e professores?

D) Adequação ao conteúdo das estruturas de dados lineares

- 18- O material ajudou a realizar a atividade com a Estrutura de Dados Pilha?
- 19- O material ajudou a compreender a Estrutura de Dados Pilha?

E) Adequação ao conteúdo de Árvore Binária de Busca

- 20- O material ajudou a realizar a atividade de montar/desenhar uma Árvore Binária?

21- O Material ajudou a identificar os elementos de uma Árvore Binária (Raiz, Filho a esquerda, Filho a direita, Folhas etc.)?

22- O material ajudou a executar operações de inserção e remoção de elementos na Árvore Binária?

23- O material ajudou a executar o algoritmo para percorrer a árvore em pré-ordem?

24- O material ajudou a compreender a Estrutura de Dados Árvore Binária de Busca?

25- Foi fácil manipular as cores vermelha e preta dos nós?

26- Foi fácil identificar os nós pretos e os nós vermelhos?

F) Satisfação e adoção do material

27- O material ajudou a compreender a representação gráfica das estruturas de dados?

28- Você utilizaria o material para acompanhar a matéria de Estrutura de Dados em sala de aula?

29- Você utilizaria o material para estudar Estrutura de Dados em casa?

30- Você utilizaria o material para resolver as questões de uma prova de Estrutura de Dados?

G) Minimalismo do material

31- Os componentes do material causam distrações de sua função principal?

32- O material precisa de mais componentes para melhorar a compreensão das estruturas?

33- Você conseguiria fotografar o estado do material a cada operação realizada nas atividades propostas?

34- (Aberta) Quais sugestões de mudanças e melhorias, críticas ou elogios você tem para o material educacional e seu uso nas atividades com Estrutura de Dados?

APÊNDICE F – GUIA DE USO DO MATERIAL TÁTIL

INTRODUÇÃO

Este Material Educacional Tátil foi desenvolvido para pessoas com deficiência visual que desejam estudar o conteúdo de Estrutura de Dados, especialmente Árvore Binária. Algumas estruturas de dados lineares também podem ser trabalhadas, como Pilha, Fila, Lista Encadeada etc.

Desenvolvido na pesquisa do Mestrado Profissional em Tecnologia Educacional de Allan George Bezerra, sob orientação do Prof. Dr. Windson Viana de Carvalho, o material foi produzido em impressoras 3D, e os modelos tridimensionais estão disponíveis ao público no LINK.

COMPONENTES

Se o usuário preferir, pode imprimir uma quantidade maior de peças, mas o conjunto básico é formado pelos seguintes componentes: 6 caixas organizadoras, 30 peças de números, 2 bases de 8 folhas (ou de 4 níveis) e uma raiz conectora.

Detalhando cada um dos componentes temos:

A) Caixa organizadora: O conjunto básico possui 6 caixas organizadoras de números, em formato de paralelepípedo. Uma de suas faces possui 7 espaços para encaixe de peças numéricas. Perceba que 2 espaços são um pouco separados dos outros 5;

Figura 1 – Caixas organizadoras



Fonte: Foto tirada por colaboradores do pesquisador.

B) Peças Numéricas (Números): O conjunto possui 30 peças em formato de quadrado achatado. Em uma das faces há duas inscrições em alto relevo: Um número escrito em braile na parte inferior, e o mesmo número em tinta, logo acima;

Figura 2 – Peças numéricas



Fonte: Foto tirada por colaboradores do pesquisador.

C) Base de 8 folhas, ou Base de 4 níveis: Existem duas grandes peças semelhantes a um triângulo, com um círculo vazado próximo ao centro. Cada uma possui 15 espaços para encaixe das peças numéricas, em baixo relevo. No topo da peça existe um único espaço de encaixe, acima do círculo vazado. De cada espaço de encaixe de números saem duas ligações em alto relevo, conectando aos encaixes do próximo nível. O primeiro nível tem apenas um espaço, o segundo nível possui dois, o terceiro tem quatro e o quarto nível possui oito espaços para encaixe.

Figura 3 – Base de 8 folhas



Fonte: Foto tirada por colaboradores do pesquisador.

D) Raiz conectora: A última peça se assemelha a um círculo, o qual possui apenas um espaço de encaixe no centro. Dele saem duas ligações em alto relevo. Sua posição correta deve se assemelhar a um acento circunflexo, com as ligações descendo, e o círculo no topo. Esta peça servirá para conectar o topo das duas bases de 8 folhas.

Figura 4 – Raiz Conectora

Fonte: Foto tirada por colaboradores do pesquisador.

PREPARO DO AMBIENTE

- 1) Em uma superfície de pelo menos 90cm de comprimento por 50cm de largura, posicione as duas **Bases de 8 Folhas** uma ao lado da outra. Existem duas peças desta mesma base, pois elas podem ser conectadas, através de uma peça de encaixe, semelhante a um conector de peças de quebra-cabeça, na altura do último nível, ficando uma ao lado da outra. Isso gerará uma sequência de 16 encaixes no último nível;
- 2) Acima das duas bases encaixadas, posicione a **Raiz Conectora**. As duas ligações que descem do centro circular devem encaixar, cada uma, na parte superior de cada base. A Raiz conectora passará a ser o primeiro nível de uma peça bem maior, formada por ela e as duas bases. O Nível 5 é adicionado, contendo 16 espaços para encaixe, essa formação se chama **Base de 16 folhas, ou Base de 5 níveis**.

Figura 5 – Base de 16 Folhas.



Fonte: Foto tirada por colaboradores do pesquisador.

- 3) Posicione as **Caixas Organizadoras** uma ao lado da outra, ou em duas fileiras de 3 caixas. Apesar de conter 7 espaços para números, indica-se usar apenas 5, deixando os outros 2 livres para duplicatas, por exemplo. A contagem de números 5 a 5 facilita a busca e a guarda dos números;
- 4) Pegue cada uma das **Peças Numéricas** e as coloque nos espaços das caixas organizadoras, de forma ordenada. A primeira caixa deve guardar os números de 0 a 4, ocupando 5 espaços no total. Da mesma forma, as caixas seguintes devem guardar cinco números, deixando dois espaços para guardar duplicatas, ficando assim: Segunda caixa, de 5 a 9, terceira caixa de 10 a 14, quarta caixa de 15 a 19, quinta caixa de 20 a 24 e a sexta caixa de 25 a 29.

Figura 6 – Ambiente completo preparado



Fonte: Foto tirada por colaboradores do pesquisador.

DICAS DE USO

- 1) Só monte a base de 16 folhas caso a atividade de estudo exija uma estrutura que utilize os 5 níveis, caso contrário, é mais prático utilizar somente uma base de 8 folhas;
- 2) Sempre que retirar um número da base, guarde-o na sua respectiva caixa organizadora, de forma ordenada. A organização ordenada dos números é essencial para dar mais agilidade na manipulação do material durante as atividades;
- 3) Se não souber ler em braile, pode utilizar o tato para ler o número em alto relevo, escrito em tinta. Entretanto, a leitura braile é bem mais imediata, portanto, indica-se tentar aprender o básico dessa forma de escrita, para tentar decorar os números conforme vá utilizando o material. Ao ler as peças numéricas através do braile, se tem mais certeza do número escrito, e a compreensão é bem mais fluida;
- 4) Se quiser representar números pintados de outra cor, como na *Árvore Rubro-Negra*, pode encaixar a peça numérica um pouco rotacionada. Os encaixes possuem estrutura para isso;
- 5) Se quiser um pouco mais de estabilidade, pode posicionar uma das mãos no círculo vazado, na base de 8 folhas, para dar mais firmeza enquanto tateia com a outra mão;
- 6) Ao montar o ambiente, deve-se posicionar as caixas organizadoras um pouco mais distante do utilizador. Isso evitará que alguns movimentos com os braços esbarrem nas caixas, as derrubando no chão;
- 7) Apesar de focar em atividades com a estrutura *Árvore Binária*, é possível escolher algumas áreas das bases para o estudo de estruturas lineares, como vetores, pilhas, filas ou listas encadeadas, por exemplo. O último nível da base de 8 folhas tem 8 espaços para encaixe, um ao lado do outro, semelhante a uma representação gráfica de um vetor. Estruturas maiores podem ser feitas usando a base de 16 folhas, ou somente assumindo que os encaixes de um nível são da sequência de encaixes do nível anterior, por exemplo.

Esse guia é uma sugestão para um conjunto básico. Portanto, mais ou menos peças podem ser impressas. As bases de 8 folhas são formadas pela colagem de outras peças menores. Então, a impressão individual desses componentes menores pode ser feita para atender algumas necessidades mais específicas.

APÊNDICE G – SEQUÊNCIA DIDÁTICA 1

DISCIPLINA: Estrutura de Dados

Especificação: Sequência didática utilizando material tátil acessível para pessoas com deficiência visual.

Autor: Allan George Bezerra (allangeorge@virtual.ufc.br)

Instituição: Universidade Federal do Ceará – Mestrado Profissional em Tecnologia Educacional (ppgte.ufc.br)

TEMA: Familiarização com o material educacional tátil usando Pilha

CONTEÚDOS TRABALHADOS

- Apresentação geral do material tátil e suas peças
- Orientação de uso das peças numéricas
- Preparação do material tátil para execução das atividades
- Simulação dos conceitos básicos de pilha

HABILIDADES

O aluno conseguirá identificar as peças que compõe o material tátil: As 2 bases, a raiz de conexão, os números e as caixas organizadoras. Aprenderá como organizar o material e deixá-lo preparado para realizar as atividades da disciplina que envolvem estruturas de dados.

O aluno compreenderá como usar o material para trabalhar a estrutura de dados Pilha, identificando alguns conceitos básicos, assim como a execução da ação de Empilhar e Desempilhar.

Tempo da sequência didática

Cerca de 60 minutos.

Materiais necessários para a sequência didática

- Material educacional tátil completo: 5 Caixas organizadoras, Números de 1 a 20, 2 Bases de 8 folhas e Raiz conectora;
- Mesa com superfície de pelo menos 90cm de comprimento e 50cm de largura, aproximadamente;
- Computador equipado com leitor de tela, celular ou outro meio acessível para o aluno fazer anotações ou ler materiais enviados pelo professor.

AULA

Organização

A atividade pode ser realizada individualmente pelo próprio aluno, em seu ambiente de estudo, ou com a mediação do professor. Caso o discente execute as atividades de forma

individual, ele pode simplesmente seguir os passos propostos nesta sequência, como se fosse um manual para conhecer o material, contendo sugestões de práticas para seu uso.

Se o professor identificar a necessidade de acompanhar o aluno nesta atividade, deve-se preparar um momento exclusivo com ele, na sala de aula. Indica-se utilizar cerca de 60 minutos no fim de uma das primeiras aulas, preferencialmente antes de trabalhar alguma estrutura de dados.

Introdução

Em uma das primeiras aulas da disciplina, antes de trabalhar com foco em uma estrutura de dados ou vetores, deve-se reservar os últimos 60 minutos para apresentar o material de forma individual com o aluno. Se preferir, o professor pode realizar essa atividade exclusiva nos primeiros 60 minutos de aula, combinando com o restante da turma anteriormente, para que cheguem um pouco depois. Caso haja possibilidade, esta atividade pode ser realizada em outro momento, até mesmo em um ambiente diferente da sala de aula. Entretanto, é preciso garantir que haja uma mesa ou móvel com superfície discreta, porém com área suficiente para posicionar o material tátil na sala onde as aulas irão acontecer.

O professor deve conversar com o aluno, preferencialmente antes da aula, podendo ser presencialmente ou por e-mail, para compreender suas demandas, possibilidades e dificuldades. Isso poderá facilitar a decisão de permitir que ele realize a atividade sozinho, no ambiente que escolher, ou se uma mediação será necessária.

Desenvolvimento

Parte 1: Conhecendo o material

1- Apresente a caixa do material ao aluno.

O discente deve estar posicionado à mesa que ficará durante as aulas, quando precisar utilizar o material tátil, ou no seu ambiente de estudos.

O discente deve abrir a caixa e ter ciência de quantas e quais peças estão disponíveis.

São elas: 5 caixas organizadoras, 20 peças de números, 2 bases de 4 níveis e uma raiz conectora.

2- Oriente o discente na identificação de cada peça da caixa.

Peça para o discente retirar cada peça da caixa, uma a uma, identificando seu nome para que ele faça o reconhecimento. O professor pode dizer o nome da peça que ele deve pegar, descrevendo como ela é, junto a sua função.

Segue a sugestão de ordem para apreciação:

A) Caixa organizadora: na caixa há 5 caixas organizadoras de números, em formato de paralelepípedo. Uma de suas faces possui 7 espaços para encaixe dos números. Perceba que 2 espaços são um pouco separados dos demais 5;

B) Números: Você encontrará 20 peças semelhantes a um quadrado achatado. Em uma das faces de cada peça existe uma inscrição em alto relevo de um número escrito em braile, na parte inferior, e sua representação em tinta, logo acima.

C) Base de 8 folhas, ou Base de 4 níveis: Existem 2 grandes peças que possuem um formato próximo a um triângulo, com um círculo vazado próximo ao centro. Cada uma possui 15 espaços em baixo relevo. O topo da peça existe um único espaço de encaixe, acima do círculo vazado. De cada espaço de encaixe saem duas ligações em alto relevo para outros dois espaços em baixo relevo. O primeiro nível tem apenas um espaço, o segundo nível possui dois, o terceiro tem quatro e o quarto nível possui oito espaços para encaixe. Esta peça é uma base para trabalhar as estruturas estudadas na disciplina. Os números podem ser encaixados nesses espaços em baixo relevo, mas não encaixe nada neste momento. Ela pode ser chamada de Base de 4 níveis, os quais foram descritos, ou de Base de 8 folhas, por possuir oito espaços para encaixe no último nível.

Existem duas peças desta mesma base, pois elas podem ser conectadas, através de uma peça de encaixe, semelhante a um conector de peças de quebra-cabeça, na altura do último nível, ficando uma ao lado da outra. Isso gerará uma sequência de 16 encaixes no último nível.

D) Raiz conectora: A última peça se assemelha a um círculo, o qual possui apenas um espaço de encaixe no centro. Dele saem duas ligações em alto relevo. Sua posição correta deve se assemelhar a um acento circunflexo, com as ligações descendo, e o círculo no topo. Esta peça servirá para conectar o topo das duas bases de 8 folhas. Se as duas bases de 8 folhas ficarem conectadas uma ao lado da outra, encaixadas pela conexão nas laterais do último nível, a Raiz Conectora poderá ser utilizada para transformar toda a peça em uma nova base de 5 níveis, ou uma Base de 16 folhas. Para isso, a Raiz Conectora deve ser posicionada acima das duas bases de 8 folhas já encaixadas. Cada ligação que sair do círculo principal deve ser encaixada no topo de cada uma das duas bases triangulares. Perceba que há um espaço para encaixe.

Parte 2: Preparando o ambiente

3- Identifique os números escritos em alto relevo.

Todas as peças numéricas possuem um número escrito em alto relevo. A escrita em braile fica na parte inferior da peça, e a escrita em tinta fica na parte superior. Caso não saiba

ler em braile, pode tentar identificar as peças pela escrita em tinta. O reconhecimento pode não ser tão imediato quanto o braile, mas com a prática, a percepção pode ficar cada vez mais rápida.

DICA: Um caractere braile é formado por 6 pontos. Um número em braile sempre inicia por um caractere que identificará que o que virá escrito a seguir, trata-se de um número e não uma letra ou palavra. Por isso, o primeiro caractere braile em todas as peças é o mesmo, semelhante a letra “L” ao contrário. O aluno pode memorizar os números em braile, sempre que perceber a escrita em tinta, pois a leitura do braile é imediata e aumentará muito a agilidade no reconhecimento das peças. Indica-se ao aluno buscar algum vídeo ou curso rápido básico de braile, para saber como funciona a escrita, para facilitar a memorização.

4- Organize todos os números nas caixas organizadoras, de forma ordenada.

Cada Caixa Organizadora possui 5 espaços para encaixe dos números, e mais 2 espaços, discretamente afastados dos demais, para guardar mais duas peças numéricas. Encaixe, de forma ordenada, todos os números, cinco a cinco, nas Caixas organizadoras. Os dois espaços adicionais são para inserir números repetidos, caso haja algum.

A primeira caixa terá 6 números, pois iniciará com o zero. Portanto, ela guardará os números de 0 a 5, deixando um espaço sobrando para duplicatas.

Organizando os números de cinco em cinco, em ordem crescente, o aluno poderá encontrar rapidamente a peça com o número que ele precisa para montar uma estrutura. Quando ele não precisar mais do número, deverá guardar na posição correta. A organização permite que o discente tenha grande agilidade ao manusear o material.

Deixe as Caixas Organizadoras uma ao lado da outra, de forma crescente. A primeira irá conter os números de 0 a 5, a segunda de 6 a 10, a terceira de 11 a 15, e assim por diante.

5- Monte a grande Base de 16 folhas

Pegue uma Base de 8 folhas e posicione sobre a superfície da mesa. Logo em seguida, pegue a segunda base e faça o mesmo, deixando-a ao lado da primeira. Tente conectar as duas, através dos encaixes posicionados na lateral da última fileira com os 8 espaços em baixo relevo.

Após conseguir encaixar, pegue a Raiz Conectora, e posicione na superfície da mesa, acima das bases que você acabou de conectar. Conecte cada ponta de ligação à parte superior de cada uma das bases de 8 folhas. Verifique se ficou bem encaixado.

Ao final, a Raiz Conectora será o primeiro nível, com apenas um encaixe, e a cada nível abaixo, teremos a quantidade de espaços para encaixe de peças numéricas duplicada, até chegar ao último com 16 espaços.

Parte 3: Trabalhando com a estrutura de dados Pilha

6- Explicação sobre a estrutura de dados Pilha.

O aluno deve ser informado basicamente sobre a estrutura de dados Pilha. Utilize assimilações que facilite a mentalização do seu funcionamento, como a montagem de uma pilha de pratos, na qual um primeiro prato é colocado sobre a mesa, e os pratos seguintes são colocados sobre o último prato inserido. A inserção de um elemento na pilha, neste caso um prato, é a execução de um método chamado *Push*.

No mesmo exemplo, se precisar remover um prato da pilha, deverá começar a remoção pelo elemento que estiver no topo. A remoção deverá ocorrer uma a uma, até chegar no prato que deseja alcançar. O método de remoção de um elemento da pilha se chama *Pop*.

7- Escolha uma área para montar uma Pilha de 11 elementos no material tátil.

O aluno deverá montar uma pilha de 11 elementos no material tátil. Os elementos serão identificados por números.

Para facilitar, pode-se utilizar apenas um vetor com 11 espaços, e cada espaço poderá ser preenchido por um elemento da pilha. Dessa forma, o estudante deve identificar no material tátil uma área que permita trabalhar com pelo menos 11 números a serem encaixados em sequência, um ao lado do outro.

8- Execute o método *Push* para os elementos: 2, 6, 1, 15, 0, 12, 18, 21, 11, 3 e 23.

Pegue os números, um a um, nas caixas organizadoras, e os encaixe nos espaços em baixo relevo da base, na área selecionada. Escolha um espaço para ser o início da pilha, e vá inserindo os números seguintes ao lado, até que o último elemento seja adicionado.

9- Identifique o elemento do topo da Pilha.

Registre, no celular ou em anotação no computador, o elemento do topo da pilha.

10- Execute o método *Pop* quatro vezes.

Lembre-se que as peças dos números removidos devem retornar às caixas organizadoras. Guarde-os no local correto, para facilitar a busca nas próximas utilizações.

Faça um novo registro no celular ou no computador, do elemento do topo da pilha, neste momento.

11- Faça a execução dos métodos a seguir:

Pop ();

Pop ();

Pop ();

Push (7);

Push (11);

Lembre-se de guardar todos os elementos removidos nos locais corretos, nas caixas organizadoras.

Faça o registro no celular ou computador do elemento do topo da pilha, após as modificações. Também informe no registro o tamanho da pilha, ou seja, a quantidade de elementos que ela contém.

Conclusão

Ao final da atividade, questione o aluno sobre suas impressões sobre o uso do material. Se ele não souber braile, indique o estudo, mesmo que bem básico, para que ele consiga memorizar a escrita, pelo menos, dos números no material tátil.

Peça para ele guardar o material na caixa novamente, com cuidado, e o instrua a treinar em casa. Para isso, passe alguns exercícios com Pilhas ou vetores, para que ele possa treinar as atividades com o material tátil e ficar mais familiarizado com seu uso, e se acostumando a sempre deixar os números organizados nas caixas organizadoras.

Ressalte que nem sempre será necessário usar o material completo com a grande base de 16 folhas. Às vezes uma única base de 8 folhas pode ser o suficiente. O aluno poderá organizar as peças de outra forma, caso prefira, mas sempre deverá deixar claro ao professor a sua lógica de organização. Com por exemplo, iniciar o preenchimento de um vetor no nível com 4 folhas, e depois continuar no nível logo abaixo, como se fosse uma única linha reta. Assim, não precisaria montar toda a estrutura que exigiria uma superfície maior.

Sugira ao aluno tentar montar a mesma pilha da atividade proposta utilizando apenas uma base de 8 folhas. Peça que ele grave um vídeo ou explique na próxima aula o processo desenvolvido.

Envie ao aluno outra sequência de números, em um documento ou mensagem no formato digital, como e-mail, documento de texto editável, PDF Acessível ou bloco de notas, e peça que ele realize as atividades propostas com a estrutura Pilha, desta sequência didática.

Avaliação

O professor deverá avaliar os registros feitos pelo aluno no celular ou computador, em documento de texto ou semelhante. O aluno deverá ter acertado sobre os elementos do topo da pilha e seu tamanho.

Analise os resultados dos registros feitos sobre as atividades passadas para casa, com o intuito de familiarização com o material. Se o aluno tiver condições de filmar a execução da atividade, peça a filmagem, pelo menos dos momentos que ele manipula o material ao executar algum passo proposto nesta sequência, para avaliar o uso do material, e pensar em melhores direcionamentos, caso necessário.

Se tiver passado o exercício para casa, analise se o aluno conseguiu montar a estrutura com as fotos ou filmagens, ou pelo menos as informações registradas, como o topo da pilha, quando pedido durante as atividades da sequência, a quantidade de elementos quando executa os métodos solicitados etc.

Procure perceber, nos eventuais erros, se o motivo foi dificuldades em utilizar o material tátil, falta de compreensão das atividades propostas ou pequenos erros de desatenção ao executar os métodos.

FINALIZAÇÃO DA SEQUÊNCIA

O aluno deve ter conseguido montar a base de 16 folhas, organizar os números nas caixas organizadoras e construir a Pilha como orientado na sequência. Ele deve conseguir enviar os registros ao professor com os resultados das atividades realizadas em casa.

Caso o discente tenha dificuldades na organização dos números, indica-se a ele fazer alguma formação ou estudar um pouco sobre o básico de um caractere braile. Conhecer como o caractere é escrito irá facilitar a memorização, e, conseqüentemente, aumentará consideravelmente a agilidade na hora de identificar os números nas peças, e guardá-los nas caixas organizadoras.

Perceba as dificuldades do aluno na aula seguinte. Se é na montagem das bases, se é na identificação ou organização das peças numéricas, ou se é no próprio conteúdo de Pilha. Isso pode ser trabalhado com mais detalhamento, reutilizando esta sequência didática, nos passos referentes às dificuldades do discente. Se quiser, pode trabalhar com uma pilha contendo menos elementos, para facilitar a compreensão, e ir aumentando a quantidade aos poucos.

APÊNDICE H – SEQUÊNCIA DIDÁTICA 2

DISCIPLINA: Estrutura de Dados

Especificação: Sequência didática utilizando material tátil acessível para pessoas com deficiência visual.

Autor: Allan George Bezerra (allangeorge@virtual.ufc.br)

Instituição: Universidade Federal do Ceará – Mestrado Profissional em Tecnologia Educacional (ppgte.ufc.br)

TEMA: Introdução à Árvore Binária de Busca, usando o material tátil.

CONTEÚDOS TRABALHADOS

- Representação de uma árvore binária no material tátil.
- Trabalhar no desenho da Árvore Binária os conceitos: Raiz, folha, subárvore e altura.
- Execução dos algoritmos de Inserção e Remoção em uma Árvore Binária de Busca.
- Execução do algoritmo para percorrer uma Árvore Binária de Busca em Pré-Ordem.

HABILIDADES

- O aluno aprenderá como utilizar o material tátil para construir a estrutura de dados Árvore Binária de Busca. Ele será orientado sobre a utilização das peças e como tatear o material para compreender o desenho geral da estrutura, assim como os elementos que a compõem.
- O discente saberá identificar alguns conceitos da estrutura de dados Árvore Binária, através do desenho formado no material tátil, tais como: Raíz, nó folha, subárvore e altura.
- O discente aprenderá a construir uma Árvore Binária de Busca utilizando o método de Inserção, e poderá fazer alterações com o método de Remoção de elementos.
- O discente aprenderá a percorrer a árvore utilizando o algoritmo de Pré-Ordem. Ficando apto a percorrer, também, com os algoritmos de Pós-Ordem e Em Ordem.

Tempo da sequência didática

Cerca de 110 minutos.

Caso queira dividir em duas aulas:

Aula 1 – Partes 1 e 2: 60 minutos;

Aula 2 – Partes 3 e 4: 60 minutos.

Materiais necessários para a sequência didática

- Material educacional tátil completo: 5 Caixas organizadoras, Números de 1 a 20, 2 Bases de 8 folhas e Raiz conectora;
- Mesa com superfície de pelo menos 90cm de comprimento e 50cm de largura, aproximadamente;
- Computador equipado com leitor de tela, celular ou outro meio acessível para o aluno fazer anotações ou ler materiais enviados pelo professor.

AULA

Organização

É importante que os alunos com deficiência visual tenham uma mesa com superfície de tamanho suficiente para comportar o material com conforto. Se ele precisar utilizar o computador, é importante que esta mesa esteja bem próxima para que ele possa se mover facilmente e acessar algo.

O material tátil será utilizado para “desenhar” a estrutura de Dados Árvore Binária, da mesma forma que os demais alunos irão desenhar ou observar na lousa os desenhos visuais. Portanto, espera-se que o discente com deficiência visual seja capaz de acompanhar os desenhos pelo material montado, assim como fazer ou responder aos questionamentos feitos durante a aula.

Quando o professor for ministrar os conteúdos propostos nesta Sequência Didática, total ou em partes, é indicado que seja descritivo em suas ações, como:

- Ao escrever na lousa, ditar tudo que está escrevendo;
- Ao apresentar slides, descrever o conteúdo das imagens, e, se importante for, ler o conteúdo projetado;
- Quando for utilizar o desenho de uma Árvore Binária para os exemplos, passe a sequência de números para os alunos com deficiência visual que estarão utilizando o material tátil. Se eles já souberem executar o algoritmo de Inserção, eles saberão construir a árvore a partir da sequência informada. O ideal é que a sequência seja informada ao discente com deficiência visual, antes de desenhar a imagem, ou, caso ela já esteja pronta no slide, você pode preparar um documento digital acessível com antecedência, contendo a lista de sequências numéricas para montagem das árvores. No momento da aula, bastará informar qual a sequência de números que o discente deverá utilizar. Ele poderá acessar o documento de texto pelo celular ou computador.
- Caso o desenho da árvore seja improvisado, ou seja, no momento da aula, o professor poderá executar rapidamente o algoritmo que percorre a árvore em pré-ordem. A

sequência numérica resultante poderá ser repassada para o aluno por e-mail ou formato digital que o permita acessar pelo celular ou computador. A árvore binária resultante da inserção dos elementos dessa sequência será igual a que o professor desenhou improvisadamente.

- Quando for apontar um elemento na árvore, além de dizer o valor do nó, é importante descrever sua posição de forma clara e sucinta. Algumas sugestões são: “O nó raiz com valor 18”, “Aqui, no terceiro nível, o quarto nó da esquerda para direita, de valor 10”, “Descendo para a esquerda, temos o nó X” ou “No nível 4 da árvore, o segundo nó, de valor 2, é um nó folha” (se já acertar com o aluno que a contagem de nós é da esquerda para direita, não precisará informar que se deve contar nessa direção, pois já fica subtendido).

Introdução

A aula ocorrerá normalmente, para toda a turma, incluindo o discente com deficiência visual. Ele já deve estar posicionado com o material montado. O professor deve verificar se o aluno precisará montar a base completa de 16 folhas, ou se apenas uma Base de 8 folhas já é o suficiente para todos os exemplos a serem trabalhados na aula.

Com a aula descritiva, tendo as informações passadas ao aluno com deficiência visual antecipadamente, e dando um acesso fácil e ágil ao dispositivo preferível por ele (celular, computador, notebook etc.), espera-se que a aula siga sem a necessidade de mais adaptações, além das citadas anteriormente.

Caso o professor organize o seu cronograma de aulas de forma incompatível a esta sequência didática, ele pode fazer uma divisão dos conteúdos, trabalhando as partes 1 e 2 em uma aula, e as partes 3 e 4 em um outro momento.

Desenvolvimento

Parte 1: Construindo uma Árvore Binária

1- Construa uma Árvore Binária no material tátil.

O discente deve colocar as peças numéricas nos encaixes na Base de 8 folhas. Por ser uma peça mais simples e compacta, o entendimento do desenho da estrutura será mais fácil. Aproveite para desenhar na lousa a mesma estrutura de árvore que o discente com deficiência visual está montando na base.

O encaixe deve seguir uma ordem: Iniciando pelo encaixe do primeiro nível, depois os encaixes no segundo nível. Quando preencher todos os espaços, o discente poderá passar para o próximo nível. O último nível (nível 4) não precisa ser totalmente preenchido.

2- Compreenda o desenho de uma Árvore Binária.

O discente deve utilizar as mãos para sentir as peças encaixadas, e perceber as ligações entre um número e o outro encaixado logo abaixo. Se quiser, pode usar uma das mãos

para percorrer, e a outra para segurar a base através do círculo vazado, caso queira manter o material mais firme.

O professor pode verbalizar todos os elementos da árvore, informando o caminho que está percorrendo ("A raiz é o número X, descendo pela esquerda temos o nó Y, indo a esquerda novamente, temos o número Z"). Outra opção é pedir que o próprio aluno com deficiência visual verbalize os nós visitados e os caminhos que vai percorrendo, conforme a orientação do professor ("Segue para o nó raiz. Qual o valor dele? Descendo pelo caminho a esquerda, qual o valor desse nó?" etc.).

Cada número encaixado é um nó da árvore, ignore os encaixes vazios. As linhas em alto relevo são as ligações entre nós de níveis diferentes.

3- Modifique o desenho da Árvore Binária

O discente deve remover alguns nós da árvore construída no material. A remoção pode ser feita de forma aleatória, ou sob orientação do professor.

Se o professor preferir, ele pode orientar o aluno com deficiência visual a escolher os elementos a serem removidos, e pedir que ele vá informando o caminho que vai fazendo, ou o próprio professor pode ir informando isso para que o aluno vá sempre acompanhando e confirmando o caminho percorrido, já que o desenho trabalhado na lousa é o mesmo que o do material tátil.

Um nó só pode permanecer na base, caso haja uma conexão com outro nó posicionado em um nível acima dele. Caso contrário, ele deve ser removido. Lembre-se que toda peça removida deve ser guardada na sua respectiva caixa organizadora, de forma ordenada, para facilitar sua busca nas próximas atividades.

Após a remoção, o discente deve percorrer a estrutura formada com as mãos. A exploração deve começar pelo único nó no primeiro nível, e depois descendo pelas ligações que conectam a outros nós em níveis mais baixos.

O discente deve compreender a estrutura como um todo para perceber como ficou o seu desenho, ignorando os espaços de encaixe vazios.

Esse momento, também, pode ser guiado de forma verbal pelo professor ou pelo próprio aluno com deficiência visual.

Parte 2: Conceitos básicos de uma Árvore Binária

4- Identifique os Nós e a Raiz da Árvore Binária construída

Primeiramente, caso tenha dificuldades com o desenho restante da árvore anterior, o discente poderá reposicionar os nós nos espaços vazios, deixando todos os níveis utilizados preenchidos.

Cada elemento numérico da árvore é um nó.

O nó chamado Raiz é o primeiro nó que inicia a Árvore Binária. Ele fica sozinho no primeiro nível. Identifique este nó.

5- Identifique os Filhos a Esquerda e os Filhos a Direita.

Cada nó tem duas ligações que os conectam a um espaço de encaixe no nível logo abaixo dele. Uma ligação para a esquerda e outra para a direita. Partindo da raiz, uma ligação direcionada para a esquerda irá conectá-la a outro nó, no nível logo abaixo. Esse é o Nó Filho a Esquerda, ou somente o seu Filho a Esquerda. Partindo da raiz novamente, seguindo agora pela outra ligação, a qual se encaminha pela direita, chegamos ao Nó Filho a Direita da raiz, ou somente Filho a Direita da raiz.

Percorra os nós da árvore, e identifique o filho a esquerda e o filho a direita de cada um.

6- Identifique o que é um Nó Pai.

Excetuando a raiz, todos os nós são filhos a esquerda ou à direita de um nó em nível superior. Escolha um nó na árvore, que não seja a raiz. A ligação que sai dele para o nível logo acima, o levará ao seu Nó Pai.

7- Identifique as Folhas.

Percorra a árvore com o seu tato e procure por nós que não tem nenhum filho, nem a esquerda, nem a direita. Provavelmente eles estarão nos níveis mais baixos, podendo haver exceções, a depender de como a árvore está desenhada. Os nós que não possuem nenhum filho são chamados de Nós Folha, ou simplesmente Folhas. Identifique todas as folhas da árvore.

8- Identifique uma subárvore.

O conjunto formado por um nó e todos os outros acessíveis a partir dele, seguindo até às folhas, é uma subárvore da árvore principal.

Escolha um nó qualquer da árvore, que não seja a raiz. Percorra todos os nós abaixo dele, até chegar às folhas. Esse nó é a raiz de uma subárvore da árvore principal. Tente identificar mais subárvores.

9- Calcule a altura da árvore.

Para calcular a altura de uma árvore, primeiramente é necessário saber contabilizar a distância entre dois nós. A distância entre dois nós é a quantidade de ligações percorridas para sair de um até chegar ao outro.

A Altura de um nó qualquer, é a distância dele até a folha do nível mais baixo. Lembrando que as ligações percorridas para calcular a altura, devem sempre seguir descendo pelos nós filhos. Escolha alguns nós da árvore e calcula a altura deles.

A altura da árvore é a altura de sua raiz. Ou seja, a distância da raiz até o nó folha de nível mais baixo. Calcule a altura da árvore montada no material tátil.

Escolha algumas subárvores e calcule a altura delas.

Após concluir esta parte da sequência e compreender alguns conceitos sobre Árvore Binária, esvazie a base de todos os nós, lembrando de guardar todos os números de forma ordenada em suas respectivas caixas organizadoras.

Parte 3: Construindo uma Árvore Binária de Busca

10- Construa uma Árvore Binária de Busca, inserindo os elementos: 10, 13, 11, 6, 12, 22, 9, 20, 23, 8, 5.

Uma Árvore Binária de Busca é uma Árvore Binária que segue algumas regras para se manter ordenada. Para isso, ela tem a característica de que todo elemento adicionado a ela já é inserido de forma ordenada. Para isso, o Algoritmo de Inserção de qualquer elemento segue a seguinte regra:

O elemento é inserido a partir da raiz;

Se o espaço estiver vazio, adicione o elemento naquele espaço;

Se não estiver vazio, verifique o seguinte:

Se o número a ser inserido for menor, siga para o espaço de encaixe a esquerda.

Se o número a ser inserido for maior, siga para o espaço de encaixe a direita.

Repita esses procedimentos até encontrar um espaço vazio para o novo elemento ser encaixado na base.

FIM

Execute esse algoritmo para inserir todos os números da sequência indicada neste passo.

O professor pode verificar se a árvore resultante, após a inserção de todos os nós, está correta. Isso irá assegurar que o discente acompanhará os próximos passos de forma sincronizada à árvore mostrada na lousa ou projeção, pelo professor.

O discente pode tatear a árvore construída para compreender sua forma, identificar a raiz, as folhas, calcular a altura da árvore etc.

11- Remova os elementos 8, 11, 13.

Da mesma forma que a Inserção, a Remoção de elementos não pode mudar a característica de uma árvore ordenada da estrutura. Assim, quando um elemento é removido, a

árvore deve continuar ordenada, seguindo a regra de que, para cada nó, os elementos menores ficam a sua esquerda, e os elementos maiores ficam a sua direita.

Para remover os elementos, siga o Algoritmo de Remoção:

Se o nó removido for uma folha, basta deletá-lo e transformá-lo em nulo (encaixe vazio).

Se o nó removido tiver apenas um filho, ele será deletado e o seu filho fica no seu lugar.

Se o nó removido tiver dois filhos

Busca-se o sucessor.

O sucessor é o nó mais à esquerda do filho à direita do nó removido. (Basta dar um passo a direita, e depois seguir somente para a esquerda até não ter mais filho a esquerda. Esse nó será o sucessor).

Mova o sucessor para o lugar do nó removido.

Se o sucessor não tiver filhos, então basta deletá-lo.

Se o sucessor tiver um filho (que neste caso seria à direita), basta agir como se tivesse ocorrido uma operação de remoção no sucessor, ou seja, o nó filho do sucessor ficará no seu lugar.

FIM

Use o algoritmo de remoção para remover os elementos solicitados.

O professor pode verificar se a árvore resultante, após as remoções, está correta.

O discente pode tatear a árvore construída para compreender sua forma, identificar a raiz, as folhas, calcular a altura da árvore etc.

Parte 4: Percorrendo uma Árvore Binária de Busca

12- Percorra a árvore usando o algoritmo de Pré-Ordem.

Existem três algoritmos para percorrer todos os nós de uma árvore binária, e tendo a sequência de todos os seus valores em uma sequência resultante. Os algoritmos são: Pré-Ordem, Pós-Ordem e Em Ordem.

Ao percorrer uma árvore binária, nenhum nó é removido ou inserido. Apenas há o registro os valores visitados durante a execução do algoritmo, formando uma sequência de números, na ordem em que os elementos foram visitados.

O Algoritmo de Pré-Ordem registra o valor dos nós visitados seguindo a seguinte regra: Registra-se a Raiz, registra-se o filho a esquerda e registra-se o filho a direita.

Para cada nó analisado/visitado, é preciso tratá-lo como uma nova árvore ou subárvore, dessa forma, um filho a esquerda, que é visitado, passa a ser considerado uma raiz de uma subárvore, e o seu valor já entra para a sequência de números. Quando não houver mais filhos a esquerda, aí o filho a direita é analisado, para somente depois subir para analisar os filhos a direita do pai dessa subárvore. Isso ocorre por ser um algoritmo recursivo.

Algoritmo Pré-Ordem:

Inicia analisando a Raiz da árvore.

Registrar valor da raiz;

Desce para filho à esquerda;

Se houver um nó, trata-o como nova raiz, e repete o processo do início;

Se estiver vazio, volta para o nó pai e desce para o filho da direita;

Se houver um nó, trata-o como nova raiz e repete o processo desde o início;

Se estiver vazio, sobe até um nó pai cujo tenha um filho que não foi analisado e registrado na sequência e desce para o seu filho à direita, trata esse filho como nova raiz e repete o processo do início.

Se voltar para a raiz da árvore principal, e já tiver analisado o seu filho a esquerda e a direita, então todos os elementos foram registrados na sequência.

FIM

Em resumo, a ordem de visita dos nós ao percorrer uma árvore é:

Pré-Ordem: Raiz, Filho a Esquerda, Filho a Direita.

Em Ordem: Filho a esquerda, Raiz, Filho a direita.

Pós-Ordem: Filho a esquerda, Filho a direita, Raiz.

O discente deve executar o algoritmo de pré-ordem e anotar a sequência de números resultante do processo, no local que preferir, celular, computador etc.

Conclusão

O professor deve analisar os resultados da atividade e o desempenho do aluno na utilização do material e compreensão do conteúdo. Se for fazer alguma correção, e tiver dificuldades de orientar verbalmente, pode perguntar, ou já ter combinado com o aluno antes, se pode tocar a mão dele para conduzir o toque até o local correto do material que deseja tecer alguma explicação. Em geral, apenas a orientação com as coordenadas será o suficiente (“O terceiro nível, o quarto nó, de valor X”).

Esta sequência pode ser muito longa para apenas uma aula, a depender do nível dos alunos, então pode ser necessário dividir as atividades em duas aulas, deixando a execução dos

algoritmos para um segundo momento, dando tempo para o aluno exercitar o uso do material na montagem de uma árvore e os conceitos trabalhados.

O professor pode preparar algumas sequências de números para o discente com deficiência visual montar algumas árvores binárias em casa. Se ela tiver uma altura igual a 4 (quinto nível do material) ele poderá montar a base de 16 folhas, que permite uma árvore desta altura. Indica-se, sempre que possível, trabalhar árvores com altura até 3, para agilizar o uso de um material mais compacto. Entretanto, não é preciso prejudicar a abordagem do conteúdo por esse motivo, se for vantajoso para o aprendizado trabalhar uma árvore maior, então deve-se aproveitar o potencial total do material tátil.

O professor pode solicitar que o discente também execute os três algoritmos para percorrer uma árvore binária em casa, enviando posteriormente a sequência de números resultante.

O feedback do discente com deficiência visual é importante. Então, o professor pode perguntar, ao final da aula, se há alguma mudança na metodologia que possa melhorar a execução das aulas ou atividades propostas, como passar os números para montagem da estrutura com antecedência, pedir que o material já seja montado antes que a aula inicie, ser mais descritivo durante a explicação etc.

Avaliação

Se tiver passado exercício de casa, o professor deve avaliar as sequências enviadas pelo aluno. Se necessário, pode pedir filmagens ou fotografias durante o momento de mudanças na estrutura do material, durante a execução dos algoritmos.

O professor deve verificar as respostas dadas pelo aluno com deficiência visual e verificar, no caso de erros, se isso ocorreu pela falta de compreensão do conteúdo, ou se foi um manuseio equivocado do material ou montagem errada da estrutura.

Verifique se o aluno respondeu as atividades de sala ou de casa de forma correta, sabendo identificar os elementos das árvores construídas com as sequências de números disponibilizadas, e se os algoritmos foram executados corretamente.

FINALIZAÇÃO DA SEQUÊNCIA

O aluno deve conseguir identificar todos os elementos de uma Árvore Binária (Raiz, Folha, filho a esquerda, subárvore etc.). O professor pode verificar isso através das respostas dos exercícios enviadas por e-mail, por exemplo.

Da mesma forma, o discente com deficiência visual deve saber executar os algoritmos de inserção, remoção e para percorrer a Árvore Binária de Busca. Se possível, o discente pode fazer registros do manuseio do material, através de fotos ou vídeos, se ele

conseguir. Caso contrário, o professor pode reservar um momento para pedir que o discente revise alguns conceitos sob sua observância, para verificar se ele está absorvendo o conteúdo.