Um material didático 3-D para ensino de modelagem de sistemas com UML

A 3-D didactic material for teaching systems modeling with UML

Claudio Z. Sanavria[1], Arthur S. Dantas[1], **Elivelton da S. Moreira[2], Rafael V. Cruz[1], Renato B. Lazarini[1], Victor Hugo D. de Macedo[1]**

1Instituto Federal de Mato Grosso do Sul (IFMS) – Campus Nova Andradina – Nova Andradina, MS, Brasil
2Instituto Federal de Mato Grosso do Sul (IFMS) – Campus Aquidauana – Aquidauana, MS, Brasil

claudio.sanavria@ifms.edu.br, {arthur.dantas, elivelton.moreira, rafael.cruz3, renato.lazarini, victor.macedo}@estudante.ifms.edu.br

Resumo. Este artigo descreve uma pesquisa que aperfeiçoou e analisou um material didático 3-D para o ensino e aprendizagem de modelagem de sistemas de informação, visando a inclusão de pessoas com deficiência visual. O produto abrange quatro diagramas (diagrama de casos de uso, diagrama de classes, diagrama de atividades e modelo relacional de dados), buscando padronizar seus componentes de modo a facilitar seu manuseio. O material inclui peças 3-D que representam os elementos de cada diagrama, montados em uma base Lego®, com uma planilha de apoio para complementar as informações por meio de leitor de tela. Os resultados evidenciam boa aceitação do usuário final para a padronização apresentada, apontando pontos de acertos e melhorias.

Palavras-chave: computação desplugada, educação inclusiva, engenharia de software.

Abstract. *This paper describes a study that improved and analyzed a 3-D teaching material for teaching and learning information systems modeling, aiming at the inclusion of people with visual impairments. The product includes four diagrams (use case diagram, class diagram, activity diagram and relational data model), seeking to standardize its components in order to facilitate their handling. The material includes 3-D pieces that represent the elements of each diagram, assembled on a Lego® base, with a support spreadsheet to complement the information through a screen reader. The results show good acceptance by the end user of the standardization presented, indicating points for success and improvements.*

Keywords: *unplugged computing, inclusive education, software engineering.*

Recebido em abril de 2025 • Aceito em maio de 2025 • Editora responsável: Gabriela Trindade Perry

1. Introdução

Tecnologia e mundo moderno são elementos indissociáveis. Raabe, Zorzo e Blikstein (2020) destacam que, antes vista como um campo de conhecimento restrito a pesquisadores e profissionais da área, hoje a computação expandiu-se para as demais áreas do conhecimento, integrando a vida cotidiana nas pessoas. Ressaltam que, além da aplicação de soluções computacionais complexas, desde a produção agropecuária até a medicina, as pessoas também empregam soluções cotidianas para sua comunicação, seu deslocamento, acesso a bancos, leitura de jornais, lazer, entre outros. Isso denota o caráter ubíquo e pervasivo da computação, vista agora como ferramenta estruturante de uma sociedade da informação mais dependente da comunicação e da ciência de dados.

> *Hoje, a humanidade enfrenta um conjunto exigente de desafios, tais como as mudanças climáticas, o declínio dos recursos naturais, a crescente população mundial a ser alimentada e abrigada, e tantos outros que denotam a importância das soluções computacionais (Sommerville, 2018, p. 2).*

No seu bojo, tal cenário traz demandas de novos equipamentos e sistemas digitais bem desenvolvidos e o software apresenta papel central nesse processo. Assim, ressalta-se a engenharia de software como "[...] uma disciplina de engenharia que se preocupa com os aspectos da produção de software, desde sua concepção inicial até sua operação e manutenção" (Sommerville, 2018, p. 5). É a engenharia de software que permite aos profissionais o desenvolvimento de sistemas de alta qualidade (Pressman; Maxim, 2021) sendo de importância crítica para o futuro neste planeta. Isso demanda que se continue a educar os engenheiros de software para que se criem futuros sistemas cada vez complexos que se fizerem necessários (Sommerville, 2018).

Além de já se constituir como uma possibilidade específica de graduação e pós-graduação, a engenharia de software integra o currículo de referência de todos os demais cursos da área, além de ser abordada em cursos técnicos integrados de nível médio em informática. Nesse âmbito, uma das competências mais destacadas refere-se a "analisar problemas avaliando as necessidades dos clientes, especificar os requisitos de software, projetar, desenvolver, implementar, verificar e documentar soluções de software baseadas no conhecimento apropriado de teorias, modelos e técnicas" (Zorzo et al., 2017, p. 60).

> *A Engenharia de Software foca sua preocupação em manter o controle sobre todas as fases do processo de desenvolvimento do software por meio de métricas voltadas ao controle produtivo dessas aplicações. Para tanto, devem ser estabelecidos e usados sólidos princípios de engenharia para que se possa obter economicamente um software que seja confiável e que funcione eficientemente em máquina reais (Zorzo et al., 2017, p. 57).*

Dentre as ferramentas que possibilitam aos profissionais o atingimento da qualidade almejada está a UML (Unified Modeling Language), "[...] atualmente a linguagem padrão de modelagem, adotada internacionalmente pela

indústria da engenharia de software" (Guedes, 2018, p. 20). Adequada para a modelagem de sistemas, a sua abrangência poderá incluir desde sistemas de informação corporativos a serem distribuídos e aplicações baseadas em Web até sistemas embutidos em tempo real. Dessa maneira, trata-se de uma linguagem que abrange todas as visões necessárias ao desenvolvimento e implantação desses sistemas (Booch; Rumbaugh; Jacobson, 2006). Em decorrência disso, existe hoje uma grande valorização e procura no mercado por profissionais que dominem essa linguagem (Guedes, 2018).

Em termos de práticas educativas, uma complexidade no trabalho com tal conteúdo implica na sua natureza predominantemente visual, uma vez que a UML abarca um conjunto de diagramas, cada um tratando especificamente de um aspecto a ser considerado na modelagem de um sistema. Tais diagramas são elaborados por meio de ferramentas específicas, as ferramentas CASE (Computer-Aided Software Engineering). Estas, por sua vez, dificilmente possuem suporte para um leitor de telas, instrumento necessário para uma pessoa com deficiência visual. Por trabalhar com o estabelecimento de modelos visuais, os elementos e estereótipos da UML possuem uma semântica própria e difícil de ser traduzida por tais tecnologias assistivas. Assim, constitui-se um conteúdo de difícil compreensão por parte do estudante que possua limitações em sua visão.

De acordo com Censo da Educação Básica 2023 (Brasil, 2024) o número de matrículas da educação especial (matrículas de alunos com deficiência, transtornos globais do desenvolvimento e/ou altas habilidades/superdotação em classes comuns ou em classes especiais exclusivas) chegou a 1,8 milhão em 2023, um aumento de 41,6% em relação a 2019. O Ensino Fundamental concentra 62,9% dessas matrículas e, considerando apenas os alunos de 4 a 17 anos da educação especial, verifica-se que o percentual de matrículas de discentes incluídos em classe comum também vem aumentando gradativamente, passando de 90,8%, em 2017, para 95%, em 2023.

No contexto da Educação Profissional e Tecnológica tem-se, mesmo que lentamente, o ingresso – e não necessariamente a inclusão – de estudantes com deficiência no ensino profissional dos institutos federais, o que tem se ampliado a partir de novas leis, documentos e resoluções que tratam das cotas para o ingresso de alunos com deficiência no Ensino Médio e Superior (Koehler; Silva, 2020).

Dessa maneira, partindo do princípio de que a educação é um direito constitucionalmente assegurado a todos os cidadãos brasileiros (Brasil, 1988) – e aos que possuem algum tipo de deficiência também é dever do Estado promover todas as formas de sua inclusão no seu sistema educacional (Brasil, 2015) – em 2021 iniciou-se um projeto de iniciação científica que propôs desenvolver, aplicar e analisar o potencial pedagógico de um conjunto de materiais didáticos concretos 3-D para apoio ao ensino e aprendizagem de conceitos de Engenharia de Software e Banco de Dados, visando a inclusão de pessoas com deficiência visual (Souza Filho et al., 2022). A pesquisa partiu da hipótese de que um material didático, pensado especificamente e considerando a inclusão, pode contribuir no aprendizado de modelagem de sistemas de informação.

Apesar do êxito, em grande parte, das atividades previamente estabelecidas, algumas lacunas ainda permaneceram na execução deste primeiro projeto, ocasionadas, principalmente, pelas adversidades impostas pela pandemia Covid-19. A principal delas referia-se ao processo de validação de todo esse material, uma vez que houve dificuldades em encontrar estudantes de informática com as características necessárias para uma análise mais profunda do potencial pedagógico dos recursos desenvolvidos.

Nesse contexto, este artigo apresenta a continuidade da pesquisa aqui descrita, que procurou avançar, a partir dos resultados já alcançados, buscando padronizar os materiais para um único modelo de uso, contemplando todos os diagramas e permitindo ao estudante estabelecer um modelo mental de utilização.

Para melhor compreensão dos resultados, este trabalho encontra-se organizado da seguinte maneira: a seção 2 contextualiza o projeto inicial e apresenta os diagramas selecionados para o desenvolvimento dos materiais; a seção 3 descreve o percurso metodológico realizado; a seção 4 traz os resultados, detalhando os materiais e seus elementos, além dos aspectos analisados pelo usuário final durante sua validação; por fim, são feitas as considerações finais e listadas as referências utilizadas.

2. Diagramas selecionados

Inicialmente, foram desenvolvidos materiais para três diagramas: casos de uso; classes; e modelo relacional de dados (Souza Filho et al., 2022). Este último, mesmo não compondo o arcabouço da UML, foi selecionado pelo fato de ainda ser muito empregado no desenvolvimento de bancos de dados. De modo a expandir o projeto em termos de possibilidades, foi acrescentado mais um diagrama UML ao seu conjunto: o diagrama de atividades.

Além dos materiais táteis inicialmente construídos, foram elaboradas planilhas eletrônicas de apoio, de forma a subsidiar o usuário na complementação de informações sobre o diagrama modelado. Esse suporte fez-se necessário para que os detalhes pudessem ser trabalhados e, por meio de software leitores de tela, fosse possível a construção completa dos diagramas.

Junto aos materiais foram elaborados roteiros de uso, detalhando o objetivo do material, trazendo uma breve fundamentação sobre as características de cada diagrama representado, as finalidades de cada peça e exemplos que pudessem ajudar os novos usuários a compreender melhor cada material, sua função e, consequentemente, fazer o melhor uso deste recurso.

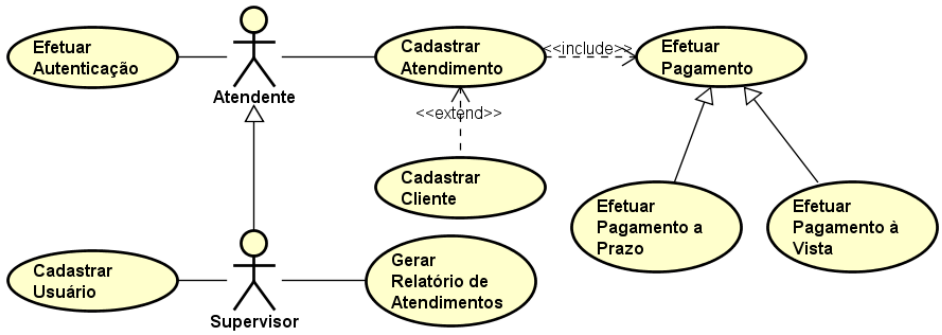
A partir de trabalhos anteriormente realizados dentro da temática, tais com os de Jacaúna e Silva (2016) e Silva, Pansanato e Fabri (2010) – que apresentam possibilidade de adaptação metodológica para o ensino de UML para deficientes visuais, porém apenas propondo uso de softwares auxiliares – a pesquisa descrita neste artigo procurou avançar no sentido de elaborar um material concreto que não descaracterizasse por completo os elementos visuais propostos originalmente para os diagramas. O principal desafio foi permitir que o estudante com deficiência visual experenciasse a modelagem

o mais próximo possível do estudante vidente e que este último também pudesse fazer uso do material para a sua aprendizagem.

Para melhor entendimento dos resultados a serem descritos neste artigo, nesta seção será feita uma breve fundamentação acerca dos diagramas selecionados para o material didático desenvolvido e validado.

O diagrama de casos de uso corresponde a uma visão externa de alto nível do sistema. Esse diagrama representa graficamente os atores, casos de uso e relacionamentos entre esses elementos. Assim, tem o objetivo de ilustrar quais elementos externos interagem com quais funcionalidades do sistema (Bezerra, 2015). A Figura 1 ilustra um exemplo de diagrama de casos de uso.

Figura 1. Exemplo de diagrama de casos de uso

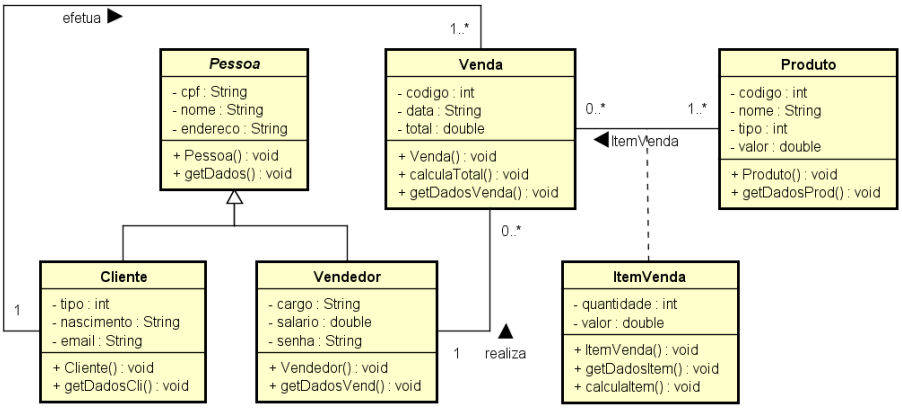


A notação utilizada para ilustrar atores é a figura de um "boneco", com o nome definido logo abaixo da figura. Cada caso de uso é representado por uma elipse. Além disso, existem os relacionamentos e comunicação, extensão, inclusão e generalização/especialização, todos com suas respectivas representações e estereótipos.

O ***diagrama de classes*** é utilizado na construção do modelo de classes desde o nível de análise até o nível de especificação. De todos os diagramas da UML, esse é o mais rico em termos de notação (Bezerra, 2015). Basicamente, é composto de suas classes (com seu nome, seus atributos e métodos) e

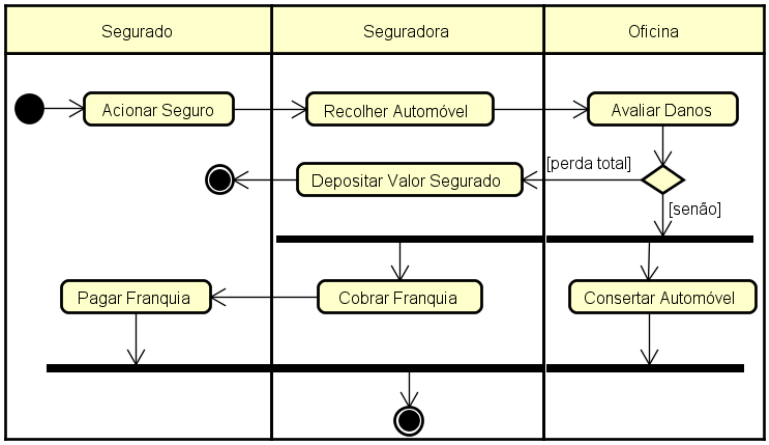
associações existentes entre elas, ou seja, os relacionamentos entre as classes **(**Guedes, 2018**)**. A Figura 2 apresenta um exemplo de diagrama de classes.

Figura 2. Exemplo de diagrama de classes



O ***diagrama de atividades*** enfatiza a sequência e condições para coordenar comportamentos de baixo nível. Dessa forma, é o diagrama com mais ênfase no nível de algoritmo da UML e, provavelmente, um dos mais detalhistas **(**Guedes, 2018**)**. Apresenta muitas semelhanças com os antigos fluxogramas utilizados para desenvolver a lógica de programação e determinar o fluxo de controle de um algoritmo **(**Guedes, 2018**)**. A Figura 3 ilustra um exemplo de diagrama de atividades.

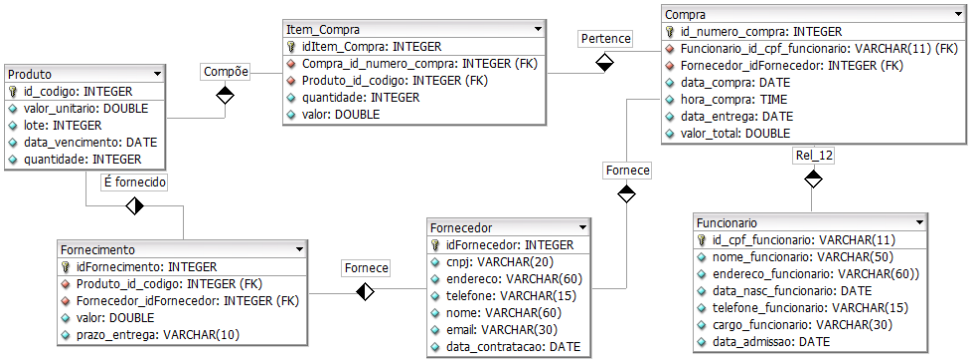
Figura 3. Exemplo de diagrama de atividades



Apesar de não compor o rol de diagramas da UML, o ***modelo relacional de dados*** é um importante elemento na modelagem de sistemas, visto que permite ao engenheiro planejar o banco de dados a ser construído. Esse modelo se fundamenta no conceito de relação, ou seja, uma tabela composta por linhas e colunas. Cada relação possui um nome e um domínio. O mode-

lo ainda traz os conceitos de chave primária e chave estrangeira (Bezerra, 2015). A Figura 4 apresenta um exemplo.

Figura 4. Exemplo de modelo relacional de dados



A escolha destes diagramas para o material didático justificou-se pelo fato de serem os mais utilizados nas aulas referentes à modelagem de sistemas, porém o projeto não precisa ficar restrito a eles em trabalhos futuros.

3. Percurso metodológico

A pesquisa seguiu abordagem qualitativa de natureza experimental e aplicada. Por se tratar de um programa de iniciação científica em nível médio, todas as ações levaram em conta o trabalho colaborativo como prática educativa. Os pesquisadores foram estudantes do último ano do Ensino Médio Técnico Integrado em Informática e cursaram todo o conteúdo trabalhado nos materiais propostos. Além disso, o orientador é o docente responsável pelas disciplinas de Banco de Dados e Engenharia de Software e atuou como especialista no escopo tratado.

Em síntese, a pesquisa teve como percurso metodológico:

1) Fundamentação teórica: foram feitos aprofundamentos teóricos a partir do levantamento de trabalhos relacionados e autores que fundamentassem as atividades da pesquisa, priorizando periódicos e bancos de teses e dissertações. Além disso, foram estudados os resultados alcançados pelo projeto anteriormente desenvolvido;

2) Aperfeiçoamento do material já desenvolvido: a partir dos resultados descritos no projeto anterior, foram realizadas atividades de levantamento e organização dos conceitos para o novo material pedagógico e modelagem de todos os elementos a serem construídos. Cada bolsista ficou responsável por um diagrama;

3) Impressão e construção do material aperfeiçoado: impressão dos modelos e aprimoramento de cada peça anteriormente projetada. Além da impressão, foram construídos elementos complementares com MDF e outros insumos que se fizeram necessários;

4) Planejamento da aplicação do material: etapa que consistiu no estabelecimento de atividades a serem desenvolvidas com cada material e na definição dos instrumentos de coleta de dados;

5) Aplicação do material: Para esta etapa, houve o contato direto com um estudante do último semestre do Curso Técnico Integrado em Informática do IFMS Campus Aquidauana, colaborador da pesquisa e coautor desse artigo, que possui deficiência visual, a fim de subsidiar o processo. É importante destacar que sua atuação se deu a partir desta etapa da pesquisa, visando evitar possíveis "vícios" de desenvolvimento;

6) Análise dos resultados: etapa final do projeto, com sistematização dos resultados alcançados, análise do potencial do produto final e disponibilização da versão final para uso.

O lócus da pesquisa foi o IFMS Campus Nova Andradina, com apoio do Campus Aquidauana.

4. Resultados e discussões

O material aperfeiçoa o que já havia sido desenvolvido em projeto anterior, buscando uma padronização que permitisse o uso mais adequado e efetivo das peças desenvolvidas. A partir do referido aperfeiçoamento, o material passou a ter uma única base para encaixe, na qual as peças são utilizadas de acordo com o diagrama a ser construído, ou seja, a sintaxe da peça varia conforme o seu objetivo.

A proposta do material é que ele permita ao estudante autonomia para a construção dos seus diagramas, criando-os por meio das peças e complementando suas informações em tabela auxiliar. Assim, o material padronizado apresenta uma estrutura de peças que, conforme o diagrama a ser construído, assume uma sintaxe e uma semântica. A base é composta por uma estrutura estilo LEGO®, com duas partes dobráveis que se unem, formando um único tablado. Sobre ele, são encaixadas as peças.

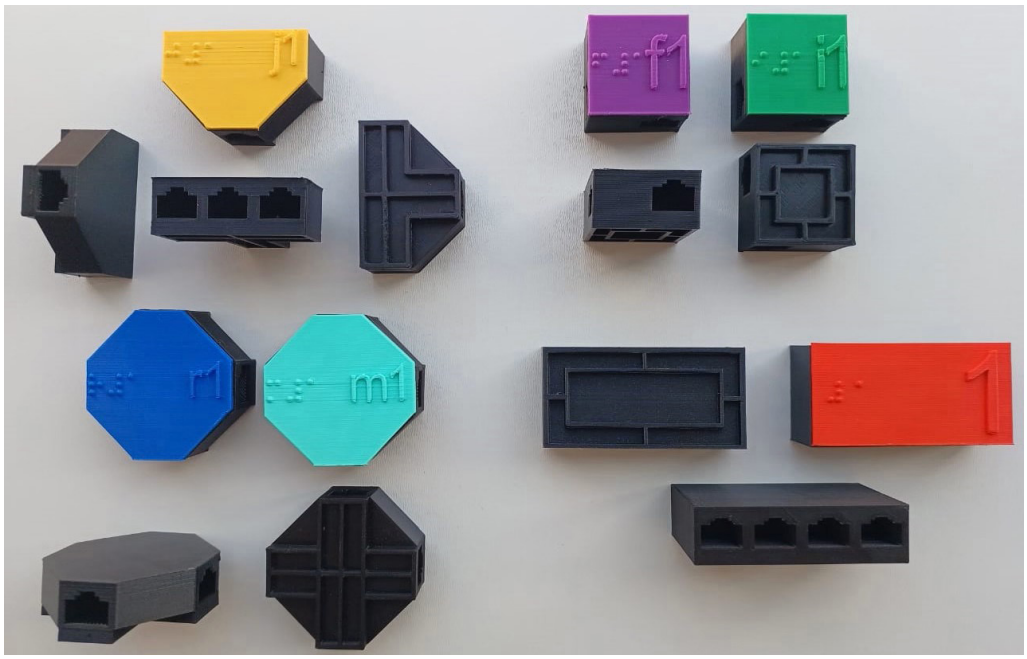
As peças possuem encaixe inspirado no padrão RJ-45. Assim, toda peça possui entradas para esse padrão, porém os fios são de silicone, o que permite melhor manuseio. Esse padrão foi escolhido por permitir um fácil encaixe, garantindo que o diagrama não se desfaça facilmente durante sua constru-

ção. Além disso, o seu uso traz certo padrão ao usuário, visto que se destina a estudantes da área de Informática. A Figura 5 ilustra o cabo conector.

Figura 5. Encaixe e cabo conector

As peças são identificadas por siglas e seu correspondente em Braille, e possuem o desenho necessário para o encaixe no tabuleiro. Cada cor também tem um significado, para facilitar a padronização e apoiar os estudantes com baixa visão. A Figura 6 apresenta parte das peças projetadas.

Figura 6. Peças

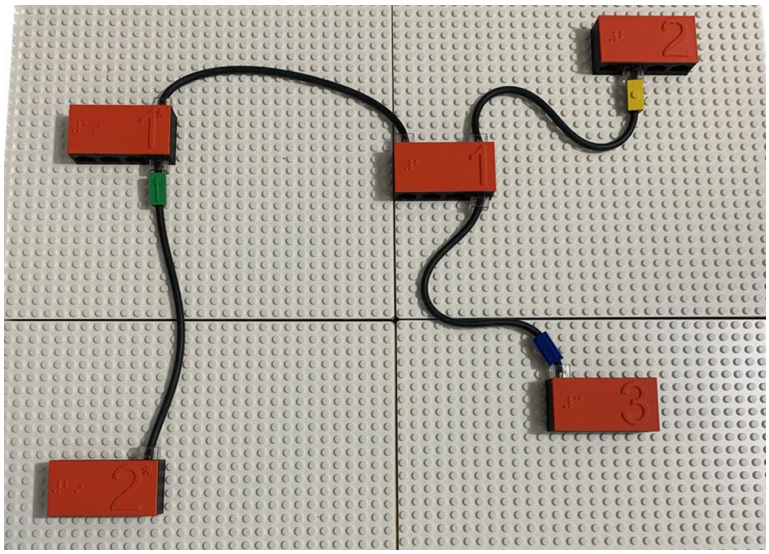


A seguir, serão descritas as configurações definidas para cada diagrama, tendo como base os seus estereótipos e aspectos modelados do sistema em desenvolvimento. Em seguida, serão apresentados elementos considerados pelo usuário durante o processo de validação.

4.1 Diagrama de casos de uso

O diagrama de casos de uso é composto por dois elementos principais: atores e casos de uso. Os atores representam entidades externas, como usuários, sistemas externos ou dispositivos, desempenhando papéis específicos nas interações. Os casos de uso representam as funcionalidades ou ações que um sistema oferece aos atores. Ambas as peças possuem uma base retangular com identificação na parte superior de cor laranja, sendo diferenciadas pelo formato da identificação: os casos de uso têm apenas números, enquanto os atores são identificados por números seguidos de um asterisco. A Figura 7 ilustra um exemplo de diagrama de casos de uso montado no material.

Figura 7. Diagrama de casos de uso



As relações entre casos de uso e atores, como inclusão (include), extensão (extend) e herança, são representadas por estereótipos. A inclusão indica que um caso de uso pode incluir outro como parte de sua funcionalidade, sendo executado de forma obrigatória. Sua representação é um estereótipo de cor azul, e a identificação encontra-se na parte superior sob a forma de um retângulo.

A extensão indica que um caso de uso pode ser estendido por outro caso de uso em certas condições, ampliando opcionalmente a funcionalidade principal. Sua representação é um estereótipo de cor amarela, com a identificação na parte superior sob a forma de um círculo.

A herança representa que os atores compartilham funcionalidades por meio de associações e extensões. Sua representação é um estereótipo de cor verde, com a identificação na parte superior sob a forma de uma seta.

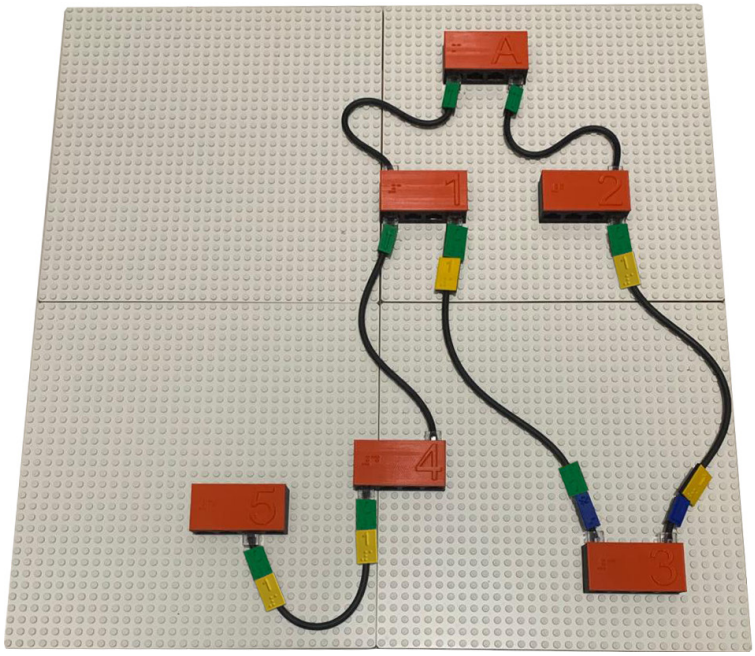
As informações referentes aos nomes dos atores e dos casos de uso são inseridas da tabela de apoio, elaborada em planilha eletrônica para leitura de tela.

4.2 Diagrama de classes

O diagrama de classes é composto por diversos elementos distintos, cada um desempenhando um papel específico na estrutura de um sistema. As ***classes*** representam um tipo de objeto no sistema, incluindo seus atributos e métodos. Sua representação é uma peça de base retangular com identificação na parte superior na cor laranja. As ***classes abstratas*** definem métodos que devem ser implementados por suas subclasses. Sua representação também é uma peça de base retangular com identificação na parte superior em laranja, porém acompanhada da letra "A".

As classes associativas descrevem objetos que serão instanciados a partir da relação de dois outros objetos. Essa classe intermediária armazena informações adicionais sobre a associação e pode ter seus próprios atributos e métodos. Sua representação é uma peça de base retangular com identificação na parte superior em laranja, acompanhada de um número seguido por um asterisco. A Figura 8 apresenta um exemplo de diagrama de classes criado no material didático.

Figura 8. Diagrama de classes



Os relacionamentos entre as classes são representados da seguinte forma: a herança, que representa que uma subclasse herda atributos e métodos de uma superclasse, é representada por um estereótipo de cor verde, com a identificação na parte superior sob a forma de uma seta; a agregação, que representa uma relação "todo-parte" mais fraca, tem como representação um estereótipo de cor amarela, com a identificação na parte superior sob a forma de um círculo; a composição, que representa uma relação "todo-parte" mais forte, é representada por um estereótipo de cor azul, cuja identificação encontra-se na parte superior sob a forma de um retângulo.

Quanto à multiplicidade, tem-se: a multiplicidade "0" tem com representação uma presilha de identificação em cor verde com o texto "0" na parte

superior; a multiplicidade “1” é representada por uma presilha de identificação em cor amarela com o texto “1” na parte superior; já a multiplicidade * é uma presilha de identificação em cor azul com o asterisco na parte superior.

As informações referentes aos nomes das classes, seus atributos e métodos constam na tabela auxiliar elaborada para o material.

4.3 Modelo relacional de dados

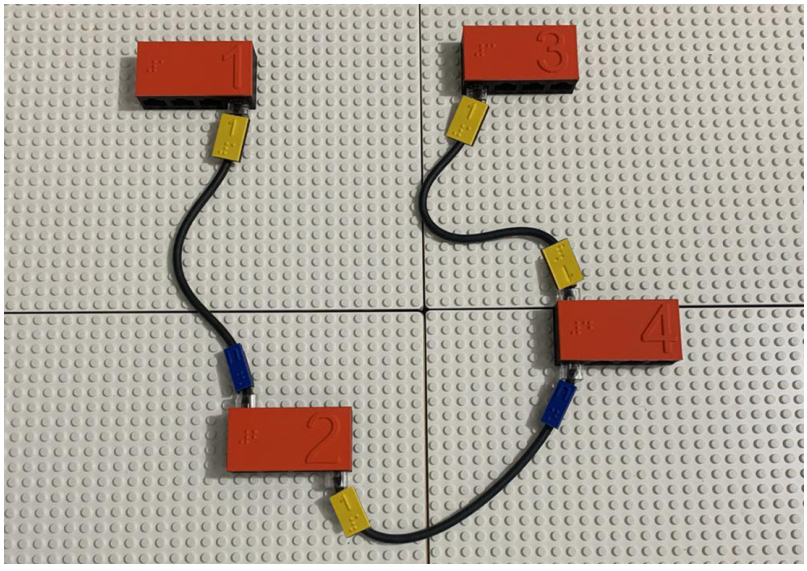
O modelo relacional de dados é composto por um elemento principal, que são as ***relações*** (tabelas). As relações representam entidades que armazenam dados e sua peça é de base retangular com identificação na parte superior em cor laranja.

Os ***relacionamentos*** são representados por meio de presilhas que indicam as cardinalidades «0, 1 e n». A cardinalidade «0» significa que um registro em uma tabela pode não estar associado a nenhum outro registro na tabela relacionada, permitindo relações opcionais entre os dados. Sua representação é uma presilha de identificação em cor verde com o texto «0» na parte superior da identificação para indicar a cardinalidade.

A cardinalidade “1” significa que um registro em uma tabela deve estar associado a pelo menos um registro na tabela relacionada, não permitindo associações em branco ou nulas. Sua representação é uma presilha de identificação em cor amarela com o texto “1” na parte superior da identificação para indicar a cardinalidade.

A cardinalidade “n” significa que um registro pode estar associado a vários registros na tabela relacionada. Sua representação é uma presilha de identificação em cor azul com o texto “n” na parte superior da identificação para indicar a cardinalidade. A Figura 9 ilustra um exemplo de modelo relacional de dados montado no material didático.

Figura 9. Modelo relacional de dados

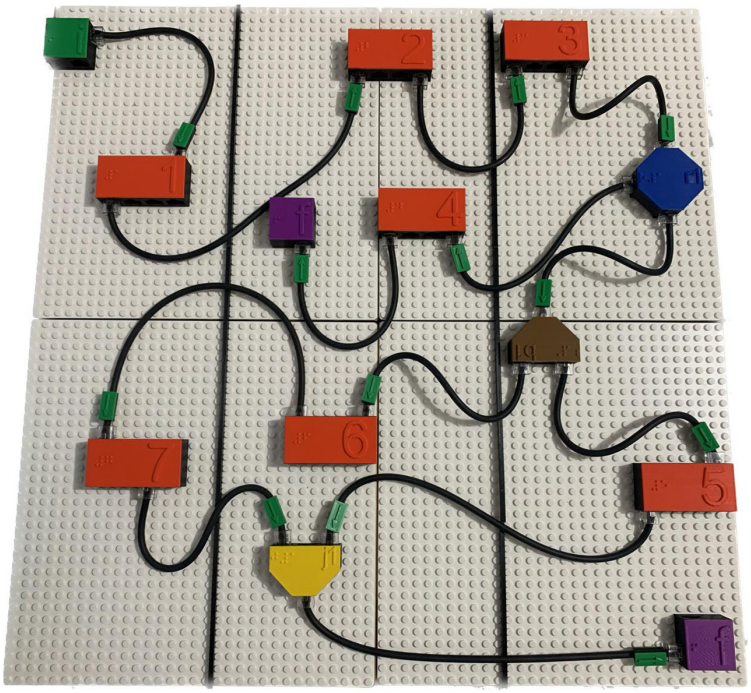


As informações referentes aos nomes das tabelas, atributos (nome, tipo, tamanho), chaves primárias e chaves estrangeiras são inseridas na tabela de apoio.

4.4 Diagrama de atividades

O diagrama de atividades é composto por diversos elementos distintos, cada um desempenhando um papel específico no processo. O início representa o ponto de partida e sua peça possui base quadricular com identificação na parte superior de cor verde. O fim simboliza a conclusão de uma operação ou processo, cuja peça também é uma base quadricular, porém com identificação na parte superior de cor roxa. A Figura 10 ilustra um exemplo de diagrama de atividades montado no material.

Figura 10. Diagrama de atividades



As ações representam funcionalidades dentro da operação, incluindo as ações de chamada de caso de uso, que interagem com casos de uso específicos. Ambas as peças têm base retangular com identificação na parte superior de cor laranja, sendo diferenciadas pela identificação.

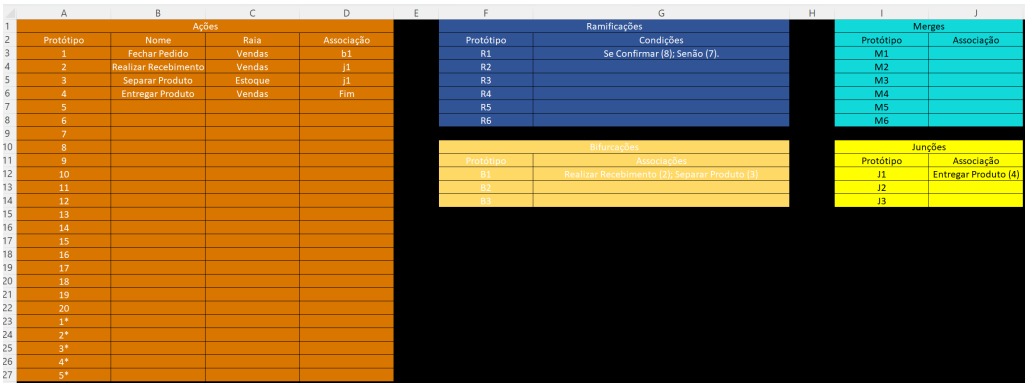
As ramificações indicam condições dentro da operação, permitindo que diferentes caminhos sejam seguidos com base em decisões ou resultados. Elas possuem base octogonal e a identificação na parte superior é de cor azul cobalto. Por outro lado, as junções (merge) têm o propósito de unir fluxos de atividades após a ocorrência de uma condição específica. Suas peças também possuem base octogonal, com identificação na parte superior de cor verde tiffany.

As bifurcações criam uma transição de entrada e estabelecem dois ou mais fluxos de controle paralelos, cada um executado de forma independen-

te e simultânea aos demais. Elas têm a forma com base semioctogonal, com identificação na parte superior de cor dourada/amarronzado. As junções servem para consolidar fluxos de atividades que ocorrem simultaneamente em uma única ação, reunindo esses fluxos em um ponto comum. Essa peça tem o mesmo formato da junção, porém com identificação na parte superior de cor amarela.

Como já destacado, todos os diagramas são complementados por tabelas de apoio, elaboradas em planilhas eletrônicas do Excel®, que permitem ao usuário detalhar informações referentes aos diagramas modelados, tais como nomes, condições, atributos, etc. Como exemplo, a Figura 11 ilustra a tabela de apoio referente ao diagrama de atividades.

Figura 11. Tabela de apoio para diagrama de atividades



Ações			
Protótipo	Nome	Raia	Associação
1	Fechar Pedido	Vendas	b1
2	Realizar Recebimento	Vendas	j1
3	Separar Produto	Estoque	j1
4	Entregar Produto	Vendas	Fim
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
1*			
2*			
3*			
4*			
5*			

Ramificações	
Protótipo	Condições
R1	Se Confirmar (8); Senão (7).
R2	
R3	
R4	
R5	
R6	

Merges	
Protótipo	Associação
M1	
M2	
M3	
M4	
M5	
M6	

Bifurcações	
Protótipo	Associações
B1	Realizar Recebimento (2); Separar Produto (3)
B2	
B3	

Junções	
Protótipo	Associação
J1	Entregar Produto (4)
J2	
J3	

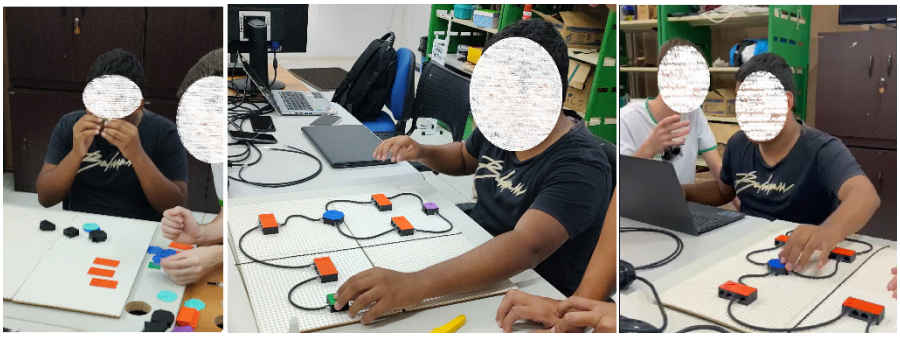
As tabelas de apoio foram elaboradas de forma a permitir o uso de leitores de tela e todas também foram validadas pelo usuário final. Cada diagrama possui sua tabela específica, na qual cada tabela possui a cor associada à peça correspondente no material concreto.

4.5 Análise do usuário final

O primeiro ponto de destaque da aplicação e análise do material refere-se ao usuário envolvido no processo, estudante do 5º período do curso Técnico Integrado em Informática do IFMS Campus Aquidauana. O critério de inclusão estabelecido para a pesquisa era ser estudante da área de Computação que tivesse tido contato prévio com o conteúdo abordado pelo material, tendo cegueira parcial ou total. Após certa dificuldade inicial, felizmente foi en-

contrado o estudante, que atendia todos os critérios estabelecidos. A Figura 12 apresenta registro de parte do processo de aplicação.

Figura 12. Análise do material pelo usuário final



A aplicação e análise do material constituiu-se em um dos momentos mais importantes da pesquisa aqui relatada, visto que permitiu aos desenvolvedores aferir o que de fato funcionava e o que necessitava de ajustes no produto educacional proposto. Nesse contexto, o processo foi organizado em quatro etapas, conforme sintetizado no Quadro 1.

Quadro 1 – Síntese das etapas de análise do material didático

Etapa	Descrição	Aspectos
1	Análise das formas	Formato das peças; Cores das peças e conectores; Braille.
2	Análise dos encaixes	Encaixe das peças na base; Encaixe dos conectores nas peças.
3	Análise das tabelas auxiliares	Identificação das tabelas; Preenchimento das tabelas; Eficiência do leitor de telas.
4	Análise da construção	Aplicação prática do material; Aplicabilidade conceitual da UML.

Na primeira etapa, inicialmente foi verificado se era perceptível ao estudante a distinção de formato para cada peça. Além disso, foi aferida a identificação das cores e se o contraste estava adequado. Ressalta-se que o estudante possui 5% de visão no olho esquerdo, o que permitiu a análise das cores. De acordo com o seu feedback, ficou clara a distinção das peças e conectores, tanto na forma quanto nas cores. Isso foi destacado por ele como um fator relevante, considerando que tal aspecto lhe permitiu uma apropriação mais rápida do material, conseguindo compreender de modo célere quais eram os seus componentes.

Ainda na primeira etapa, outro aspecto analisado foi a aplicação do Braille nas peças. O objetivo foi aferir tanto a corretude do código quanto o nível de compreensão por parte do estudante. Ambos os aspectos foram conside-

rados satisfatórios pelo estudante, que ressaltou a nitidez no tato das peças, elemento que garante maior literacia e autonomia por parte do usuário do material.

A segunda etapa de análise focou no encaixe das peças na base e os conectores RJ-45. O estudante teve a oportunidade de praticar sem intervenção, permitindo a análise de eventuais dificuldades no manuseio do material ou dúvidas. Em princípio, o fato de as peças serem novas tornou o encaixe na base um pouco "duro", principalmente para a retirada posterior das peças. Entretanto, foi possível verificar que, conforme as peças foram sendo manuseadas, houve um desgaste natural que permitiu maior facilidade neste encaixe.

Os encaixes RJ-45 também garantiram a conexão entre as peças de modo que o estudante pudesse percorrer o diagrama sem desfazer as ligações. Isso é importante, pois garantiu firmeza ao diagrama em construção, evitando incidentes que pudessem ocorrer caso estivessem soltas (um esbarrão, por exemplo).

Na terceira etapa foi apresentada a tabela auxiliar que acompanha o material didático, assim como foram fornecidas instruções sobre sua utilização com um leitor de tela com o qual o colaborador já estava familiarizado. Nesse momento, foi solicitado que ele verificasse, por meio do contraste das cores da tabela auxiliar, se era possível perceber a diferenciação de cada minitabela presente na tabela auxiliar. Tal ação se deu em conjunto com um diagrama que estava previamente montado pela equipe e com a tabela auxiliar. É importante relembrar que as cores das tabelas de cada material correspondem às peças e conectores envolvidos no diagrama atendido.

A análise das tabelas de apoio levou em consideração duas importantes ações: a leitura de uma tabela previamente preenchida e o preenchimento de uma tabela pelo próprio usuário. Quanto ao primeiro aspecto, ficou claro para o estudante a distinção das tabelas, tanto pelas cores quanto pela aplicação do leitor. Ao mesmo tempo que o leitor percorria as tabelas, o estudante tateava o material, demonstrando grande empolgação conforme compreendia sua estrutura. Ressalta-se que a eficiência do leitor é primordial para o sucesso do uso do material por estudantes que tenham cegueira total e, portanto, não possam se apoiar no uso das cores.

O estudante demonstrou facilidade para completar a tarefa de preenchimento das tabelas a partir de um diagrama pronto. Houve uma "rodada teste", na qual ele pode percorrer livremente as tabelas, criando um modelo mental de uso que, posteriormente, pode ser aplicado no real preenchimento. O estudante destacou que, a partir de um uso contínuo do material, esse tempo diminuiria substancialmente.

Na última etapa, o estudante foi encarregado de montar um diagrama e uma tabela auxiliar relacionada ao que estava sendo construído no material didático, a fim de que tudo fosse colocado em prática. Para isso, foi necessário que a equipe retomasse alguns conceitos relacionados aos diagramas envolvidos, visto que o estudante já havia cursado as unidades curriculares correspondentes, porém não se recordava de todos os diagramas.

Além da aplicação prática do material, o foco desta etapa final foi aferir a aplicabilidade conceitual da UML nos seus elementos e a possibilidade real de se viver uma experiência completa de modelagem de sistema. Nesse âmbito, o estudante relatou que, apesar de ter cursado as disciplinas de Engenharia de Software, a sua experiência pessoal prévia foi pequena, visto que tanto a leitura quanto a construção dos diagramas se deram por parte da profissional que o acompanhava nas aulas, ou seja, ele descrevia o que queria e ela construía na ferramenta. Assim, em suas palavras, o estudante deixou claro que, se tivesse acesso ao material proposto, teria internalizado muito mais os assuntos abordados nas aulas, pois construiria seus diagramas de modo autônomo.

Em síntese, o processo de validação mostrou que as peças propostas estão coerentes com as necessidades de um deficiente visual. Foram apontadas melhorias, porém bem pontuais e sem grandes alterações no projeto original. Destaca-se que, para uma análise mais criteriosa, é essencial que a aplicação do material ocorra em um grupo grande de pessoas diagnosticadas com deficiência visual – em diferentes graus –, a fim de se analisar a eficiência do material didático com maior diversidade. Contudo, o desafio proposto no início desta pesquisa, que consistia na aplicação do material, foi alcançado com sucesso.

5. Considerações finais

Este material didático tem como principal objetivo a inclusão de estudantes com deficiência visual no ambiente educacional, possibilitando-lhes o desenvolvimento profissional na área de informática. Além do material didático em si, foi desenvolvido um roteiro de uso complementar, de modo a auxiliar os docentes na aplicação do material em suas aulas, alinhando-o com suas metodologias de ensino. Desta forma, entende-se que, por meio deste produto educacional, os alunos com deficiência visual podem superar a incompatibilidade entre os leitores de tela e as ferramentas CASE, podendo obter um melhor desenvolvimento acadêmico e profissional.

A implementação deste material representa uma abordagem alternativa e inclusiva para o ensino de modelagem de sistemas com UML para deficientes visuais. A depender da metodologia do docente, o ensino de UML por meio do material didático pode ser estendido até mesmo para pessoas que não possuam tal deficiência.

A pesquisa aqui descrita concentrou-se na validação do material de modo a se obter uma análise mais realista do seu potencial pedagógico após o aperfeiçoamento da pesquisa anterior. Um importante aprimoramento futuro dos resultados já obtidos consiste em validar o material com grupos maiores de estudantes e, principalmente, com professores da área. Também é relevante que sejam envolvidos estudantes que ainda não tenham tido contato com a UML, de modo a avaliar sua aprendizagem e identificar possíveis lacunas. Uma ideia, por exemplo, é acompanhar um semestre letivo de uso do material por um ou mais professores, junto a estudantes que necessitem do seu apoio.

A versão final do material encontra-se em fase de registro de propriedade intelectual no Núcleo de Inovação Tecnológica do Núcleo de Inovação Tecnológica do IFMS. Posteriormente, planeja-se a disseminação do material em instituições de ensino que ofereçam cursos na área.

6. Agradecimentos

À Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul (FUNDECT) pelo fomento ao projeto por meio do Programa de Iniciação Científica e Tecnológica de Mato Grosso do Sul (PICTEC) - CHAMADA FUNDECT N° 15/2022 – PICTEC MS.

7. Referências

BEZERRA, E. Princípios de Análise e Projeto de Sistemas com UML. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

BOOCH, G.; RUMBAUGH, J.; JACOBSON, I. UML guia do usuário. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.

BRASIL. Censo da Educação Básica 2023 – Resumo Técnico. Brasília, DF: Inep/MEC, 2024. Disponível em: https://download.inep.gov.br/publicacoes/institucionais/estatisticas_e_indicadores/resumo_tecnico_censo_escolar_2023.pdf. Acesso em: 01 abr. 2025.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Brasília, DF: Presidente da República, 1988.

BRASIL. Lei n.º 13.146, de 6 de julho de 2015 - Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência). Brasília, DF: Presidente da República, 1988. Disponível em: https://www.cnmp.mp.br/portal/images/lei_brasileira_inclusao__pessoa__deficiencia.pdf. Acesso em: 12 fev. 2024.

GUEDES, G. T. A. UML 2 - Uma abordagem prática. 3. ed. São Paulo: Novatec Editora, 2018.

JACAÚNA, R. D. P.; SILVA, J. F. Ensinando engenharia de software para alunos deficientes visuais. In: ENCONTRO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO DA UERR (EEPE/UERR), 1., Boa Vista. Anais [...]. Boa Vista – RR: Universidade Estadual de Roraima, 2016, p. 1-5. Disponível em: https://uerr.edu.br/eepe/ieepe/gt1/gt17.pdf. Acesso em: 15 abr. 2024.

KOEHLER, A. D.; SILVA, J. R. Deficiência visual: um estudo no contexto da educação profissional. Pró-Discente: Caderno de Produção Acadêmico-Científica, Vitória-ES, v. 26, n. 1, p. 176-191. 2020.

PRESSMAN, R. S.; MAXIM, B. R. Engenharia de software: uma abordagem profissional. 9. ed. Porto Alegre: AMGH, 2021.

RAABE, A.; ZORZO, A. F.; BLIKSTEIN, P. Computação na educação básica: fundamentos e experiências. 1. ed. Porto Alegre: Penso, 2020.

SILVA, C. E.; PANSANATO, L. T. E.; FABRI, J. A. Ensinando diagramas UML para estudantes cegos. In: CONGRESO IBEROAMERICANO DE EDUCACIÓN SUPERIOR EN COMPUTACIÓN (CLEI), 18., CONFERÊNCIA LATINOAMERICANA DE INFORMÁTICA (CIESC), 36., 2010, Assunção-PY. Anais [...]. Universidad Nacional de Asunción (UNA), 2010. Disponível em: https://engenhariasoftware.files.wordpress.com/2010/07/ensinandodiagramasumlparaestudantescegos.pdf. Acesso em: 13 jun. 2022.

SOMMERVILLE, I. Engenharia de software. 10. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2018.

SOUZA FILHO, C. F.; LIMA, M. J. M.; SANAVRIA, C. Z.; CRISTO, G. C.; FLORIANO, N. S.; SILVA, S. C.; PEREIRA, H. G. S. Engenharia de software e inclusão de deficientes visuais: uma proposta de material concreto 3-D para modelagem de sistemas de informação. In: COMPUTER ON THE BEACH, 13., 2022, Itajaí-SC. Anais [...]. Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI), 2022. Disponível em: https://periodicos.univali.br/index.php/acotb/article/view/18839. Acesso em 04 abr. 2024.

ZORZO, A. F.; NUNES, D.; MATOS, E. S.; STEINMACHER, I.; LEITE, J. C.; ARAUJO, R.; CORREIA, R. C. M.; MARTINS, S. Referenciais de Formação para os Cursos de Graduação em Computação". Sociedade Brasileira de Computação (SBC). 153p. 2017. Disponível em: https://books-sol.sbc.org.br/index.php/catalog/series/referenciais. Acesso em: 15 mar. 2025.