

BDTutor - Um Sistema Tutor Inteligente para a Prática de Modelagem de Dados

Hádria de W. Santos Farias, Fabíola P. Oliveira Araújo

¹Instituto de Ciências Exatas e Naturais
Universidade Federal do Pará (UFPA) – Belém – PA – Brasil

hadriafarias@gmail.com

Resumo. *O presente trabalho elucidou o desenvolvimento e a análise do BDTutor, um Sistema Tutor Inteligente (STI) projetado para a disciplina de Banco de Dados I, com foco no ensino de modelagem de dados e com o objetivo de aprimorar a instrução e a aprendizagem associadas aos conceitos fundamentais desse campo. A pesquisa foi conduzida com alunos de graduação e mestrado em cursos de computação e docentes especialistas, visando compreender a aplicabilidade do sistema em contextos educacionais distintos. O BDTutor foi desenvolvido por meio da ferramenta Cognitive Tutor Authoring Tools (CTAT), que possibilitou a criação de um STI eficiente sem a necessidade de conhecimentos em programação, demonstrando que educadores sem habilidades técnicas avançadas podem implementar tutores inteligentes com sucesso. Essa iniciativa contribuiu para democratizar o acesso a ferramentas educacionais inovadoras, promovendo avanços no ensino de Banco de Dados. Os resultados revelaram que o BDTutor proporciona uma experiência de aprendizado interativa e eficiente, validando sua aplicabilidade no ensino e fortalecendo a compreensão dos alunos em modelagem de dados.*

Palavras-chave: *Sistema Tutor Inteligente, Banco de Dados, Modelagem de Dados, Cognitive Tutor Authoring Tools, CTAT, Educação em Computação.*

1. Introdução

A educação em computação é uma área de grande relevância de estudos e que tem apresentado constantes evoluções, com novos métodos e técnicas sendo regularmente desenvolvidas. Conforme relatado por [Aleven et al. 2003], um dos desafios enfrentados pelos professores do campo da computação é fornecer ensino de alta qualidade que seja eficaz e atenda às necessidades dos alunos.

Um dos métodos que tem sido proposto para melhorar o ensino de computação é o uso de Sistemas Tutores Inteligentes (STIs). STIs são sistemas computacionais desenvolvidos para emular métodos de instrução individualizados, assegurando os benefícios da aprendizagem personalizada [VanLEHN 2011]. Seguindo esses modelos, eles guiam os alunos em suas abordagens individualizadas durante a resolução de problemas, oferecendo sugestões e *feedbacks* contextualmente sensíveis. O *feedback* eficaz desempenha um papel crítico no aprendizado e desempenho dos alunos [Yuan and Kim 2015], pois permite que os alunos identifiquem seus erros e façam as correções necessárias, além de fornecer *insights* sobre seu progresso.

Apesar do grau de importância e relevância que se tem nos estudos que avaliam a eficácia das STIs na área da educação em computação, o valor potencial desse tema em campos específicos da computação tem recebido atenção limitada. No âmbito da disciplina de Banco de Dados I, cuja ementa na matriz curricular abrange os conceitos introdutórios de banco de dados e a modelagem de dados, os sistemas tutores inteligentes são uma ajuda valiosa para auxiliar os alunos no desenvolvimento de habilidades e competências necessárias para a aprendizagem dessa disciplina. Em especial, a modelagem de dados se destaca como um aspecto fundamental da educação em banco de dados, pois é através dela que se define a estrutura de dados e suas relações, criando a base para a organização e eficiência no gerenciamento das informações. Os STIs ajudam os alunos nesse processo, fornecendo *feedback* em tempo real, sobre a criação de diagramas Entidade-Relacionamento (ER) e a conversão para esquemas relacionais, guiando-os na aplicação prática dos conceitos e ajudando a identificar possíveis erros de modelagem.

Levando em consideração os pontos apresentados, o foco principal do presente trabalho foi desenvolver e analisar a aplicabilidade de um sistema tutor inteligente, denominado BDTutor, construído para auxiliar no processo de ensino de modelagem de dados. Para isso, uma pesquisa aplicada com abordagem quali-quantitativa foi realizada com dois grupos distintos: alunos que estão cursando ou já cursaram a disciplina de banco de dados I e docentes da graduação que lecionam banco de dados.

2. Motivação e Justificativa

Com a evolução tecnológica e surgimento da Era do Conhecimento, houve uma mudança significativa na forma como adquirimos, criamos e disseminamos conhecimento [Teixeira and de Souza 2017]. Consequentemente, os modelos de ensino convencionais que enfatizam o papel do professor, ignorando as características únicas dos alunos, estão se tornando obsoletos. Essas abordagens não levam em conta as diferenças e preferências individuais, resultando em estilos de ensino uniformes que podem dificultar a experiência de aprendizagem.

Além disso, embora o conceito de Ensino à Distância (EAD) não seja novo na educação, as evidências de seu progresso nos últimos anos se tornaram irrefutáveis. No Brasil, o aumento exponencial da educação a distância é destacada pelas estatísticas do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep). De acordo com os dados obtidos no [INEP 2022] do Censo do Ensino Superior de 2021, revelou-se que houve um crescimento de 474% no número de estudantes matriculados em cursos de EAD na última década, enquanto as matrículas em instituições tradicionais diminuíram 23,4%. Diante disso, a demanda por estratégias de ensino mais ágeis e adaptáveis para proporcionar um aprendizado eficaz no Ensino à Distância tornou-se aparente, levando à criação de métodos inovadores, como Sistemas Tutores Inteligentes [Sánchez Medina et al. 2016].

Os Sistemas Tutores Inteligentes se destacam como uma estratégia eficiente no processo de ensino-aprendizagem, isso porque eles promovem uma experiência de aprendizagem mais interativa e adaptativa, que facilita a compreensão e a aplicação dos conceitos complexos envolvidos especialmente em disciplinas subjetivas e abstratas, como banco de dados que se tornaram onipresentes nos sistemas de informação de hoje. Aprender a desenvolver bancos de dados de boa qualidade é um tópico central no currículo

de Ciência da Computação [Suraweera and Mitrovic 2001], tornando essencial que sejam superadas as barreiras da sala de aula tradicional que possam comprometer esse aprendizado, como a falta de participação de alunos mais tímidos e a dificuldade dos professores em atender às necessidades individuais de todos os estudantes [Monteiro et al. 2021], o que pode ser mitigado pelo uso dos STIs, que oferecem suporte contínuo e personalizado ao perfil de cada aluno [Aleven et al. 2003].

A justificativa para o uso dos STIs vai além da complementação ao ensino tradicional. Esses sistemas promovem um ambiente educacional mais inclusivo onde o aprendizado é adaptado às necessidades de cada aluno, independentemente de suas características individuais. A integração de STIs fortalece a autonomia dos alunos e otimiza a eficiência do ensino, criando uma experiência mais interativa e adaptativa. Este trabalho visa explorar o desenvolvimento e a aplicabilidade dos STIs em disciplinas como Banco de Dados, buscando enriquecer o processo pedagógico com uma ferramenta auxiliar que visa melhorar o desempenho acadêmico.

3. Objetivos

Neste capítulo, foram delineados os objetivos que orientam a criação e avaliação do Sistema de Tutor Inteligente projetado para o ensino da modelagem de dados.

3.1. Objetivos Gerais

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver e avaliar a eficácia de um Sistema Tutor Inteligente, com a intenção de facilitar os processos pedagógicos e de aprendizagem associados a disciplina de Banco de Dados I.

3.2. Objetivos Específicos

- Desenvolver um STI que servirá como ferramenta de apoio ao processo de ensino-aprendizagem da modelagem de dados.
- Conduzir um estudo de avaliação de usabilidade com estudantes de cursos de computação para medir a eficácia da ferramenta, contemplando as percepções gerais dos alunos sobre a facilidade de uso e satisfação com o STI.
- Realizar um estudo com docentes da disciplina de Banco de Dados, que fornecerão uma avaliação complementar voltada para uma validação técnica mais aprofundada do sistema, considerando aspectos pedagógicos, usabilidade, conteúdo e interface.
- Coletar e comparar os resultados dos alunos e dos docentes sobre suas experiências com o STI, explorando suas percepções sobre a praticidade do sistema, a clareza das informações fornecidas e a adequação das funcionalidades disponíveis.
- Analisar quantitativa e qualitativamente os resultados obtidos, visando identificar melhorias no Sistema Tutor Inteligente, com base nas percepções e sugestões tanto dos alunos quanto dos docentes.

4. Fundamentação Teórica

4.1. Introdução à Educação em Computação

A evolução tecnológica e a digitalização da sociedade trouxeram novos desafios para a educação, especialmente no campo da computação. Para [Teixeira and de Souza 2017] a

Era do Conhecimento transformou a maneira como o saber é adquirido e compartilhado, exigindo novas abordagens pedagógicas que possam acompanhar essas mudanças. A educação em computação, nesse contexto, assume um papel central ao preparar os alunos para as demandas de um mundo digital em constante evolução, onde a adaptabilidade e a criatividade são habilidades essenciais.

A necessidade de inovação na educação se reflete na aplicação de metodologias que vão além da simples transmissão de conhecimento, incorporando ferramentas e técnicas que incentivam o pensamento crítico e a prática ativa. A área da computação, em particular, demanda estratégias educacionais que acompanhem o avanço acelerado das tecnologias da informação, possibilitando o desenvolvimento de competências práticas e teóricas de forma equilibrada [Aleven et al. 2003].

4.2. Desafios no Ensino: Limitações do Ensino Tradicional

O ensino tradicional, baseado principalmente na transmissão passiva de conhecimento, enfrenta limitações consideráveis. A abordagem convencional muitas vezes não considera as diferenças individuais dos alunos, como seus estilos de aprendizagem, níveis de habilidade ou experiências anteriores. A falta de flexibilidade e adaptabilidade dos métodos tradicionais torna o ensino ainda mais desafiador para os professores, que precisam atender às necessidades variadas dos alunos. Isso resulta em uma educação homogênea, que frequentemente privilegia a memorização mecânica, em detrimento da aplicação prática e do desenvolvimento de habilidades críticas [Robins et al. 2003].

Além disso, com o aumento exponencial do ensino a distância, esse problema é cada vez mais evidente. É fato que o EAD possibilita um acesso mais amplo ao conhecimento, mas, ao mesmo tempo, coloca desafios significativos na monitorização do envolvimento e progresso dos alunos. O ambiente virtual pode dificultar que os educadores avaliem o aprendizado individual de forma eficaz. Atrasos no feedback e suporte acadêmico inadequado também podem levar à confusão e desengajamento, ressaltando a necessidade de um design instrucional aprimorado e comunicação oportuna [Joshi et al. 2024].

4.3. Sistemas Tutores Inteligentes: Uma Abordagem para o Aprendizado Personalizado

Os Sistemas Tutores Inteligentes surgem como uma resposta às limitações do ensino tradicional, oferecendo um ambiente computacional de aprendizagem personalizado. Eles adotam um modelo educacional distinto, diferenciado por sua capacidade de adaptar o conteúdo e a abordagem pedagógica com base nas exclusividades de cada aluno. Essa abordagem, conforme proposta por [Sánchez Medina et al. 2016], permite às STIs discernir estratégias de ensino eficazes, promovendo uma interação mais significativa e particular.

A abordagem individual ressalta a importância de cada aluno receber orientação específica, cultivando uma atmosfera propícia a uma compreensão profunda do assunto. O STI assume o papel de um mentor individual, adaptando-se às necessidades de aprendizagem e garantindo atenção personalizada para cada aluno.

4.3.1. Definição e Características dos STIs

O principal objetivo de um sistema tutor inteligente é fornecer instruções adaptadas a cada aluno, tentando replicar o comportamento de um professor humano em sala de aula [Juan et al. 2003]. De modo geral, a arquitetura de um sistema tutor inteligente que funcione bem requer muitos módulos [da Silva et al. 2015]. No entanto, a arquitetura básica de um STI consiste essencialmente em quatro componentes (Figura 1):

- Base de Domínio: Local onde o docente, o grupo de docentes ou a pessoa responsável por desenvolver o sistema armazena o conhecimento necessário para ensinar o conteúdo, incluindo informações procedurais e declarativas que representam a expertise do tutor.
- Modelo do Aluno: Mantém um registro das informações sobre o conhecimento que o aluno já possui, permitindo que o sistema adapte o conteúdo de acordo com suas necessidades.
- Modelo do Tutor: Aplica o conteúdo de maneira personalizada, utilizando as informações do Modelo do Aluno para selecionar a melhor estratégia de ensino.
- Interface com o Usuário: Responsável pela interação entre o aluno e o sistema, fornecendo uma interface gráfica que facilita a comunicação e a apresentação do conteúdo.

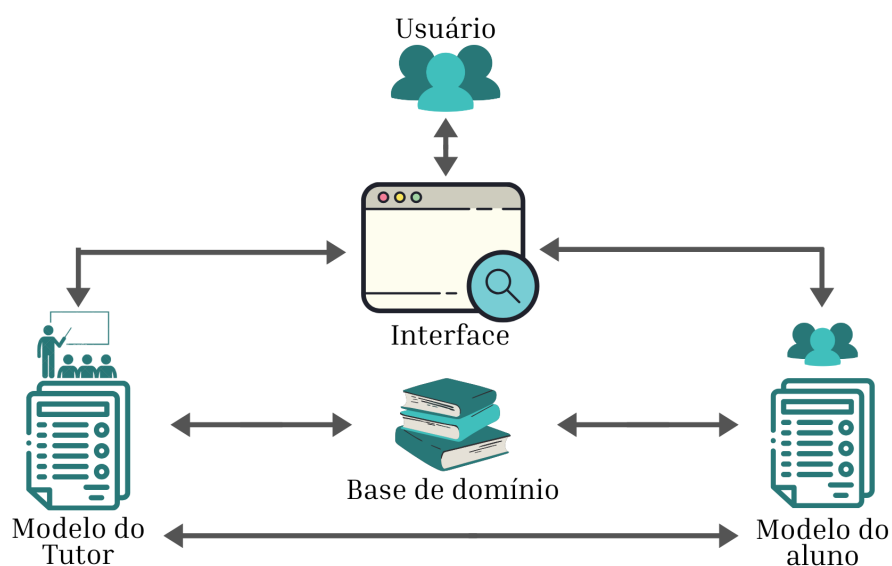


Figura 1. Principais módulos de um sistema tutor inteligente.
Fonte: Elaborada pelo autor

Essa estrutura permite que os STIs ofereçam uma experiência de aprendizado adaptativa, ajustando o ritmo e a profundidade do conteúdo conforme o progresso de cada aluno, o que melhora significativamente o engajamento e a eficácia do aprendizado.

4.3.2. Benefícios do aprendizado personalizado

As vantagens do aprendizado personalizado, conforme deliberado por [Bruno 2005] em sua análise dos desafios encontrados nos algoritmos de aprendizagem, se manifestam na

capacidade das STIs de fornecer *feedback* contínuo, conselhos e soluções personalizadas para cada aluno. O processo incremental de resolução de problemas, conforme demonstrado por [Parra and Moreno 2010] em seu STI para aprender física, acentua como a abordagem personalizada pode aumentar substancialmente o conhecimento dos alunos.

O aprendizado personalizado, conforme comprovado por vários estudos, incluindo o de [Wijekumar et al. 2013], não apenas melhora a compreensão do conteúdo, mas também promove um maior envolvimento dos alunos. O STI, ao se adaptar aos atributos individuais, gera um ambiente educacional que atende às diversas necessidades de aprendizagem, exercendo uma influência positiva no desempenho do aluno [Garcia Gorrostieta et al. 2013].

4.4. Aplicabilidade dos STIs na modelagem de dados

A utilização de Sistemas Tutores Inteligentes na disciplina de banco de dados I é particularmente eficaz devido à complexidade dos conceitos e a necessidade de prática contínua. No que diz respeito a área específica de modelagem de dados, pode-se afirmar que para se ter um banco de dados bem sucedido e eficiente, a modelagem é a base.

A qualidade dos esquemas conceituais é de importância crítica para sistemas de banco de dados [Suraweera and Mitrovic 2004], e para atingir proficiência na modelagem de bancos de dados, os alunos precisam de prática substancial. Tradicionalmente, a modelagem de dados é instruída em um ambiente de sala de aula, onde o professor mostra o processo por meio de estudos de caso e os alunos se envolvem em exercícios de modelagem durante laboratórios ou tutoriais. No entanto, é impossível fornecer tutoria humana individual para cada aluno. Os Sistemas Tutores Inteligentes, no entanto, podem fornecer sessões educacionais personalizadas para cada aluno.

O STI não só têm a capacidade de transmitir informações teóricas, mas também de facilitar a aplicação prática dos conceitos aprendidos. Ao incorporar simulações realistas, exercícios práticos guiados e avaliações adaptativas, os STIs fornecem uma experiência de aprendizado dinâmica que se alinha às demandas do campo da modelagem de dados.

5. Trabalhos Correlatos

A modelagem de dados é uma competência fundamental no aprendizado de banco de dados. No entanto, ela apresenta desafios significativos para os alunos, pois exige uma compreensão conceitual juntamente com a capacidade de traduzir especificações abstratas em representações visuais precisas. Estruturas educacionais que incorporam ambientes de resolução de problemas para modelagem de banco de dados podem servir como instrumentos pedagógicos destinados a aumentar a compreensão do aluno. Ainda assim, existe uma escassez de iniciativas de pesquisa direcionadas ao desenvolvimento de tais sistemas educacionais para modelagem de banco de dados.

Entre os sistemas notáveis identificados na literatura está o KERMIT [Suraweera and Mitrovic 2001, Suraweera and Mitrovic 2004], um sistema de tutoria inteligente e baseado em restrições, elaborado para instruir acadêmicos universitários na modelagem de relacionamento entre entidades (ER). O KERMIT estabelece um ambiente de resolução de problemas em que os alunos constroem diagramas ER responsivos a cenários específicos. Ao empregar a Modelagem Baseada em Restrições (CBM), o sistema avalia o nível de conhecimento do aluno e oferece *feedback*, direcionando-o para

uma solução precisa e reforçando sua experiência educacional. Estudos empíricos conduzidos utilizando o KERMIT sugerem que o sistema melhora significativamente a compreensão dos alunos sobre a modelagem de ER, enfatizando particularmente a importância do *feedback* personalizado e da interação personalizada facilitada pelo sistema.

Apesar de sua eficácia, o KERMIT encontra obstáculos relacionados às complexidades de sua implementação, uma vez que a configuração de restrições exige perspicácia técnica especializada, restringindo assim sua acessibilidade para educadores sem amplo treinamento técnico. Em contraste, o BDTutor, concebido com a estrutura do CTAT (*Cognitive Tutor Authoring Tools*), fornece um ambiente mais fácil de usar, com atividades configuráveis e orientadas por exemplos que capacitam educadores com experiência limitada em programação a criar soluções personalizadas de tutoria.

Outro sistema pertinente é o ERM-VLE [Hall and Gordon 1998], que apresenta um ambiente de aprendizado orientado a texto para modelagem de ER, projetado especificamente para introduzir estudantes novatos aos conceitos de relacionamento entre entidades. Diferente de outros sistemas com interfaces visuais avançadas, o ERM-VLE utiliza comandos textuais para que os alunos articulem entidades, relacionamentos e atributos, recebendo *feedback* estruturado que ajuda na compreensão dos princípios fundamentais da modelagem ER. Esse formato textual é eficaz na introdução dos conceitos essenciais.

Embora o ERM-VLE seja útil para iniciantes devido à sua estrutura focada, ele limita a capacidade de explorar alternativas, pois exige um caminho único, pré determinado na construção da solução, o que pode levar a um entendimento superficial em que os alunos executam procedimentos corretos sem compreender totalmente as complexidades do processo. Em contrapartida, o BDTutor oferece atividades interativas onde se considera as várias possibilidades de caminhos de soluções dos alunos, com *feedback* imediato, permitindo a correção de erros e a exploração de metodologias alternativas, tornando-se uma opção mais versátil para desenvolver competências avançadas em modelagem de dados.

Somado aos outros trabalhos relevantes, temos o COLER [Constantino-Gonzales and Suthers 2000, Constantino-Gonzales et al. 2001], um sistema avançado de tutoria inteligente projetado especificamente para aprendizagem colaborativa no campo da modelagem de relacionamento entre entidades. O COLER integra efetivamente os aspectos instrucionais da modelagem técnica e o cultivo de competências colaborativas, motivando assim os alunos a se envolverem no discurso e fundamentarem suas escolhas de modelagem em um contexto comunitário. Ele fornece espaços de trabalho individuais e colaborativos distintos, nos quais os participantes combinam suas respectivas soluções.

Apesar de suas vantagens em promover a aprendizagem colaborativa e aprimorar as capacidades de pensamento crítico, o COLER apresenta certas limitações na validação das respostas. O sistema pressupõe que os esforços colaborativos e o consenso culminarão em uma solução precisa, uma premissa que pode ser problemática para grupos que compartilham lacunas de conhecimento análogas, pois não fornece *feedback* direcionado sobre erros. Por outro lado, o BDTutor oferece *feedback* imediato e adaptativo, facilitando assim um suporte aprimorado para a compreensão conceitual.

A Figura 2 abaixo sintetiza essas informações, facilitando a visualização das distinções entre os sistemas e seu alinhamento com os objetivos educacionais específicos

do BDTutor.

SISTEMA	OBJETIVOS	VANTAGENS	DESVANTAGENS
BDTutor	Desenvolver um Sistema Tutor Inteligente (STI) para auxiliar no ensino de modelagem de dados, focando na utilização de diagramas ER e sua conversão para esquemas relacionais.	<ul style="list-style-type: none"> - Fácil de usar por educadores sem experiência em programação. - Feedback imediato e adaptativo. - Atividades interativas e variadas. - Suporte à aprendizagem de conceitos fundamentais de Banco de Dados I. 	<ul style="list-style-type: none"> - Limitado pela personalização das atividades devido às ferramentas do CTAT. - Não permite manipulação avançada de dados. - Não aborda aspectos mais avançados de modelagem de dados.
KERMIT	Sistema de tutoria inteligente baseado em restrições, focado no ensino de modelagem ER.	<ul style="list-style-type: none"> - Utiliza feedback personalizado baseado nas respostas dos alunos. - Foco na resolução de problemas. - Melhora a compreensão de modelagem ER. 	<ul style="list-style-type: none"> - Exige conhecimentos técnicos para implementação e configuração. - Não é acessível para educadores sem treinamento avançado em programação. - Complexidade na implementação das restrições.
ERM-VLE	Criar um ambiente de aprendizado focado na modelagem ER, usando comandos textuais. O objetivo é ensinar os alunos a construir diagramas ER.	<ul style="list-style-type: none"> - Abordagem simplificada, ideal para iniciantes. - Feedback estruturado e focado. - Introdução clara aos conceitos básicos de modelagem ER. 	<ul style="list-style-type: none"> - Limita a exploração de alternativas devido à abordagem textual. - Exige um caminho único para a construção da solução. - Pode levar a uma compreensão superficial.
COLER	Promover aprendizagem colaborativa no campo da modelagem ER, incentivando os alunos a trabalharem juntos para construir diagramas ER e resolver problemas.	<ul style="list-style-type: none"> - Promove a aprendizagem colaborativa. - Desenvolve habilidades de trabalho em grupo. - Envolvimento de alunos no discurso e fundamentação de escolhas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Falta de feedback direcionado, especialmente quando os grupos têm lacunas de conhecimento. - Pressupõe que o consenso grupal levará a soluções corretas.

Figura 2. Tabela Comparativa entre o BDTutor e os Trabalhos Correlatos.

6. Metodologia

O trabalho aqui apresentado foi conduzido como uma pesquisa aplicada de abordagem quali-quantitativa, onde todo o processo foi organizado em várias etapas, desde o desenvolvimento do Sistema Tutor Inteligente até a análise dos dados adquiridos durante sua implantação prática, como demonstrados na Tabela 1. O objetivo central foi desenvolver, aplicar e avaliar o STI em termos de sua contribuição ao aprendizado de conceitos fundamentais de Banco de Dados I.

Etapa	Descrição
Desenvolvimento do Sistema Tutor Inteligente	Formulação e desenvolvimento do STI utilizando o CTAT, adaptando o conteúdo disciplinar de modelagem de dados.
Planejamento e Estratégia de Avaliação	Definição da estratégia de avaliação com dois questionários: um para estudantes e outro para docentes especialistas, baseados em metodologias qualitativas e quantitativas.
Experiência Prática em Sala de Aula e Online	Avaliação prática do STI com alunos matriculados e ex-alunos de Banco de Dados I, tanto de forma presencial quanto online.
Avaliação Técnica dos Docentes Especialistas	Avaliação do STI por docentes especializados usando o modelo PETESE, focando nas dimensões ergonômicas e pedagógicas.

Tabela 1. Etapas da Metodologia de Desenvolvimento e Avaliação do STI.

6.1. Desenvolvimento do Sistema Tutor Inteligente

A fase inicial envolveu a formulação do STI utilizando as Ferramentas de Autoria de Tutor Cognitivo (CTAT), selecionadas por sua capacidade de facilitar o desenvolvimento de sistemas de tutoria sem a necessidade de conhecimentos avançados de programação.

Durante esse estágio de desenvolvimento, os esforços foram direcionados para a adaptação do conteúdo disciplinar e das metodologias pedagógicas, alinhando-se às demandas específicas da modelagem de dados. O sistema foi projetado para promover o aprendizado por meio de tarefas interativas, abrangendo atividades de múltipla escolha e exercícios práticos de modelagem conceitual e lógica, incluindo diagramas ER e sua conversão em esquemas relacionais. Mecanismos de *feedback* em tempo real foram integrados para ajudar os alunos a corrigir erros, personalizando assim a instrução e aumentando a compreensão dos conceitos subjacentes.

6.2. Planejamento e Estratégia de Avaliação

Após o desenvolvimento do STI, definiu-se a estratégia de avaliação que implicou a administração de dois questionários distintos baseados em metodologias qualitativas e quantitativas. O questionário inicial ¹, dirigido aos estudantes, teve como objetivo capturar suas percepções sobre a sua experiência de uso com a ferramenta e verificar aspectos gerais da eficiência da utilização do STI no cenário de aprendizado, abrangendo pesquisas objetivas e descritivas. O questionário secundário ², destinado aos docentes especialistas, empregou uma adaptação da metodologia PETESE (*Pedagogical Ergonomic Tool for Educational Software Evaluation*) criada por [Coomans and Lacerda 2015], como pode ser visto na Figura 3, para avaliar o sistema do ponto de vista ergonômico e pedagógico. Ambos os questionários foram divulgados via Google Forms para agilizar os processos de coleta e organização de dados.

Aspectos utilizados na avaliação técnica do BDTutor adaptadas do modelo PETESE
1. Aspectos Gerais
1.1. O software é inovador e agrega valor?
1.2. O software é fácil de usar?
1.3. O software contém níveis de complexidade?
1.4. Existe abordagem de aprendizagem correspondente ao público-alvo?
1.5. O software pode ser usado durante as aulas de ensino remoto e presencial?
2. Aspectos Pedagógicos
2.1 Existem objetivos educacionais claramente definidos?
2.2 O software incentiva a autoanálise, autoregulação e autoreflexão?
2.3 As tarefas são relevantes, realistas e representam as complexidades naturais do mundo real?
2.4 O software pode ser utilizado sem intervenção do Instrutor?
2.5 Os professores podem seguir como guias, treinadores ou facilitadores?
2.6 As tarefas incentivam os alunos a buscarem conhecimento de forma independente?
2.7 As atividades trabalham aspectos necessários para atender os objetivos propostos?
3. Aspectos de Usabilidade
3.1 O sistema orienta e incentiva o usuário?
3.2 Existem recursos de ajuda?
3.3 As instruções são claras e facilmente disponíveis?
3.4 O feedback é efetivamente empregado.
3.5 Existe uma capacidade de interação com o sistema?
3.6 O feedback é positivo mesmo se o usuário falhar?
3.7 O feedback permite ao aluno refletir sobre seu erro?
3.8 O software oferece um feedback do progresso do aluno?
3.9 O software reconhece os erros e recupera o processo?
3.10 O usuário aprende com seus erros?
3.11 As mensagens de erros são claras?
4. Aspectos de Interface
4.1 A estrutura do BDTutor é de fácil e rápida compreensão?
4.2 Existe um design agradável?

Figura 3. Questões adaptadas do modelo PETESE para a avaliação técnica do BDTutor.

¹ Acesse o formulário de avaliação do alunos clicando neste [link](#).

² Acesse o formulário de avaliação técnica do docentes clicando neste [link](#).

6.3. Experiência Prática em Sala de Aula e Online

A avaliação prática do sistema envolveu alunos atualmente matriculados na disciplina Banco de Dados I durante este semestre acadêmico, bem como aqueles que já haviam participado da disciplina em algum momento. Os alunos se envolveram ativamente na experiência em sala de aula, empregando o Sistema de Tutor Inteligente durante uma das aulas para realizar o teste do sistema.

Para os alunos que concluíram o curso em semestres anteriores, a avaliação foi conduzida em um formato híbrido: alguns alunos acessaram o STI remotamente por meio de uma plataforma educacional que hospedou o sistema, enquanto outros participaram na avaliação de forma presencial. Esse formato adaptável aprimorou a acessibilidade ao STI, permitindo que todos os participantes interagissem e contribuíssem com os resultados sobre a usabilidade e pontos de vistas sobre a eficiência do sistema no processo de aprendizagem.

6.4. Avaliação Técnica dos Docentes Especialistas

A avaliação técnica do STI foi realizada com dois educadores especializados na disciplina Banco de Dados I, utilizando um formato totalmente online. Os docentes responderam a um questionário baseado na metodologia PETESE, que enfatizou as dimensões ergonômicas e pedagógicas do sistema. Essa avaliação gerou informações técnicas sobre a eficácia do STI, a adequação do *feedback* fornecido aos alunos e a facilidade de uso da interface, facilitando assim uma análise completa do potencial do STI dentro da estrutura educacional.

6.5. Análise do Sistema

Os dados coletados foram examinados utilizando o *software* Excel, que permitiu o processamento e a organização das respostas quantitativas e qualitativas. A análise quantitativa elucidou a eficiência do STI no processo de aprendizagem, enquanto a análise qualitativa investigou as interações subjetivas dos alunos e docentes com o sistema, revelando sugestões e críticas que aprimoraram a avaliação e identificaram melhorias futuras para o BDtutor.

7. Desenvolvimento do Sistema Tutor Inteligente BDtutor

O BDtutor foi projetado com o objetivo de avaliar a compreensão do aluno em dois componentes fundamentais da disciplina de Banco de Dados I: modelagem conceitual e modelagem lógica de banco de dados.

7.1. Ferramentas de Desenvolvimento no CTAT

Foi empregado o CTAT como estrutura fundamental para o desenvolvimento do tutor. Essa ferramenta específica foi selecionada por sua facilidade de uso e adaptabilidade, permitindo que indivíduos sem experiência avançada em programação criem seus próprios sistemas inteligentes de tutoria.

O CTAT oferece duas ferramentas principais que foram utilizadas no desenvolvimento do BDtutor: o *CTAT HTML Editor* e o *CTAT Behavior Recorder*.

O *CTAT HTML Editor* é onde os elementos visuais da interface são construídos. Ele apresenta uma interface gráfica intuitiva que permite selecionar e posicionar campos

e botões comuns, como caixas de texto, opções de múltipla escolha e botões de ação, que formam a base das interações aluno-sistema. Na tela do editor, os desenvolvedores podem observar uma área de trabalho visual onde todos esses elementos são arranjados, mostrados na Figura 4, fornecendo uma visão clara de como a interface final será apresentada ao aluno.

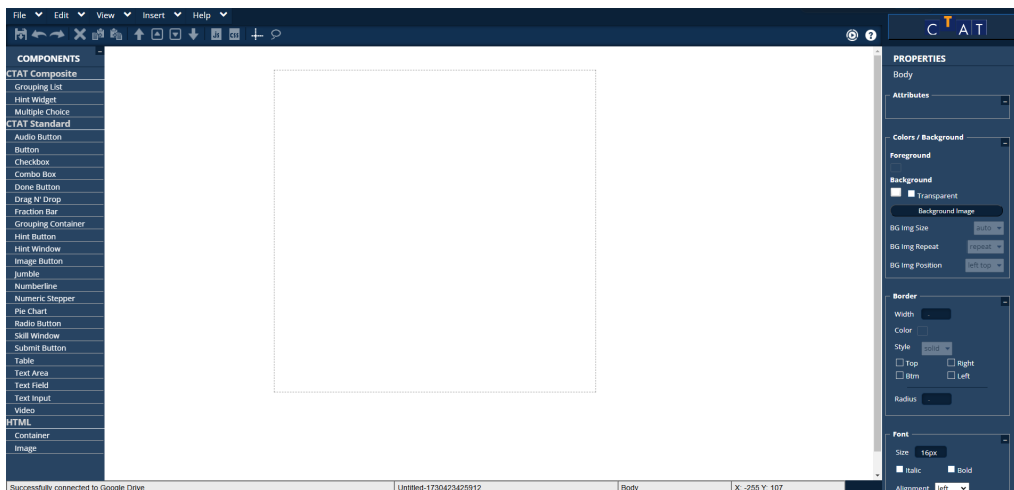


Figura 4. Tela do HTML Editor onde se é criado a parte gráfica do STI.

O *CTAT Behavior Recorder*, por outro lado, é onde o grafo de comportamento é montado. Esse grafo permite definir o conteúdo do tutor no modelo de domínio (Figura 5), bem como gerenciar o modelo do aluno e do tutor (Figura 6). Neste editor, as habilidades que o sistema deseja avaliar são mapeadas, incluindo o detalhamento de dicas, respostas corretas e incorretas, e os caminhos que o aluno pode seguir para responder cada questão. Cada nó e conexão no grafo representa uma etapa ou caminho potencial que o aluno pode percorrer durante a atividade, garantindo que o sistema identifique e responda com precisão ao progresso do aluno.

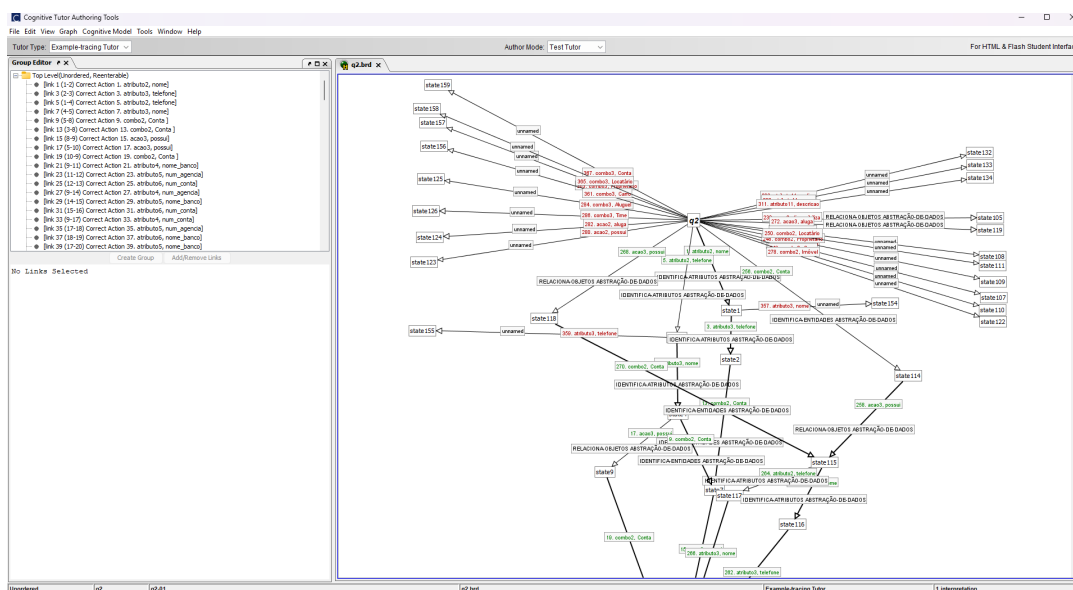


Figura 5. Ferramenta do CTAT para criar o grafo de comportamento do STI.

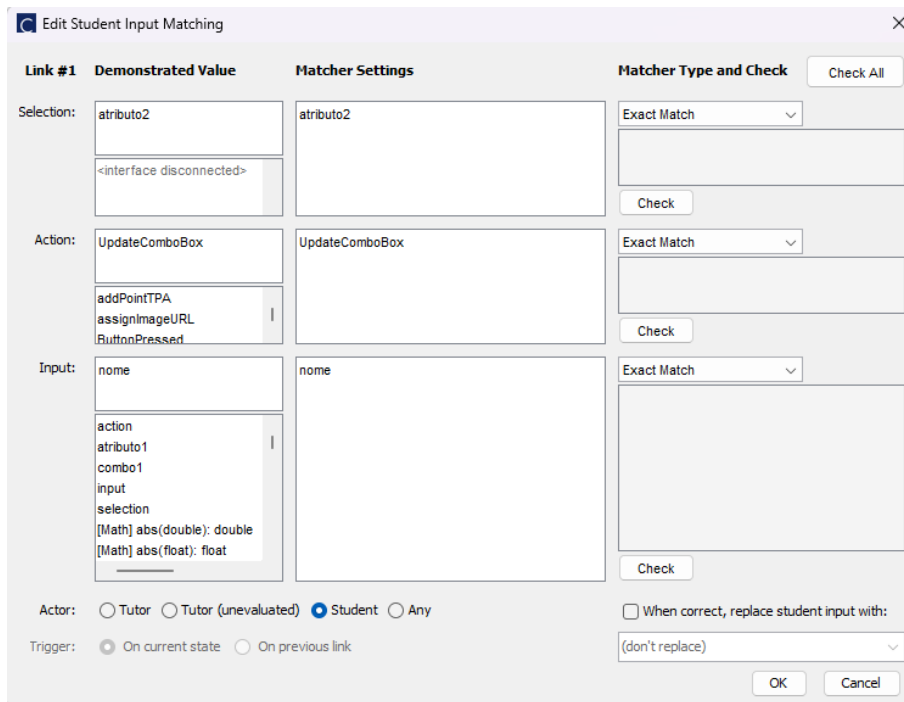


Figura 6. Tela onde manipula-se o modelo do aluno e do tutor.

Essas duas ferramentas complementares permitem ao desenvolvedor criar uma interface envolvente e, ao mesmo tempo, definir com precisão o conteúdo pedagógico e as regras de interação que fundamentam o aprendizado no tutor.

7.2. Tarefas Elaboradas

O tutor foi operacionalizado para apresentar três atividades que medem a proficiência dos alunos nesses domínios. Duas dessas tarefas consistem em questões de múltipla escolha, nas quais os alunos precisam selecionar a resposta correta entre a variedade de opções oferecidas (Figura 7 e 8).

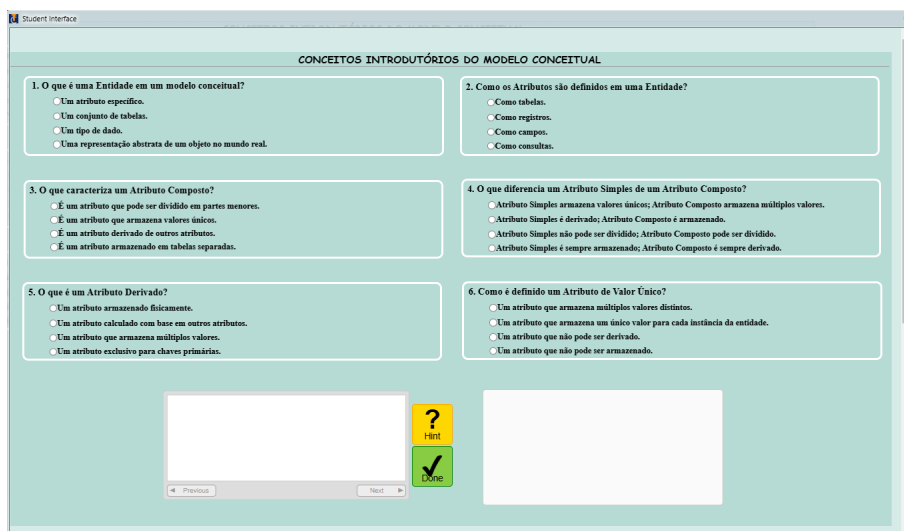


Figura 7. Primeira questão elaborada para o BDTutor - Modelagem conceitual.

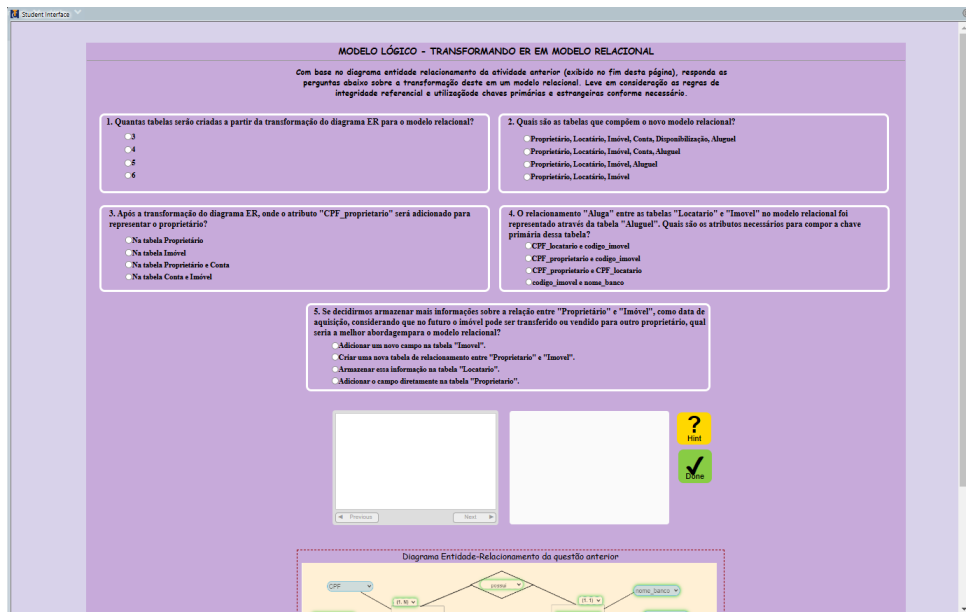


Figura 8. Terceira questão elaborada para o BDTutor - Modelagem lógica.

A terceira tarefa exige que os alunos construam um Diagrama Entidade-Relacionamento baseado em um cenário de sistema imobiliário, em que eles devem discernir as entidades pertinentes, suas inter-relações, atributos, cardinalidades e chaves primárias (Figura 9). Essas tarefas foram elaboradas para avaliar o domínio dos alunos sobre os temas essenciais da disciplina, oferecendo *feedback* imediato sobre seus erros e sucessos.

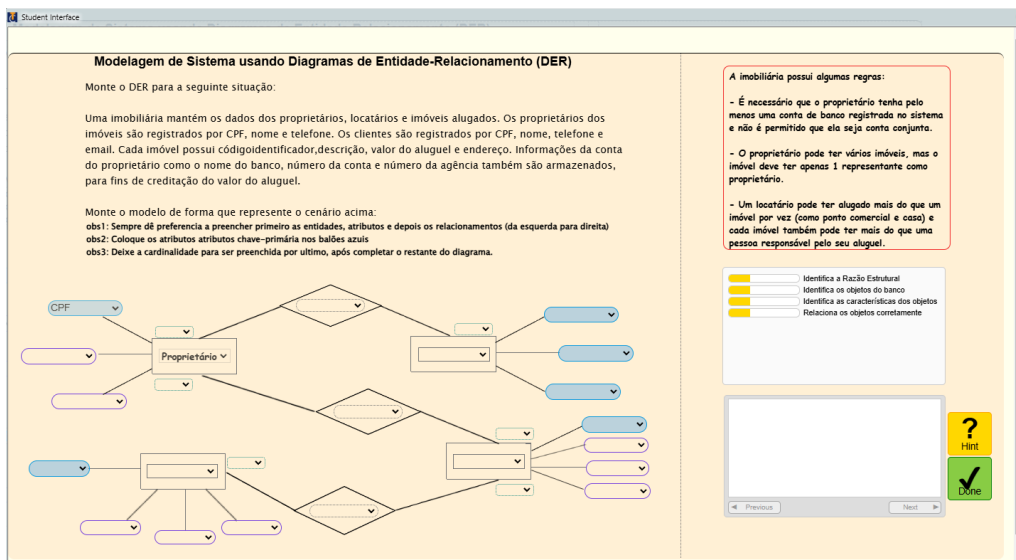


Figura 9. Segunda questão elaborada para o BDTutor - Diagrama ER.

A modelagem utilizada na criação do sistema tutor inteligente foi a modelagem baseada em exemplos. Neste modelo, o sistema segue o caminho do aluno passo a passo, comparando sua solução com exemplos previamente definidos, o que é especialmente útil para domínios técnicos, como em disciplinas estruturadas como matemática e ciência da

computação, onde há caminhos claros para a solução e elas podem ser rastreadas de forma linear.

7.3. Habilidades Avaliadas

O BDTutor foi criado para avaliar as competências associadas à compreensão de:

- Conceitos fundamentais de modelagem de banco de dados.
- Identificação de chaves primárias e estrangeiras.
- Definição de relacionamentos entre entidades e suas cardinalidades.
- Atribuição correta de atributos para as entidades.
- Criação de tabelas a partir do modelo lógico, garantindo integridade referencial e consistência dos dados

Ademais, o tutor foi criado para avaliar não apenas a retenção de informações factuais, mas também a capacidade de implementar esses conceitos em situações do mundo real, como o desenvolvimento de diagramas de ER e a análise de regras de negócios dentro de uma estrutura prática.

7.4. Dificuldades no Desenvolvimento com o CTAT

O CTAT apresenta inúmeras vantagens na criação de Sistemas Tutores Inteligentes. No entanto, alguns desafios foram encontrados durante o desenvolvimento do BDTutor.

Embora o CTAT facilite o desenvolvimento de tutores sem exigir habilidades de programação, essa simplicidade simultaneamente representa uma restrição para desenvolvedores com conhecimento técnico que buscam maior controle sobre a lógica do sistema. A ausência de suporte para integração de código de programação dificulta a capacidade de projetar comportamentos mais avançados e personalizados. Consequentemente, os desenvolvedores se deparam com as limitações do editor integrado, que restringe sua capacidade de personalizar tanto as atividades do tutor quanto sua interface.

Além disso, o fato do CTAT utilizar apenas dois modelos de sistema, sendo esses a modelagem por exemplos e a modelagem por rastreamento de padrões, exige a necessidade de considerar preventivamente a maioria dos possíveis caminhos de solução, limitando o espectro de respostas corretas que os alunos podem oferecer e impedindo a flexibilidade na criação de atividades mais abertas, o que consequentemente faz com que o repertório de atividades do tutor seja restrito.

7.5. Vantagens de usar o CTAT no BDTutor

Não obstante os desafios acima mencionados, o CTAT também engloba várias vantagens que aceleraram o desenvolvimento do BDTutor.

O principal benefício do CTAT está em sua capacidade de permitir que qualquer pessoa - incluindo as que não tem familiaridade com programação - consiga desenvolver o seu próprio sistema tutor. O grafo de comportamento permite delinear regras lógicas de forma visual e intuitiva, evitando assim a necessidade de codificar condições complexas. Esse atributo torna o desenvolvimento acessível a educadores ou designers instrucionais que não têm treinamento técnico. O grafo de comportamento também aprimora a reutilização das atividades, acentuando uma eficiência em agilizar a adaptação do tutor a novos conteúdos ou tópicos dentro da disciplina, estabelecendo-a como uma ferramenta flexível e escalável.

A análise avaliativa do BDTutor foi realizada por um grupo de 24 alunos, sendo 20 alunos de graduação e 4 alunos de mestrado, com o requisito principal de já ter cursado ou estar cursando a disciplina de Banco de Dados I, juntamente com 2 docentes especialistas que atuam na docência dessa disciplina.

Para os alunos, foi realizado um teste com foco na avaliação do comportamento e da interação com a plataforma. Foi explicado a eles o que caracteriza um STI (Sistema Tutorado Inteligente) e como o sistema deveria se comportar, além de orientá-los a testar as funcionalidades do BDTutor, verificando se os aspectos destacados, como usabilidade, clareza e eficiência, estavam presentes. Durante esse processo, foi incentivado que os alunos realizassem testes de forma livre, ou seja, sem um roteiro fixo, permitindo que apenas o que fosse realizado e observado por eles fosse considerado. Esse tipo de abordagem possibilitou uma avaliação mais espontânea da experiência de uso da plataforma.

Já para os docentes, a explicação teve um foco mais técnico e pedagógico. Foi destacado que eles deveriam analisar aspectos gerais do sistema, como usabilidade e interface, mas também avaliar as características pedagógicas que o BDTutor oferece para o ensino de modelagem de dados. Além disso, foram orientados a realizar testes minuciosos para garantir que a plataforma atendesse adequadamente aos requisitos acadêmicos e técnicos da disciplina.

As respostas obtidas pelos discentes forneceram informações valiosas sobre a experiência prática com a ferramenta, evidenciando pontos positivos e áreas de melhoria no uso diário. Já as respostas dos docentes trouxeram uma perspectiva mais aprofundada sobre as características técnicas e pedagógicas do sistema. Esses dois enfoques complementares permitiram uma análise abrangente do impacto e da eficácia do BDTutor como ferramenta de apoio ao ensino de modelagem de dados.

7.6. Avaliação dos Alunos

Abaixo, detalhamos os resultados principais das respostas dos alunos ao questionário aplicado, o qual abordou aspectos variados da usabilidade e da eficácia do Sistema Tutor Inteligente. As respostas foram coletadas com perguntas baseadas na Escala Likert e questões abertas, para captar sugestões e comentários mais detalhados sobre o sistema.

8. Resultados e Discussões

A análise avaliativa do BDTutor foi realizada por um grupo de 24 alunos, sendo 20 alunos de graduação e 4 alunos de mestrado, com o requisito principal de já ter cursado ou estar cursando a disciplina de Banco de Dados I, juntamente com 2 docentes especialistas que atuam na docência dessa disciplina.

Para os alunos, foi realizado um teste com foco na avaliação do comportamento e da interação com a plataforma. Foi explicado a eles o que caracteriza um STI e como o sistema deveria se comportar, além de orientá-los a testar as funcionalidades do BDTutor, verificando se os aspectos destacados, como usabilidade, clareza e eficiência, estavam presentes. Durante esse processo, foi incentivado que os alunos realizassem testes de forma livre, ou seja, sem um roteiro fixo, permitindo que apenas o que fosse realizado e observado por eles fosse considerado. Esse tipo de abordagem possibilitou uma avaliação mais espontânea da experiência de uso da plataforma.

Já para os docentes, a explicação teve um foco mais técnico e pedagógico. Foi destacado que eles deveriam analisar aspectos gerais do sistema, como usabilidade e interface, mas também avaliar as características pedagógicas que o BD Tutor oferece para o ensino de modelagem de dados. Além disso, foram orientados a realizar testes minuciosos para garantir que a plataforma atendesse adequadamente aos requisitos acadêmicos e técnicos da disciplina.

As respostas obtidas pelos discentes forneceram informações valiosas sobre a experiência prática com a ferramenta, evidenciando pontos positivos e áreas de melhoria no uso diário. Já as respostas dos docentes trouxeram uma perspectiva mais aprofundada sobre as características técnicas e pedagógicas do sistema. Esses dois enfoques complementares permitiram uma análise abrangente do impacto e da eficácia do BD Tutor como ferramenta de apoio ao ensino de modelagem de dados.

8.1. Avaliação dos alunos

Na questão sobre a facilidade de uso, a avaliação dos alunos indicou uma percepção majoritariamente positiva: 66,7% dos alunos consideraram o STI fácil de usar, enquanto 16,7% avaliaram como totalmente fácil. 16,7% dos estudantes assinalaram a opção "neutro", e não houve registros de respostas indicando dificuldade (Figura 10). Esse resultado sugere que a interface do STI e a navegação proporcionaram uma experiência intuitiva para a maioria dos alunos, atendendo às expectativas de usabilidade.

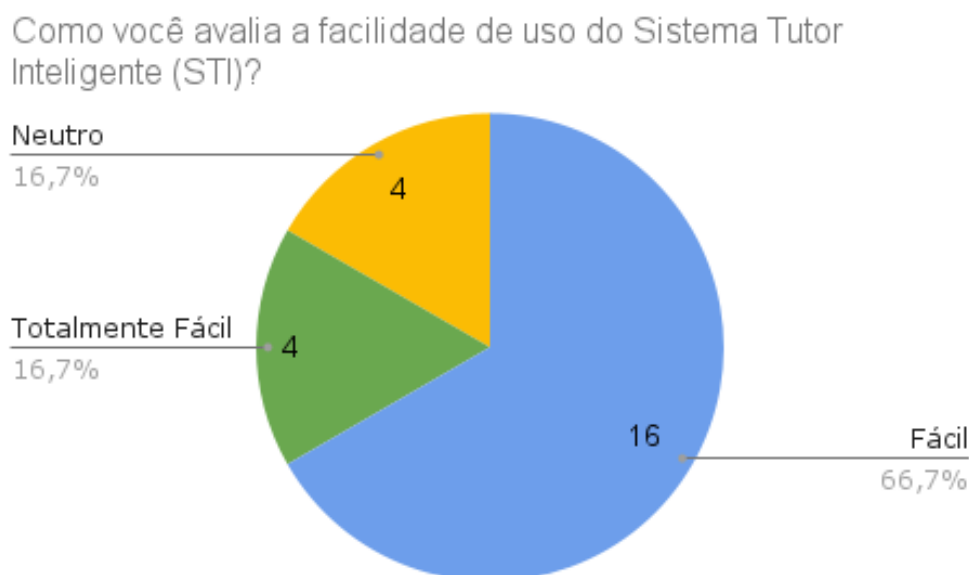


Figura 10. Resultados da 1ª pergunta do questionário dos alunos.

Ao avaliar a contribuição do STI para o aprendizado dos conceitos de Banco de Dados, 45,8% dos alunos concordaram que o *software* facilitou o processo de aprendizagem, enquanto 41,7% concordaram fortemente. 12,5% dos alunos ficaram neutros, sem nenhuma resposta indicativa de discordância. Esses dados, demonstrados na Figura 11, indicam que o STI foi percebido como um facilitador relevante na compreensão dos tópicos abordados, contribuindo de forma positiva para o processo de aprendizado.

O software facilita o processo de aprendizagem sobre os conceitos vistos de banco de dados?

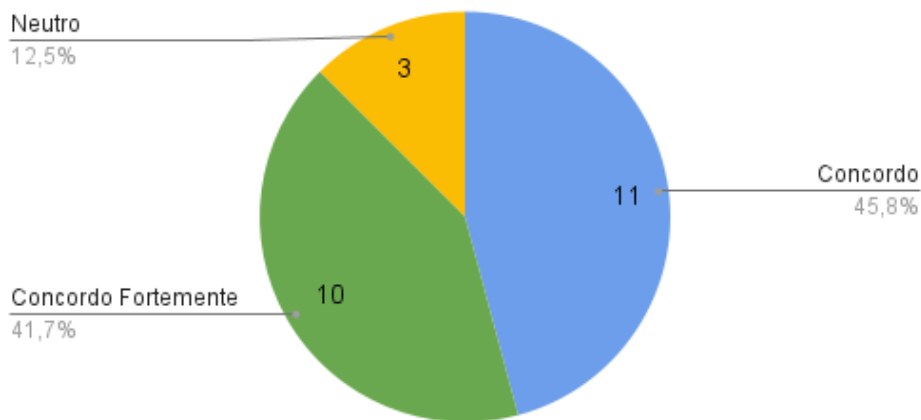


Figura 11. Resultados da 2ª pergunta do questionário dos alunos.

A adequação dos conteúdos do STI aos conceitos de Banco de Dados foi amplamente bem avaliada, com 41,7% dos alunos concordando e 54,2% concordando fortemente que o *software* abordou adequadamente os conteúdos. Apenas um aluno (4,2%) discordou, e, após uma investigação, conseguimos identificar que a percepção do aluno estava relacionada a uma compreensão inicial diferente de certos conceitos. Após uma conversa para esclarecer como o STI abordava esses conteúdos, foi possível alinhar o entendimento do aluno com o que foi explorado no tutor.

O software trabalhou adequadamente os conceitos sobre os assuntos de banco de dados contidos nele?

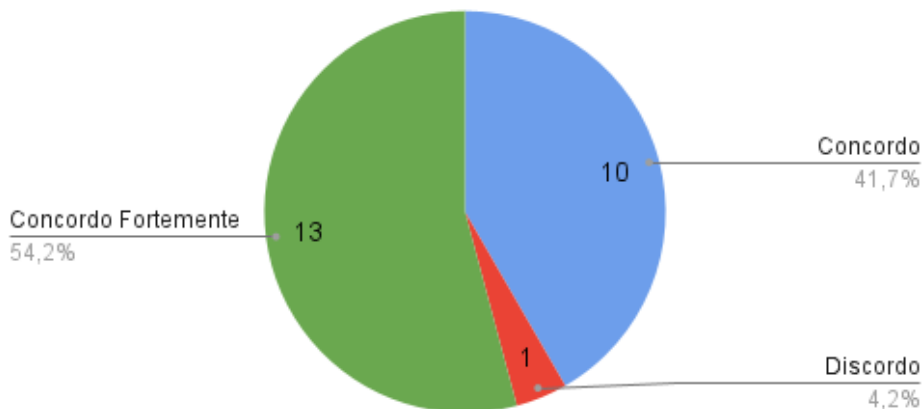


Figura 12. Resultados da 3ª pergunta do questionário dos alunos.

Na questão sobre a percepção do uso de sistemas tutores inteligentes no aprendizado, 91,7% dos alunos responderam que esses sistemas ajudam no processo de aprendizagem, enquanto 8,3% mantiveram-se incertos. Nenhum aluno se posicionou contra o uso dessa tecnologia, indicando uma aceitação expressiva do potencial dos STIs em melhorar o ensino e apoiar a compreensão dos conteúdos disciplinares.

Em sua opinião, utilizar um sistema tutor inteligente realmente ajuda no processo de aprendizagem?

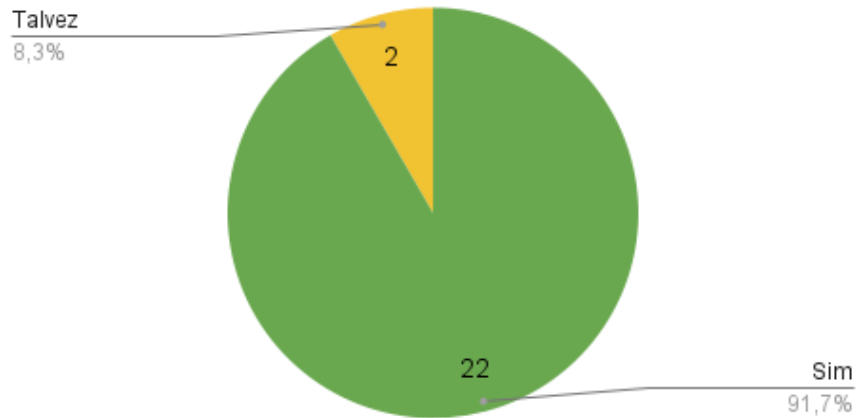


Figura 13. Resultados da 4ª pergunta do questionário dos alunos.

Quando questionados sobre o interesse em utilizar sistemas tutores inteligentes em outras atividades acadêmicas, 100% dos alunos responderam afirmativamente. O resultado visualizado na Figura 14, demonstra uma alta intenção de uso, evidenciando que a experiência com o STI foi positiva e que os estudantes veem valor em integrar essa tecnologia ao seu processo de aprendizado em outras disciplinas.

Você gostaria de utilizar Sistemas Tutores Inteligentes nas atividades acadêmicas?

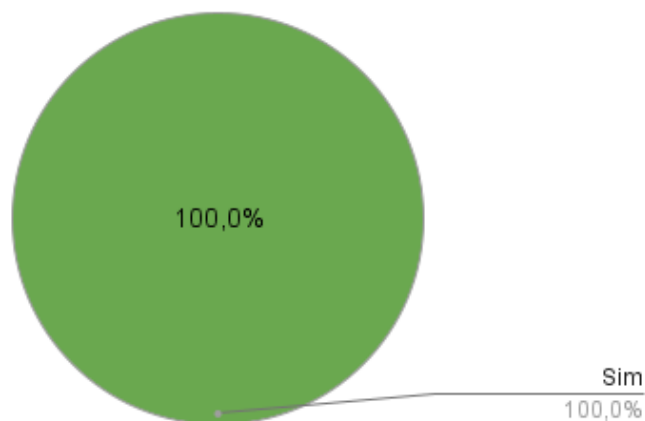


Figura 14. Resultados da 5ª pergunta do questionário dos alunos.

A avaliação geral do STI foi amplamente satisfatória: 45,8% dos alunos consideraram a experiência satisfatória e 54,2% classificaram-na como muito satisfatória, resultando em uma aprovação unânime (Figura 15). Esse *feedback* final reforça a aceitação e a utilidade do STI como uma ferramenta eficaz no ensino de Banco de Dados I, indicando que o sistema atendeu bem às expectativas dos alunos em termos de usabilidade, qualidade dos conteúdos e impacto no aprendizado.

Qual é sua avaliação geral da utilização do sistema tutor inteligente?

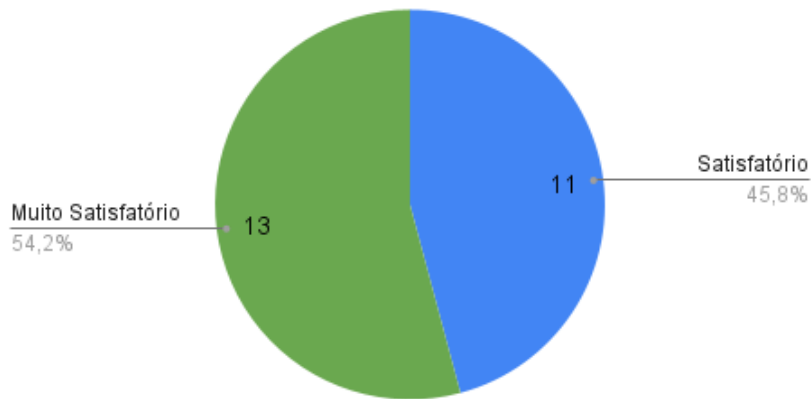


Figura 15. Resultados da 5ª pergunta do questionário dos alunos.

Por meio das respostas discursivas foi possível observar um alto nível de engajamento e reflexão sobre a experiência de utilizar um Sistema Tutor Inteligente em atividades acadêmicas. Vários estudantes enfatizaram a eficácia do sistema em reforçar conceitos anteriormente abordados em sala de aula, reconhecendo assim o potencial da ferramenta para aprimorar a interatividade e o dinamismo das aulas. Comentários como "Acho que a interface da aplicação impacta bastante no início, mas fica entendível com o decorrer das atividades" implicam que, apesar de alguns desafios iniciais, os alunos rapidamente se adaptaram à plataforma e reconheceram sua utilidade.

Entre as principais questões levantadas, existe um consenso quanto à facilidade de uso e simplicidade do sistema, com muitos estudantes afirmando que ele fornece *feedback* rápido e eficaz sobre suas respostas. Adicionalmente, uma das respostas dos alunos destacou pontos específicos que poderiam melhorar ainda mais a experiência de uso. Um estudante sugeriu a implementação de "uma interface mais moderna adaptável a dispositivos móveis[...], além de uma explicação em vídeo ou em áudio para ajudar o usuário a focar no que deve fazer na tela". O aluno também enfatizou que "um sistema de gamificação seria muito útil para incentivar e, digamos, fidelizar o aluno". Essas sugestões refletem o desejo de tornar o sistema mais acessível e motivador, reforçando a ideia de que uma experiência mais personalizada e dinâmica pode contribuir para uma maior adesão ao aprendizado.

Esses *insights* não apenas ressaltam a receptividade do STI entre os estudantes, mas também oferecem uma base sólida para possíveis melhorias no sistema, garantindo assim seu alinhamento com os requisitos educacionais dos alunos.

8.2. Avaliação dos Docentes

Abaixo, será apresentado os resultados obtidos da avaliação técnica feita pelos docentes, que seguiram os critérios estabelecidos pela metodologia PETESE, focando em aspectos gerais, pedagógicos, de usabilidade e de interface do *software*.

8.2.1. Aspectos Gerais

Na visão de ambos os docentes, o BDTutor foi considerado uma ferramenta inovadora e que agrega valor ao ensino, aprimorando o aprendizado e complementando o ensino convencional de Banco de Dados. Eles acharam o *software* satisfatório em termos de facilidade de uso, observando que ele oferece uma experiência de navegação amigável. No entanto, as opiniões divergiram quanto aos níveis de complexidade: um avaliador expressou discordância com sua complexidade, enquanto o outro concordou fortemente, indicando que modificações adicionais poderiam ajudar a criar uma complexidade mais gradual e clara para todos os usuários. Ambos os professores consideraram o método instrucional do BDTutor adequado para o público-alvo e enfatizaram seu potencial para aplicação em aulas remotas e presenciais.

8.2.2. Aspectos Pedagógicos

Os especialistas articularam um forte consenso em relação às metas educacionais do BDTutor, enfatizando que esses objetivos estão bem articulados e correspondem aos requisitos da educação em banco de dados. Ambos os educadores afirmaram que o *software* promove habilidades de autoanálise, autorregulação e autorreflexão, que aumentam coletivamente as autonomias dos alunos. As tarefas propostas foram avaliadas como realistas e pertinentes a cenários do mundo real, e o *software* foi considerado viável para aplicação sem a necessidade de envolvimento contínuo do instrutor, fornecendo assim suporte substancial para o aprendizado independente. Além disso, os dois especialistas concordaram fortemente que o papel do educador como facilitador é mantido de forma eficaz, com atividades adaptadas ao nível de dificuldade apropriado para o público-alvo, incentivando assim os alunos a buscarem conhecimento de forma independente.

8.2.3. Aspectos de Usabilidade

Os docentes avaliaram positivamente a usabilidade do sistema, enfatizando sua capacidade de orientar e motivar os usuários ao longo da trajetória de aprendizagem. Ambos os especialistas concordaram que o *software* incorpora recursos de ajuda, além de instruções claras. Um dos pontos fortes destacados foi a presença de *feedback*, considerado efetivo por ambos os especialistas. Além disso, o sistema não apenas oferece reforço positivo em resposta a erros, mas também permite que os alunos reflitam sobre seus erros, promovendo assim o aprendizado contínuo. A funcionalidade relacionada à progressão do aluno foi igualmente bem recebida, assim como a proficiência do sistema em reconhecer erros e direcionar os usuários para as soluções corretas. O *feedback* foi caracterizado como informativo e claro, com as mensagens de erro sendo facilmente compreensíveis para os alunos.

8.2.4. Aspectos de Interface

As avaliações sobre a interface produziram percepções variadas. Um especialista forneceu uma avaliação neutra sobre a estrutura intuitiva e a estética visual do BDTutor, enquanto o

outro afirmou a facilidade de compreender o projeto estrutural e achou o design agradável. No entanto, surgiram recomendações para aprimoramentos na padronização de cores, pois elas não foram consideradas totalmente representativas e, de acordo com um especialista, podem impedir a usabilidade em contextos específicos.

8.2.5. Comentários Subjetivos dos Docentes

As considerações apresentadas pelos docentes durante a avaliação do BDTutor ressaltam a importância de adotar uma perspectiva crítica na implementação de tecnologias educacionais. Embora a experiência tenha sido percebida como interativa e prática, os educadores reconheceram vários domínios que requerem aprimoramentos que são essenciais para a eficácia do sistema.

A necessidade de modificações na interface, incluindo a padronização de esquemas de cores e destaques, é vital não apenas para o apelo estético, mas também para a acessibilidade e usabilidade da plataforma. Os educadores também enfatizaram a necessidade de fornecer *feedback* consistente e informativo, propondo que a orientação siga uma estrutura uniforme em relação ao conteúdo e à complexidade. A recomendação de permitir que os usuários escolham várias opções antes de chegarem à resposta correta reflete uma profunda compreensão das metodologias de aprendizagem ativa, promovendo assim a exploração e a reflexão crítica entre os alunos. Em última análise, a proposta de realizar uma análise comparativa com plataformas análogas exemplifica uma dedicação ao aprimoramento contínuo, acentuando a importância de integrar práticas baseadas em evidências no avanço do BDTutor.

9. Considerações Finais

Após o desenvolvimento e a avaliação do Sistema Tutor Inteligente BDTutor, evidenciou-se o potencial inovador inerente às tecnologias educacionais para facilitar práticas pedagógicas mais eficazes e envolventes. Ao utilizar a abordagem quali-quantitativa neste trabalho, foi possível coletar dados pertinentes de duas amostras distintas: alunos de graduação e mestrado no âmbito da computação e docentes especializados na área, resultando em uma análise abrangente sobre a aplicabilidade e a eficácia do sistema.

O resultado advindo das avaliações realizadas com estudantes e com os docentes indicam que o BDTutor pode ser um instrumento educacional promissor, possuindo a capacidade de aprimorar a experiência de aprendizagem dentro de sala de aula, promovendo assim um ambiente acadêmico mais dinâmico e interativo. A interação dos alunos com o sistema proporcionou um aumento na compreensão do valor e potencial acadêmico do STI. A análise técnica dos educadores, por sua vez, trouxe *insights* significativos sobre a usabilidade e a solidez pedagógica da ferramenta. As recomendações de aprimoramentos sugeridas pelos especialistas, em conjunto com o *feedback* dos alunos, servirão como diretrizes para futuras versões do sistema, com o objetivo de otimizar a experiência do usuário e a eficácia pedagógica.

Vale ressaltar que, apesar da verificação da viabilidade de construção de um Sistema Tutor Inteligente por usuários leigos em programação não tenha sido um objetivo primordial do trabalho, a utilização do CTAT possibilitou essa avaliação. O CTAT possibilitou a criação do BDTutor sem a necessidade de programação ou modificação de

código-fonte, o que demonstrou que educadores sem conhecimentos técnicos aprofundados podem, de fato, desenvolver ferramentas educacionais eficazes. Essa constatação amplia as oportunidades para a criação de sistemas de ensino personalizados, democratizando o acesso a tecnologias educacionais e incentivando a inovação no processo de ensino-aprendizagem.

Em conclusão, o BDTutor não apenas fundamenta seu papel como um recurso educacional significativo, mas também estimula uma reflexão crítica sobre a função das tecnologias no ensino, evidenciando a necessidade de sistemas que sejam intuitivos, acessíveis e adaptáveis às diversas necessidades da população estudantil. O avanço contínuo deste projeto poderia facilitar a exploração de novas metodologias pedagógicas e a criação de ferramentas que atendam de forma mais eficaz os desafios contemporâneos enfrentados na educação em computação.

Referências

- Aleven, V., Stahl, E., Schworm, S., Fischer, F., and Wallace, R. (2003). Help seeking and help design in interactive learning environments. *Review of Educational Research*, 73(3):277–320.
- Bruno, R. (2005). Análisis de la percepción de los alumnos y de los docentes para la incorporación de un sistema tutor inteligente como facilitador del aprendizaje.
- Constantino-Gonzales and Suthers, D. D. (2000). A coached collaborative learning environment for entity-relationship modeling. In *International Conference on Intelligent Tutoring Systems*.
- Constantino-Gonzales, Suthers, D. D., and Icaza, J. I. (2001). Designing and evaluating a collaboration coach: Knowledge and reasoning.
- Coomans, S. and Lacerda, G. S. (2015). Petese, a pedagogical ergonomic tool for educational software evaluation. *Procedia Manufacturing*, 3:5881–5888. 6th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics (AHFE 2015) and the Affiliated Conferences, AHFE 2015.
- da Silva, I. C., Fonseca, L. C. C., and de Jesus da Silva, R. (2015). Um sistema tutor inteligente para o ensino no domínio de lógica de programação.
- Garcia Gorrostieta, J., González-López, S., and Lopez-Lopez, A. (2013). Results of a case study of an intelligent tutoring system for analyzing of student projects presented as research papers. *Research in Computing Science*, 65:103–110.
- Hall, L. and Gordon, A. (1998). A virtual learning environment for entity relationship modelling. volume 30, pages 345–349.
- INEP (2022). Ensino a distância cresce 474% em uma década. Acesso em: 30 ago. 2024.
- Joshi, B. M., Acharya, U., and Khatiwada, S. P. (2024). Difficulties in open and distance learning mode of education: Students' perspectives. *Education and development*, 33(1):17–28.
- Juan, J., Gavidia, Z., Cristina, L., and De Andrade, V. (2003). Sistemas tutores inteligentes.

- Monteiro, S. A., Ferreira, G., and Ribeiro, P. (2021). A timidez e as implicações na aprendizagem. *Revista Científica do UBM*, 20(39):175–190.
- Parra, F. and Moreno, C. (2010). Sistema tutorial inteligente.
- Robins, A. V., Rountree, J., and Rountree, N. (2003). Learning and teaching programming: A review and discussion. *Computer Science Education*, 13:137 – 172.
- Suraweera, P. and Mitrovic, A. (2001). Designing an intelligent tutoring system for database modelling.
- Suraweera, P. and Mitrovic, A. (2004). An intelligent tutoring system for entity relationship modelling. *Int. J. Artif. Intell. Educ.*, 14:375–417.
- Sánchez Medina, I. I., Cabrera Medina, J. M., and Martínez Gaitan, J. E. (2016). Ayudas virtuales como apoyo al aprendizaje inclusivo en la ingeniería. *Horizontes pedagógicos*, 18(1):81–95.
- Teixeira, C. S. and de Souza, M. V. (2017). *Educação fora da caixa: Tendência para a educação do século XXI*. UFSC, Florianópolis, Brasil. Disponível em: <http://via.ufsc.br/>ISBN978-85-464-0446-9>.
- VanLEHN, K. (2011). The relative effectiveness of human tutoring, intelligent tutoring systems, and other tutoring systems. *Educational Psychologist*, 46(4):197–221.
- Wijekumar, K., Meyer, B. J. F., and Lei, P. (2013). High-fidelity implementation of web-based intelligent tutoring system improves fourth and fifth graders content area reading comprehension. *Computers & Education*, 68:366–379.
- Yuan, J. and Kim, C. (2015). Effective feedback design using free technologies. *Journal of Educational Computing Research*, 52(3):408–434.