

Incorporando *Feedbacks* sobre Atitudes em Sistemas Tutores Inteligentes na Aprendizagem por Competências: Estudos de Caso no Exército Brasileiro

**Cláudia S. da Silva¹, Wallace C. Ugulino², Isabel Fernandes³, Cláudio Passos⁴,
Maria Cláudia R. Cavalcanti¹, Julio Cesar Duarte¹, Ronaldo R. Goldschmidt¹**

Instituto Militar de Engenharia (IME) – Rio de Janeiro – RJ – Brasil

Universidade de Twente – Twente – Holanda

Centro Universitário Descomplica Uniamérica – Foz do Iguaçu – PR – Brasil

Colégio Pedro II – Rio de Janeiro- RJ - Brasil

rodel.claudia@ime.eb.br, w.corbougulino@utwente.nl, ifsouza@yahoo.com.br
cpassos.cp2@gmail.com, {yoko, duarte, ronaldo.rgold}@ime.eb.br

Abstract. *Since 2012, the Brazilian Army (BA) has adopted competency-based learning (CBL) in its military education system. Although studies indicate that Intelligent Tutoring Systems (ITSs) can enhance CBL, there is limited evidence regarding their effectiveness in assessment and feedback, especially in military contexts. To date, EBTutor is the only ITS implemented within the BA's CBL framework. However, it does not address the attitudinal dimension of CBL. Therefore, this study proposes an extension to EBTutor that provides feedback on this dimension. Results from the application of this extension in Sergeant and Officer classes revealed statistically superior attitudinal performance for the intervention group compared to the control group in both classes.*

Resumo. *Desde 2012, o Exército Brasileiro (EB) adota a aprendizagem baseada em competências (AC) em seu sistema de educação militar. Embora estudos indiquem que Sistemas Tutores Inteligentes (STI) podem aprimorar a AC, há evidências limitadas sobre sua efetividade em avaliação e feedback, especialmente em contextos militares. Até o momento, o EBTutor é o único STI implementado na AC do EB. No entanto, ele não contempla a dimensão atitudinal da AC. Assim, este estudo propõe uma extensão do EBTutor que fornece feedbacks sobre tal dimensão. Resultados da aplicação desta extensão em turmas de Sargentos e Oficiais revelaram desempenho atitudinal estatisticamente superior do grupo de intervenção em comparação ao grupo de controle nas duas turmas.*

1. Introdução

A aprendizagem baseada em competências (AC)¹ transcende a mera assimilação de conteúdos, enfatizando o desenvolvimento integrado de conhecimentos, habilidades e atitudes. Ao promover a articulação entre teoria e prática, esse modelo educacional

¹AC é o processo pelo qual os alunos desenvolvem competências, com foco na aplicação prática e na realização de tarefas em diferentes contextos, incluindo o mercado de trabalho [Zabala e Arnau 2015]. A Educação Baseada em Competências prioriza o desenvolvimento de competências no processo de aprendizagem [Valente 2024].

visa o desenvolvimento integrado tanto de habilidades (o saber fazer), necessárias no mundo moderno [Belluzzo 2005, Belluzzo e Dudziak 2008], quanto de aspectos comportamentais transversais (o saber ser) [de Azevedo e de Lima Prestes 2024, Prado 2006, Junior e Nunes 2008].

Na AC, além de dominar conteúdos, o discente deve ser capacitado a demonstrar desempenho eficaz em situações práticas complexas [Perrenoud 2013]. Para isso, é essencial o desenvolvimento de aspectos comportamentais transversais, tais como as atitudes [Ostrom 1969]. Exemplos de atitudes incluem responsabilidade, dedicação e iniciativa. Tais aspectos são considerados moderadores do processo de aprendizagem e influentes no sucesso profissional [Rychen e Salganik 2003, da Silva Devincenzi *et al.* 2023, Direito *et al.* 2012]. Ao abordar o desenvolvimento do conjunto de dimensões relacionadas aos conhecimentos, às habilidades e às atitudes, a literatura associa a AC ao acrônimo *CHA*, onde cada letra deste acrônimo corresponde a uma das referidas dimensões [Zabala e Arnau 2015].

Além de sua relevância no contexto educacional da sociedade civil, a AC também se faz presente no ensino militar. Desde o ano de 2012, diversos cursos do Exército Brasileiro (EB) adotam a Educação Baseada em Competências [Comando do Exército 2012]. O referido modelo educacional busca aprimorar a capacitação dos profissionais militares, contribuindo para uma atuação mais eficaz nas atividades por eles desempenhadas.

Estudos indicam que o uso das *Tecnologias da Informação e Comunicação* (TIC) potencializa a AC [Xie *et al.* 2019, Oliveira Moreira *et al.* 2024]. Nesse contexto, a literatura em *Informática na Educação* destaca o uso de tecnologias digitais em práticas pedagógicas centradas no aluno [Bastos e Siqueira 2020, Ferreira *et al.* 2017]. Entre as TIC, também se sobressaem os Sistemas Tutores Inteligentes (STI). De acordo com [Goulart e Giraffa 2001], os STIs são artefatos computacionais baseados em IA que atuam como mediadores educacionais, proporcionando ensino adaptativo e individualizado conforme as necessidades de cada aluno.

Com aplicações em diversas áreas do conhecimento, os tutores inteligentes têm sido objeto de estudo ao longo das últimas décadas [Giraffa e Vicari 1999, Payne *et al.* 2009, Kautzmann 2015, Lopes e de Magalhães Netto 2023]. No entanto, iniciativas voltadas ao uso de STIs para apoiar as dimensões da AC ainda são pouco frequentes (vide Seção 2 – Trabalhos Relacionados), refletindo o estágio de consolidação da aprendizagem por competências em diferentes contextos educacionais.

Apesar da literatura dispor de diversos estudos sobre o uso dos STI no acompanhamento discente, a maioria deles reporta o apoio desses sistemas exclusivamente ao desenvolvimento das dimensões do Conhecimento e das Habilidades [Azevedo *et al.* 2022, Moreira *et al.* 2023, Wambsganss *et al.* 2021, Kautzmann e Jaques 2016]. Entretanto, até onde foi possível observar, somente dois trabalhos relatam utilizar tutores inteligentes no meio militar [Sottolare *et al.* 2017, da Silva *et al.* 2024].

O primeiro trabalho apresentou o *Generalized Intelligent Framework for Tutoring* (GIFT), um recurso digital para criação automatizada de STIs, com aplicação mencionada no contexto militar dos Estados Unidos [Sottolare *et al.* 2017]. Entretanto, o estudo não apresentou experimentações ou evidências empíricas da aplicação dos STIs gerados em ambientes educacionais militares. A segunda pesquisa apresentou o EBTutor, um STI

integrado ao EBAula, ambiente virtual de aprendizagem do EB, desenvolvido para fornecer *feedbacks* personalizados no contexto da AC [da Silva *et al.* 2024]. Embora tenha explorado as dimensões de Conhecimentos e Habilidades por meio de técnicas de IA, o estudo não abordou a dimensão atitudinal.

Diante deste cenário, o presente trabalho se propõe a investigar a seguinte questão de pesquisa: *Os STIs podem contribuir para o aprimoramento da dimensão atitudinal na AC do EB?* Tal questão é relevante devido à necessidade do EB de capacitar seu efetivo para responder às exigências profissionais impostas, tanto pela Instituição quanto pela Sociedade Brasileira [Comando do Exército 2012].

Visando obter evidências experimentais que respondam à questão de pesquisa formulada, este trabalho estendeu a versão do EBTutor disponibilizada pelos autores de [da Silva *et al.* 2024], a fim de incorporar funcionalidades para o cálculo de métricas de apoio à avaliação de aspectos atitudinais² e para a emissão de *feedbacks* sobre esses aspectos aos alunos. Tais métricas foram concebidas a partir de informações sobre o comportamento dos discentes registradas na base de dados do EBAula (e.g., número de atividades concluídas, quantidade de participações em fóruns de discussão, etc.). A combinação dessas métricas, de forma a prover os *feedbacks*, foi formalizada a partir de árvores de decisão construídas com o apoio de instrutores responsáveis pelas avaliações dos militares.

Para verificar a efetividade da versão estendida do EBTutor, foram conduzidos dois estudos de caso com duas turmas da disciplina de *Redes de Computadores*, ofertada na modalidade de educação a distância, com duração de 15 dias e carga horária de 20 horas semanais. Os estudos utilizaram dados de ofertas realizadas em 2025.

Inicialmente, o STI foi aplicado em uma turma composta por 46 sargentos-alunos. Posteriormente, o sistema foi aplicado a uma turma composta por 56 oficiais-alunos. A análise dos dados foi realizada por meio do teste estatístico não paramétrico *Mann-Whitney*, para a comparação entre dois grupos independentes: intervenção (alunos que utilizaram o EBTutor) e controle (alunos que não utilizaram o STI). Os resultados do estudo indicaram *desempenho atitudinal* (i.e., resultados no desenvolvimento de atitudes) estatisticamente superior dos alunos do grupo de intervenção quando comparado com o desempenho dos discentes do grupo de controle. Tais resultados são evidências que sugerem uma resposta positiva para a questão de pesquisa levantada.

O presente artigo está organizado em mais seis seções. A Seção 2 apresenta os trabalhos relacionados sobre STI na AC. Na Seção 3, é apresentada uma visão geral da arquitetura do EBTutor, que fundamentou esta pesquisa. A extensão proposta para o sistema é detalhada na Seção 4. A Seção 5 sintetiza a metodologia aplicada aos estudos de caso deste trabalho. Na Seção 6, são apresentados os detalhes da aplicação do STI estendido e os resultados das análises realizadas. As ameaças à validade e as limitações do trabalho são descritas na Seção 7. Por fim, a Seção 8 aborda as considerações finais e indica propostas de trabalhos futuros.

²Para simplificação, será utilizada a expressão *aspectos atitudinais*.

2. Trabalhos Relacionados

Os trabalhos relacionados apresentados nesta seção foram selecionados a partir de uma Revisão Sistemática da Literatura realizada no contexto desta pesquisa. A revisão contemplou estudos sobre a exploração das dimensões de conhecimentos, habilidades e atitudes por Sistemas Tutores Inteligentes.

A Tabela 1 sintetiza as informações sobre os trabalhos relacionados aos STIs na AC. A coluna *Contexto Militar* aponta se o sistema foi aplicado em alguma instituição militar, brasileira ou estrangeira. O campo *Aborda* é segmentado em colunas: *C*, *H* e *A*, que indicam, respectivamente, se os Conhecimentos, as Habilidades e as Atitudes foram, de alguma forma, mencionados nos respectivos estudos. A coluna *Feedback* sinaliza se o STI apresentado pelo trabalho fornece algum tipo de retorno ao aluno sobre alguma das dimensões da AC. Por fim, o rótulo *Domínio* especifica a área temática onde o STI oferece suporte, podendo ser um domínio de estudo fixo, atendendo a uma única área de estudo (i.e. matemática, física, ciências etc.), ou configurável, quando o STI descrito puder ser customizado conforme o domínio de interesse. Quanto às marcações da tabela, a presença do símbolo ‘•’ indica que a respectiva característica foi observada no trabalho, enquanto sua ausência representa que tal característica não foi observada ou relatada.

Tabela 1. Trabalhos sobre STIs na AC

Referência	Contexto Militar	Aborda			Feedback			Domínio
		C	H	A	C	H	A	
[Maldaner <i>et al.</i> 2022]			•					Matemática
[de Moraes e Jaques 2020]		•	•	•				Matemática
[Payne <i>et al.</i> 2009]		•	•		•			Ciências
[Solé-Beteta <i>et al.</i> 2021]		•	•	•	•			<i>Big Data</i>
[Adenowo 2012]		•	•		•			Contábil
[Tran 2021]		•	•	•				Idioma Japonês
[Yang 2009]		•	•		•			Programação
[Azevedo <i>et al.</i> 2022]		•	•	•				Biologia
[Leyzberg <i>et al.</i> 2018]		•	•	•				Idioma Inglês
[Luccioni <i>et al.</i> 2016]		•	•		•			Idioma Francês
[Kautzmann e Jaques 2016]		•	•		•			Matemática
[Seffrin <i>et al.</i> 2012]		•	•		•			Matemática
[Wambsganss <i>et al.</i> 2021]		•	•		•			Escrita
[Moreira <i>et al.</i> 2023]		•	•					<i>Fake News</i>
[Sottolare <i>et al.</i> 2017]	•	•	•		•			Configurável
[da Silva <i>et al.</i> 2024]	•	•	•		•	•		Configurável
<i>Este Trabalho</i>	•	•	•	•	•	•	•	Configurável

Ao analisar os trabalhos indicados nesta tabela, observa-se a possibilidade de agrupá-los em dois conjuntos. O primeiro compreende estudos que reportam STIs aplicados a alguma dimensão da AC no contexto de diferentes domínios de estudo. Nenhuma dessas pesquisas foi empregada no contexto militar.

O segundo conjunto contém somente dois trabalhos, ambos com aplicação no contexto militar. O primeiro descreve o *GIFT*, uma ferramenta para gerar STIs [Sottolare *et al.* 2017]. Mesmo mencionando a aplicação do *GIFT* no Exército Americano, tal trabalho não reportou estudos de caso que comprovassem a efetividade da ferramenta. O segundo trabalho apresenta o EBTutor, STI desenvolvido para apoiar a AC do Exército Brasileiro [da Silva *et al.* 2024]. O trabalho reporta um estudo de caso realizado no EB, onde a ferramenta se limitou a emitir *feedbacks* aos alunos, sobre *Conhecimentos* e *Habilidades*, não contemplando a dimensão atitudinal. Percebe-se, então, uma lacuna na literatura quanto à falta de investigações dos efeitos de STI no que se refere ao fornecimento de *feedbacks* sobre a dimensão atitudinal. Foi exatamente nesta lacuna que o presente trabalho se concentrou, pois investigou a inferência de atitudes no contexto da AC, integrando métricas comportamentais, regras de especialistas e *feedback* personalizado em um sistema tutor. Assim sendo, aplicou o EBTutor em estudos de caso onde foram abordados e fornecidos *feedbacks* sobre as 3 dimensões do *CHA* simultaneamente, conforme indicado na última linha da Tabela 1.

3. EBTutor: Visão Geral

Em [da Silva *et al.* 2024], os autores propuseram o EBTutor, um STI que apoia os alunos militares no contexto da AC do EB, com foco em *feedbacks* nas dimensões de Conhecimento e de Habilidades. O STI proposto foi desenvolvido de forma integrada ao EBAula, AVA utilizado nos cursos oferecidos pela Instituição. Para viabilizar o seu funcionamento no âmbito de um curso d qualquer oferecido pelo EB, o EBTutor precisa ser previamente configurado quanto ao conteúdo de d . É importante ressaltar ainda que o EBTutor foi concebido para prover *feedbacks* relacionados à AC de forma reativa e personalizada, i.e., a partir da demanda explícita de qualquer aluno $t \in T$, onde T é o conjunto de estudantes cadastrados no EBAula e inscritos em d .³

Arquiteturalmente, o STI é composto por cinco modelos que representam os diferentes conhecimentos necessários ao funcionamento do sistema. Em conjunto, esses modelos subsidiam a coleta, o processamento e a interpretação das informações provenientes do EBAula, possibilitando a geração de *feedbacks* personalizados aos estudantes.

A Figura 1 apresenta uma visão geral dessa arquitetura. O Modelo de Domínio armazena o conhecimento relacionado ao domínio ou área de estudo de d . Neste modelo, o conhecimento encontra-se representado por meio de diversos conjuntos, como, por exemplo, o conjunto de assuntos A e o conjunto de questionários Q a serem respondidos por $t \in d$. O Modelo do Aluno, por sua vez, tem como função registrar o histórico L de evidências de aprendizado de $t \in d$, ou seja, qualquer informação $l \in L$ fornecida diretamente por t ao EBTutor ou ao EBAula (e.g. uma resposta de t para um item apresentado a t em um questionário $q \in Q$, uma postagem de t em um fórum de discussão, entre outras) ou observada a partir das interações de t junto ao EBTutor ou ao EBAula (e.g. frequência de acesso às plataformas, cumprimento de prazo na entrega de tarefas, dentre outras). Compete ao Modelo Pedagógico compreender o conhecimento pedagógico, incluindo o saber sobre as teorias educacionais, para avaliar $t \in d$. O Modelo de Geração de *Feedback* é responsável por definir cada *feedback* f a ser fornecido a t . Por fim, cabe ao Modelo de *Feedback* Automatizado realizar as interações entre t e o EBTutor.

³Visando simplificar o texto, será adotada a expressão $t \in d$ para indicar que $t \in T$.

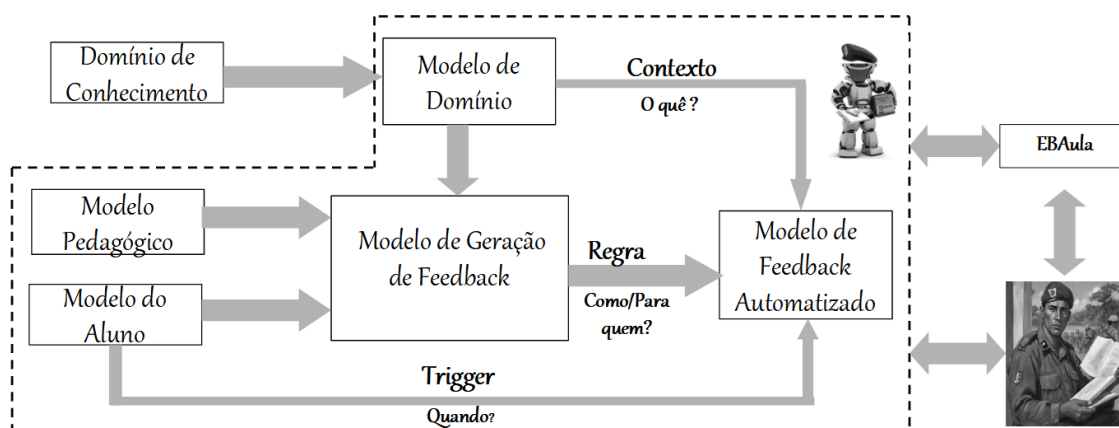


Figura 1. Arquitetura funcional do EBtutor. Fonte: [da Silva et al. 2024].

4. Extensão do EBtutor

No presente trabalho, o EBtutor foi estendido de forma que o STI pudesse prover *feedbacks* sobre aspectos atitudinais aos alunos. Tal extensão foi realizada a partir do código disponibilizado por [da Silva et al. 2024]. Em essência, a arquitetura do EBtutor descrita na Figura 1 foi preservada. Todas as alterações feitas no EBtutor se concentraram no Modelo Pedagógico e no Modelo de Geração de *Feedbacks*.

Inicialmente, foi incorporado ao Modelo Pedagógico, o conhecimento sobre os aspectos a serem observados a partir do comportamento e do conjunto de atitudes $Atd = \{atd_1, atd_2, \dots, atd_{|Atd|}\}$ esperadas que t desenvolva durante sua jornada de aprendizagem em d .⁴ São exemplos de atitudes: “Disciplina”, “Dedicação” e “Pontualidade”, dentre outras. Para cada atitude $atd \in Atd$, existe um conjunto de pautas atitudinais PA_{atd} (i.e., características comportamentais), que devem ser observadas em t ao longo do curso d , a fim de atribuir a t o resultado de uma avaliação relacionada a atd . O conjunto de pautas atitudinais relacionado a cada atitude $atd \in Atd$ encontra-se regulamentado pelo EB, no documento denominado *Normas para Desenvolvimento e Avaliação dos Conteúdos Atitudinais* (NDACA) [DECEX 2019]⁵ São exemplos de pautas atitudinais relacionadas à atitude $atd = Dedicação$: *atua com interesse na execução de suas tarefas, empenha-se para adquirir novos conhecimentos para enriquecer seu trabalho e prepara-se para atingir um maior nível de desempenho na execução de suas atribuições*.

O Modelo de Geração de *Feedback* foi estendido a fim de processar o conhecimento do Modelo Pedagógico de forma a prover *feedbacks* não apenas sobre Conhecimentos e Habilidades, mas também sobre Atitudes. Para tanto, utiliza as chamadas *métricas de apoio à avaliação de atitude*. Uma *métrica de apoio à avaliação de atitude* (*maa*) é qualquer função que, a partir de informações coletadas das bases de dados do EBAula ou do EBtutor, expresse alguma medida que contribua para a avaliação de uma pauta atitudinal. As *maa* justificam-se pois constituem evidências comportamentais observáveis, registradas automaticamente no EBAula. Na sequência, são apresentados exemplos de

⁴Neste artigo, a função $|X|$, onde X é um conjunto arbitrário, produz como saída a cardinalidade (i.e., número de elementos) de X .

⁵A NDACA fundamenta a avaliação do desempenho atitudinal dos alunos militares durante cursos.

maa consideradas pelo Modelo de Geração de *Feedback*. Ressalta-se que tais métricas foram inspiradas em trabalhos como [Ferraz *et al.* 2015, Hernández-García *et al.* 2018, Bognár e Fauszt 2020] que buscam caracterizar ações indicativas de comportamentos, tais como colaboração, participação, engajamento e autoaperfeiçoamento, dentre outras.

- *Percentual de participação em questionários* (maa_1): Considerando o conjunto Q de questionários disponibilizado pelo curso d no EBAula e os conjuntos $C_{t,q}$ de tentativas⁶ de cada aluno $t \in d$ em cada questionário $q \in Q$, define-se a função $q(\cdot)$ da seguinte forma: $q(t) = 1$ se $C_{t,q} \neq \emptyset$ e $q(t) = 0$, caso contrário. Assim sendo, a maa_1 é dada pela razão entre o total de questionários concluídos por t (i.e. o total de questionários para os quais t tenha realizado pelo menos uma tentativa) até o momento em que t solicitou o *feedback* ao STI e o total de questionários disponibilizados em d , conforme representado na Equação 1.

$$maa_1 = \frac{\sum_{i=1}^{|Q|} q_i(t)}{|Q|} \quad (1)$$

- *Percentual de tentativas nos questionários* (maa_2): Seja $C_{t,q} = \{c_1, c_2, \dots, c_{|C_{t,q}|}\}$ o histórico de tentativas realizadas por t ao responder q . O EBAula permite que t realize mais de uma tentativa em cada $q \in Q$ em um limite máximo de tentativas pré-estabelecido L_q ⁷. Cada tentativa $c \in C_{t,q}$ possui um atributo correspondente ao número da tentativa (*c.ord*) que indica a ordem de ocorrência de c em relação às demais tentativas. Portanto, a tentativa mais recente realizada por t em q pode ser obtida por $c_{max} = \text{argmax}_{c.ord}(C_{t,q})$. Assim, esta maa é dada pela razão entre o total de tentativas realizadas por t nos questionários até o momento em que t solicitou o *feedback* ao EBTutor, e o total de tentativas permitidas nos questionários de d , conforme apresentada na Equação 2.

$$maa_2 = \frac{\sum_{i=1}^{|Q|} |\text{argmax}_{c.ord}(C_{t,q_i})|}{\sum_{i=1}^{|Q|} L_{q_i}} \quad (2)$$

A maa_2 pode inferir atitudes do discente tais quais: persistência e autoaperfeiçoamento. Ao ser acompanhada da análise longitudinal, relacionada ao desempenho dos questionários, pode inferir em aspectos relacionados à resiliência, ao planejamento, à meticulosidade e à autoavaliação. Conforme [Bognár e Fauszt 2020], tal métrica é considerada um indicador linear que pode mostrar a busca pela melhoria contínua por cada t , ao realizar várias vezes cada $q \in Q$.

- *Participação média do aluno em fóruns em relação à participação média da turma em fóruns* (maa_3): Sejam $FM_d = \{fm_{d,1}, fm_{d,2}, \dots, fm_{d,|FM_d|}\}$ o conjunto de todos os fóruns do curso d no EBAula e $post_{t,y}$ uma postagem arbitrária feita por t em um fórum qualquer y de d (i.e., $y \in FM_d$). Seja ainda $Post_t = \{post_{t,y} : \exists z \in FM_d \wedge y = z\}$ o conjunto de postagens feitas por t em fóruns de d . Desta forma, a média $avgpost_t$ de participações (i.e., postagens) de t em fóruns de d é dada pela Equação 3.

⁶Denomina-se tentativa de um aluno t em um questionário q , a cada vez que t responde q .

⁷É importante observar que $|C_{t,q}| \leq L_q$, i.e., o número de tentativas realizadas por t em q não pode exceder o limite máximo pré-estabelecido.

$$avgpost_t = \frac{|Post_t|}{|FM_d|} \quad (3)$$

De forma análoga, pode-se obter a média $avgpost_d$ de participações (i.e., postagens) dos alunos de d em fóruns de d , como indicado na Equação 4.

$$avgpost_d = \frac{|\bigcup_{t \in d} Post_t|}{|FM_d|} \quad (4)$$

Assim, a maa_3 é dada pela razão entre $avgpost_t$ e $avgpost_d$, conforme representado na Equação 5.

$$maa_3 = \frac{avgpost_t}{avgpost_d} = \frac{|Post_t|}{|\bigcup_{t \in d} Post_t|} \quad (5)$$

- *Percentual de atividades concluídas (maa_4):* Seja $Atv = \{atv_1, atv_2, \dots, atv_{|Atv|}\}$ o conjunto de todas as atividades disponibilizadas pelo curso d no EBAula para os seus alunos, em que, para todo $i = 1, \dots, |Atv|$, $atv_i(t) = 1$ se t concluiu atv_i , e $atv_i(t) = 0$, caso contrário. A maa_4 é dada pela razão entre o total de atividades concluídas por t até o momento em que t solicitou o *feedback* ao STI e o total de atividades disponibilizadas, conforme representado na Equação 6.

$$maa_4 = \frac{\sum_{i=1}^{|Atv|} atv_i(t)}{|Atv|} \quad (6)$$

Entende-se como atividades concluídas por t , por exemplo, todos os questionários respondidos (pelo menos uma tentativa), postagens feitas em fóruns (pelo menos uma postagem por fórum) e acessos a *links* recomendados (pelo menos um acesso por *link*), ocorridos desde o início de d até o momento em que t solicitou o *feedback*.

- *Percentual de cursos concluídos no EBAula (maa_5):* Sejam $D = \{d_1, d_2, \dots, d_{|D|}\}$ o conjunto de cursos em que t se matriculou no EBAula e a função $d_i(\cdot)$ definida da seguinte forma: para todo $i = 1, \dots, |D|$, $d_i(t) = 1$ se t concluiu d_i , e $d_i(t) = 0$, caso não tenha concluído. Conforme Equação 7, a maa_5 é dada pela razão entre o total de cursos concluídos no EBAula por t , até o momento em que solicitou o *feedback* ao STI, e o total de cursos em que t foi matriculado.

$$maa_5 = \frac{\sum_{i=1}^{|D|} d_i(t)}{|D|} \quad (7)$$

Já as métricas $maa_{5tecnico}$ e maa_{5adm} , descritas a seguir, são subconjuntos especializados de maa_5 , restritos à natureza da organização militar que ofereceu o curso.

$$maa_5 = maa_{5tecnico} + maa_{5adm} \quad (8)$$

- *Percentual de cursos técnicos concluídos no EBAula ($maa_{5tecnico}$):* Métrica análoga à maa_5 com a condicionante de os cursos serem ofertados por Organizações Militares de cunho técnico, como, por exemplo, o Centro de Instrução de Guerra Eletrônica, o Centro de Instrução de Aviação do Exército, e o Instituto Militar de Engenharia.

- *Percentual de cursos administrativos/bélicos concluídos no EBAula (maa_{5adm}):* Métrica análoga à maa_5 com a condicionante de os cursos serem ofertados por Organizações Militares de cunho administrativo tais quais: Instituto de Economia e Finanças do Exército, Região Militar e Departamento Geral do Pessoal.

Para que o Modelo de Geração de *Feedback* possa prover *feedbacks* sobre aspectos atitudinais dos alunos durante a utilização do EBTutor, é necessário que o conhecimento a ser processado por este modelo seja previamente configurado. Assim, para cada atitude $atd \in Atd$ a ser avaliada, o instrutor i de d deve primeiramente selecionar as pautas atitudinais que serão consideradas na avaliação de atd . Em seguida, para cada pauta atitudinal $pa_{atd} \in PA_{atd}$ considerada, i deve selecionar, dentre as métricas de apoio à avaliação de atitudes $maas$ apresentadas acima, aquelas que serão efetivamente utilizadas na avaliação de pa_{atd} . Para cada maa selecionada, i deve definir faixas de discretização para os valores de maa . Para construir a árvore de decisão que irá inferir o conceito de cada pa_{atd} ⁸, i deve preencher uma tabela que apresenta todas as combinações de faixas entre as $maas$ selecionadas para avaliar pa_{atd} . Para cada linha desta tabela, o instrutor i informa o conceito que julgar adequado para pa_{atd} . Após o preenchimento da tabela de avaliação da pa_{atd} , a árvore de decisão é gerada a partir da aplicação de um algoritmo de geração de árvore de decisão como o C4.5 [Quinlan 2014, de Oliveira 2013], por exemplo. Uma vez construídas as árvores de decisão de todas as pautas atitudinais para avaliar atd , é necessário construir a árvore de decisão responsável por inferir o conceito de atd . Para tanto, i deve preencher uma nova tabela, sendo que esta apresenta todas as combinações de conceitos entre as pautas atitudinais de atd . De forma análoga ao descrito anteriormente, para cada combinação de conceitos das pautas atitudinais, i deve informar o conceito a ser atribuído a atd para a situação retratada pela referida combinação. Uma vez preenchida esta tabela, aplica-se novamente um algoritmo de geração de árvore de decisão, a fim de produzir a árvore que deverá inferir a avaliação de atd .

5. Metodologia Aplicada nos Estudos de Caso

O curso escolhido para ser apoiado pelo EBTutor foi $d = \text{"Redes de Computadores"}$ por atender aos seguintes requisitos: era baseado na AC, pertencia ao contexto da Defesa, área de interesse do EB, e seria ofertado por meio do EBAula. O curso contemplava nove assuntos, cada um contendo questionários destinados à verificação da aprendizagem. O STI foi aplicado em duas turmas de d com 46 Sargentos e 56 Oficiais, respectivamente.

Inicialmente, foi realizada a análise dos documentos de ensino do curso, verificando-se o conjunto de atitudes Atd almejadas, ou seja, esperadas que sejam demonstradas por t durante a realização do curso, sendo, para este estudo de caso, $Atd = \{Dedicação\}$. Após a definição das atitudes analisadas, o instrutor escolheu as métricas maa , definiu o critério para a discretização em faixas (e.g. valor alto, valor médio, valor baixo) e combinou as métricas. Em seguida, gerou uma planilha relacionada a cada combinação possível.

Dessa forma, em conjunto com o instrutor, foram escolhidas, discretizadas e utilizadas como entrada do processo de inferência cinco *métricas de apoio à avaliação de atitude*, $Maa = \{maa_1, maa_2, maa_3, maa_4, maa_5\}$ e quatro árvores de decisão, sendo uma para cada elemento dos conjuntos $PA_{atd} = \{pa_{atd,1}, pa_{atd,2}, pa_{atd,3}\}$ e $Atd = \{Dedicação\}$.

⁸Os conceitos de cada pauta atitudinal encontram-se definidos na NDACA.

Dando sequência, durante o período da disciplina, parte dos discentes aderiu voluntariamente à pesquisa envolvendo o EBTutor. Em razão desse caráter voluntário, os participantes foram organizados, para fins de análise, em dois grupos distintos, conforme descrito a seguir:

- Grupo Intervenção (Intv): composto pelos alunos da turma T de d que utilizaram o EBTutor e receberam *feedback* após a resolução dos questionários.
- Grupo Controle (Ctrl): composto pelos alunos da turma T de d que não utilizaram o EBTutor e, conseqüentemente, não receberam os *feedbacks* gerados pelo STI.

Em seguida, para apurar os resultados, foi aplicado um método baseado na comparação dos *feedbacks* sobre atitudes fornecidos pelo STI. O *feedback inicial* foi aquele fornecido pelo EBTutor após a realização do primeiro questionário, associado ao primeiro assunto da disciplina. De forma análoga, o *feedback final* foi o disponibilizado após o questionário do último assunto de d . Destaca-se que qualquer aluno t pode demandar um *feedback* explicitamente, a qualquer momento, durante o transcurso de d . A partir dessas informações, procedeu-se ao cálculo do Ganho Normalizado (GN), conforme apresentado na Equação 9. Esse indicador foi obtido pela diferença entre as notas dos *feedbacks* inicial e final, normalizada pelo ganho máximo possível, considerando o desempenho individual de cada estudante. Nesse contexto, o *Feedback_Final* e o *Feedback_Inicial* representam, respectivamente, as notas obtidas pelo aluno nos *feedbacks* (final e inicial), enquanto a *Nota_Maxima* corresponde à maior nota possível de ser alcançada, fixada em 10, nos estudos de caso realizados.

$$GN = \frac{Feedback_Final - Feedback_Inicial}{Nota_Maxima - Feedback_Inicial} \quad (9)$$

Embora o Grupo Ctrl não tenha utilizado o EBTutor durante o curso, as evidências de aprendizagem produzidas pelos alunos permaneceram registradas no EBAula. Assim sendo, o EBTutor foi aplicado posteriormente, com o objetivo de calcular, individualmente, os *feedbacks* que teriam sido gerados para cada aluno desse grupo, caso ele tivesse usado o STI. Ressalta-se que tais *feedbacks* não foram disponibilizados aos discentes, sendo utilizados exclusivamente para fins de análise e comparação de resultados. Esse procedimento teve como objetivo garantir a comparabilidade dos resultados entre os grupos, por meio da aplicação do mesmo modelo de avaliação adotado no Grupo Intv.

Para a análise estatística, foi aplicado o teste de hipótese não paramétrico *Mann-Whitney U* [Mann e Whitney 1947], com o objetivo de comparar os ganhos normalizados entre os grupos, adotando-se o nível de confiabilidade de 95% ($\alpha=0,05$). Tal escolha se deve ao fato de o teste ser recomendado para situações com pequenos conjuntos de observações, desbalanceamento entre grupos e ausência de normalidade nas variáveis analisadas [Conover 1999], condições essas verificadas no estudo de caso desta pesquisa. As hipóteses do teste H_0 e H_1 foram assim formalizadas:

- Hipótese Nula H_0 : A probabilidade de que o Ganho Normalizado de uma observação selecionada aleatoriamente no Grupo Intv seja maior que o Ganho Normalizado de uma observação selecionada aleatoriamente no Grupo Ctrl é menor ou igual à probabilidade de que o Ganho Normalizado de uma observação selecionada aleatoriamente no Grupo Ctrl seja maior que o Ganho Normalizado

de uma observação selecionada aleatoriamente no Grupo Intv. Em termos matemáticos: $P[GN_{Intv} > GN_{Ctrl}] \leq P[GN_{Ctrl} > GN_{Intv}]$.

- Hipótese Alternativa H_1 : A probabilidade de que o Ganho Normalizado de uma observação selecionada aleatoriamente no Grupo Intv seja maior que o Ganho Normalizado de uma observação selecionada aleatoriamente no Grupo Ctrl é maior que a probabilidade de que o Ganho Normalizado do Grupo Ctrl seja maior que o do Grupo Intv. Em termos matemáticos: $P[GN_{Intv} > GN_{Ctrl}] > P[GN_{Ctrl} > GN_{Intv}]$.

6. Resultados e Discussões

Esta seção apresenta e discute os resultados obtidos, em conformidade com a metodologia adotada. A Tabela 2 apresenta os resultados da comparação dos ganhos normalizados entre os grupos para as turmas de Sargentos e de Oficiais. Na turma de Sargentos foram consideradas 33 observações no grupo Intv e 13 no grupo Ctrl. A turma de Oficiais contemplou 33 observações no grupo Intv e 23 no grupo Ctrl.

Tabela 2. Comparação dos ganhos normalizados para Atd =“Dedicação”.

Turma	p -valor	Rejeita H_0 ?	Medidas de Posição e Dispersão					
			Média		Mediana		Desvio Padrão	
			Intv	Ctrl	Intv	Ctrl	Intv	Ctrl
Sargentos	0,003	Sim	0,74	0,51	0,80	0,61	0,15	0,29
Oficiais	< 0,001	Sim	0,79	0,63	0,80	0,61	0,13	0,19

Os resultados obtidos apontam a existência de diferenças estatisticamente significativas entre os grupos analisados. Para as turmas de Sargentos e Oficiais os valores calculados foram p -valor= 0,003 e p -valor < 0,001 respectivamente, levando à rejeição da hipótese nula em ambos os casos. Nas duas turmas, o grupo de intervenção apresentou média e mediana superiores às do grupo de controle. Observou-se ainda que, de forma geral, o grupo de controle apresentou um desvio padrão superior ao outro grupo, sugerindo maior variabilidade entre os participantes. Assim, os resultados indicaram desempenho estatisticamente superior dos alunos do grupo de intervenção em relação ao outro grupo, para ambas as turmas, independentemente do grau de formação. Esse comportamento sugere que os *feedbacks* fornecidos pelo EBTutor podem ter contribuído para aprimorar a atitude *Dedicação*. Dessa forma, são evidências que apontam para uma resposta positiva para a questão de pesquisa levantada no presente trabalho.

7. Ameaças à Validade e Limitações

O presente estudo apresentou limitações que devem ser consideradas na interpretação dos resultados. A participação dos alunos na utilização do EBTutor ocorreu de forma voluntária, resultando em grupos de intervenção e controle não aleatorizados e com distribuição desigual de participantes. A avaliação atitudinal baseou-se em métricas comportamentais que, embora fundamentadas na NDACA e na literatura, podem não capturar plenamente a complexidade das atitudes dos alunos. Além disso, o estudo foi realizado em duas turmas do EB e contemplou apenas a atitude *Dedicação*, limitando a análise de outras dimensões atitudinais. Ademais, por ter sido conduzido exclusivamente no contexto

educacional militar, a influência da cultura institucional pode restringir a generalização para contextos civis.

8. Considerações Finais e Trabalhos Futuros

Verifica-se uma escassez de pesquisas que explorem a aplicação de Sistemas Tutores Inteligentes no contexto da Aprendizagem Baseada em Competências, especialmente no contexto militar, com foco na inferência de aspectos atitudinais. Diante dessa lacuna, este estudo propôs a incorporação de métricas que apoiem a avaliação e a emissão de *feedbacks* relacionados a esses aspectos no EBTutor. O EBTutor é um STI voltado para a AC no Exército Brasileiro, projetado para operar de forma integrada ao EBAula. Até então, utilizava estruturas de grafos de conhecimento e algoritmos baseados em árvores de decisão para fornecer *feedbacks* avaliativos focados nas dimensões de Conhecimentos e Habilidades — centrais à abordagem por competências. A incorporação das métricas de apoio à avaliação de atitude (*maa*) foi realizada no código disponibilizado por [da Silva *et al.* 2024], permitindo o atendimento simultâneo às três dimensões da aprendizagem baseada em competências (AC).

Este trabalho apresentou os resultados obtidos com o uso do STI estendido em dois estudos de caso, contemplando uma turma totalizando 46 Sargentos e outra composta por 56 Oficiais no total, durante a oferta da disciplina “Redes de Computadores”. Cada turma foi dividida em dois grupos: intervenção (*Intv*) e controle (*Ctrl*). O STI emitiu os *feedbacks* iniciais e finais para a atitude *Dedicação*. Para verificar diferenças estatisticamente significativas entre os grupos de cada turma, aplicou-se o teste não paramétrico de *Mann-Whitney*. Os resultados apresentaram $p\text{-valor} = 0,003$ e $p\text{-valor} < 0,001$ para as turmas de Sargentos e Oficiais, respectivamente. Isso permitiu rejeitar a hipótese nula H_0 , com nível de confiança de 95%, em ambos os estudos. Observou-se, ainda, que o Grupo *Intv* apresentou ganhos normalizados superiores e resultados mais homogêneos em relação ao Grupo *Ctrl*, indicando melhor desempenho entre os participantes submetidos ao STI estendido. Tais resultados constituem, portanto, evidências que sugerem uma resposta positiva para a questão de pesquisa levantada (*se os STIs podem contribuir para o aprimoramento da dimensão atitudinal na AC do EB*).

Entre as principais contribuições deste trabalho destacam-se as métricas desenvolvidas, o EBTutor estendido, os dados coletados e as análises efetuadas. Como perspectivas futuras, prevê-se a construção de novas métricas para ampliar o conjunto das *maas*, realização de novos estudos de caso com amostras mais amplas e representativas, com o objetivo de obter evidências estatísticas mais consistentes sobre a eficácia do STI estendido. Projeta-se, também, a integração com testes psicométricos⁹, bem como a ampliação da análise das respostas dos alunos, incluindo questões discursivas. Nesse contexto, busca-se explorar tais respostas por meio do uso de *Large Language Models*, de modo a complementar a inferência da dimensão atitudinal. Além disso, o estudo visa aplicar o modelo *Technology Acceptance Model* (TAM) para analisar a aceitação da ferramenta por meio dos construtos como *Perceived Usefulness*, *Perceived Ease of Use* e *Behavioral Intention to Use*. Por fim, pretende-se testar o STI também no âmbito civil, considerando sua capacidade de adaptação a diferentes contextos e demandas educacionais.

⁹São instrumentos padronizados para mensurar características psicológicas [Pasquali 2017].

9. Cuidados Éticos

A pesquisa foi submetida ao Comitê de Ética em Pesquisa e aprovada sob o Certificado de Apresentação para Apreciação Ética N° 85048924.0.0000.0327 . Todas as informações coletadas foram tratadas sob sigilo e anonimato, conforme *Termo de Confidencialidade e Sigilo* assinado pelos pesquisadores. Na interface do STI, a participação na pesquisa foi condicionada ao aceite do *Registro de Consentimento Livre e Esclarecido*.

10. Declaração de uso de IA generativa

Este trabalho utilizou ferramenta de IA como apoio à revisão textual. Contudo, todas as decisões metodológicas, as análises e as interpretações dos resultados são de responsabilidade dos autores.

11. Disponibilidade de Artefatos

O presente estudo foi conduzido de modo a permitir sua reprodutibilidade, assim sendo, a replicação de seus procedimentos. Os critérios adotados para a avaliação da dimensão atitudinal e o método estatístico empregado foram detalhados na Seção 5.

Além disso, com o propósito de ampliar a transparência e favorecer a verificação independente dos resultados obtidos, os artefatos da pesquisa foram disponibilizados em plataforma anonimizada, em conformidade com os cuidados éticos. No contexto da metodologia de avaliação atitudinal, os artefatos contendo as combinações entre as *maas* para inferência das pautas atitudinais e da atitude *Dedicação* encontram-se disponíveis em <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.32256330>. Complementarmente, a estrutura de conhecimento utilizada para inferir a avaliação da atitude *Dedicação* em *d=Redes de Computadores* está disponível em <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.32306676>.

Para comparar os ganhos normalizados entre os alunos dos grupos, aplicou-se o teste de *Mann-Whitney*. O código implementado em *Python* está disponível em <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.32253696>.

Adicionalmente, os artefatos contendo os cálculos descritos na Seção 5 podem ser acessados em <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.32254800> referente à turma de sargentos e em <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.32409303> para a turma de oficiais.

Referências

- [Adenowo 2012] Adenowo, A. (2012). *Augmented Conversation and Cognitive Apprenticeship Metamodel Based Intelligent Learning Activity Builder System*. PhD thesis, De Montfort University.
- [Azevedo et al. 2022] Azevedo, R., Bouchet, F., Duffy, M., Harley, J., Taub, M., Trevors, G., Cloude, E., Dever, D., Wiedbusch, M., Wortha, F., et al. (2022). Lessons learned and future directions of metatutor: leveraging multichannel data to scaffold self-regulated learning with an intelligent tutoring system. *Frontiers in Psychology*, 13.

- [Bastos e Siqueira 2020] Bastos, C. A. R. and Siqueira, S. W. M. (2020). Repensando o ensino com novas tecnologias, design thinking e experiência do aluno: Um estudo qualitativo com base em formação docente. *Revista Brasileira de Informática Na Educação*, 28:573–595.
- [Belluzzo 2005] Belluzzo, R. C. B. (2005). Competências na era digital: desafios tangíveis para bibliotecários e educadores. *ETD-Educação Temática Digital*, 7(1):30–50.
- [Belluzzo e Dudziak 2008] Belluzzo, R. C. B. and Dudziak, E. A. (2008). Educação, informação e tecnologia na sociedade contemporânea: diferenciais à inovação? *Revista Brasileira de Biblioteconomia e Documentação*, 4(2):44–51.
- [Bognár e Fauszt 2020] Bognár, L. and Fauszt, T. (2020). Different learning predictors and their effects for moodle machine learning models. In *2020 11th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications (CogInfoCom)*, pages 000405–000410. IEEE.
- [Comando do Exército 2012] Comando do Exército (2012). Portaria nº 137 do Comandante da Força, de 28 de fevereiro de 2012. https://www.sgex.eb.mil.br/sg8/006_outras_publicacoes/01_diretrizes/01_comando_do_exercito/port_n_137_cmdo_eb_28fev2012.html.
- [Conover 1999] Conover, W. J. (1999). *Practical Nonparametric Statistics*. Wiley, New York, 3 edition.
- [da Silva *et al.* 2024] da Silva, C. S., Moreira, T. O., Fernandes, I., Passos, C., Cavalcanti, M. C. R., Duarte, J. C., and Goldschmidt, R. R. (2024). Ebtutor: Uma proposta de sistema tutor inteligente na aprendizagem baseada em competências no exército brasileiro. In *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)*, pages 1674–1688. SBC.
- [da Silva Devincenzi *et al.* 2023] da Silva Devincenzi, S., Kwecko, V. R., da Costa, A. A., and de Lima Bicho, A. (2023). Desenvolvimento de soft skills: Um programa de formação universitária na era da capacitação 4.0. In *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)*, pages 1074–1085. SBC.
- [de Azevedo e de Lima Prestes 2024] de Azevedo, T. A. C. and de Lima Prestes, J. A. (2024). Alinhamento da bncc com os componentes curriculares do projeto letramento digital. In *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)*, pages 3149–3159. SBC.
- [de Moraes e Jaques 2020] de Moraes, F. and Jaques, P. A. (2020). Considerando personalidade e transições de emoções na detecção de emoções baseada em mineração de dados. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 28:749–775.
- [de Oliveira 2013] de Oliveira, W. D. (2013). *Comparação dos algoritmos C4. 5 e MLP usados na avaliação da segurança dinâmica e no auxílio ao controle preventivo no contexto da estabilidade transitória de sistemas de potência*. Dissertação, Universidade Federal do Pará.
- [DECEEx 2019] DECEEx (2019). Portaria nº 338-DECEEx, de 19 de dezembro de 2019. https://www.sgex.eb.mil.br/sg8/005_normas/01_normas_diversas/07_departamento_de_educacao_e_cultura_do_exercito/port_n_338_decex_19dez2019.html.
- [Direito *et al.* 2012] Direito, I., Azevedo, G., Pereira, A., and Duarte, A. d. O. (2012). Competências transversais nas engenharias: Comparação de estudantes do brasil e portugal. In *XL Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia*, pages 1–11.

- [Ferraz *et al.* 2015] Ferraz, P. F. O., de Oliveira, P. T., and Hornink, G. G. (2015). Desenvolvimento e implementação de indicadores de colaboração e participação no moodle. *Informática na educação: teoria & prática*, 18(1).
- [Ferreira *et al.* 2017] Ferreira, V., Vasconcelos, G., and França, R. (2017). Mapeamento sistemático sobre sistemas de recomendações educacionais. In *Anais do XXVIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)*, pages 253–262.
- [Giraffa e Vicari 1999] Giraffa, L. M. M. and Vicari, R. M. (1999). Estratégias de ensino em sistemas tutores inteligentes modelados através da tecnologia de agentes. *Revista Brasileira de Informática na Educação. Florianópolis*.
- [Goulart e Giraffa 2001] Goulart, R. R. and Giraffa, L. M. (2001). Utilizando a tecnologia de agentes na construção de sistemas tutores inteligentes em ambiente interativo. In *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*, volume 1, pages 419–430.
- [Hernández-García *et al.* 2018] Hernández-García, Á., Acquila-Natale, E., Iglesias-Pradas, S., and Chaparro-Peláez, J. (2018). Design of an extraction, transform and load process for calculation of teamwork indicators in moodle. In *LASI-SPAIN*, pages 62–73.
- [Junior e Nunes 2008] Junior, J. M. C. and Nunes, V. B. (2008). Processo, ontologia e ferramenta para gestão de competências em instituições de ensino. In *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*, volume 1, pages 563–572.
- [Kautzmann 2015] Kautzmann, T. R. (2015). Um modelo de agente pedagógico para o treinamento adaptativo da habilidade metacognitiva de monitoramento do conhecimento em sistemas tutores inteligentes. Dissertação de mestrado, Universidade do Vale do Rio dos Sinos.
- [Kautzmann e Jaques 2016] Kautzmann, T. R. and Jaques, P. A. (2016). Treinamento da habilidade metacognitiva de monitoramento do conhecimento em sistemas tutores. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 24(02):22.
- [Leyzberg *et al.* 2018] Leyzberg, D., Ramachandran, A., and Scassellati, B. (2018). The effect of personalization in longer-term robot tutoring. *ACM Transactions on Human-Robot Interaction (THRI)*, 7(3):1–19.
- [Lopes e de Magalhães Netto 2023] Lopes, A. M. M. and de Magalhães Netto, J. F. (2023). Incorporando uma abordagem para avaliação de habilidades cognitivas em um sistema tutor inteligente. *Revista Novas Tecnologias na Educação*, 21(2):178–187.
- [Luccioni *et al.* 2016] Luccioni, A., Nkambou, R., Massardi, J., Bourdeau, J., and Coulombe, C. (2016). Sti-dico: a web-based system for intelligent tutoring of dictionary skills. In *Proceedings of the 25th International Conference Companion on World Wide Web*, pages 923–928.
- [Maldaner *et al.* 2022] Maldaner, N., Pozzebon, E., and dos Santos, T. N. (2022). Proposta de implementação da computação afetiva no sistema tutor inteligente mazk: conciliando emoções com o processo de aprendizagem. *RENOTE*, 20(2).
- [Mann e Whitney 1947] Mann, H. B. and Whitney, D. R. (1947). On a test of whether one of two random variables is stochastically larger than the other. *Annals of Mathematical Statistics*, 18(1):50–60.
- [Moreira *et al.* 2023] Moreira, T. O., da Silva, C. S., Passos, C., Fernandes, I., and Goldschmidt, R. R. (2023). Tutor inteligente em jogo educacional digital para capacitação

- na identificação de fake news em português: Experimentos preliminares. In *Anais Estendidos do XXXIV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, pages 14–20. SBC.
- [Oliveira Moreira *et al.* 2024] Oliveira Moreira, T. d., Passos, C. A., Matias da Silva, F. R., Souza Freire, P. M., Fernandes de Souza, I., Bosaipo Sales da Silva, C. R., and Goldschmidt, R. R. (2024). Jedi-a digital educational game to support student training in identifying portuguese-written fake news: Case studies in high school, undergraduate and graduate scenarios. *Education and Information Technologies*, 29(10):11815–11845.
- [Ostrom 1969] Ostrom, T. M. (1969). The relationship between the affective, behavioral, and cognitive components of attitude. *Journal of Experimental Social Psychology*, 5(1):12–30.
- [Pasquali 2017] Pasquali, L. (2017). *Psicometria: teoria dos testes na psicologia e na educação*. Editora Vozes Limitada.
- [Payne *et al.* 2009] Payne, V. L., Medvedeva, O., Legowski, E., Castine, M., Tseytlin, E., Jukic, D., and Crowley, R. S. (2009). Effect of a limited-enforcement intelligent tutoring system in dermatopathology on student errors, goals and solution paths. *Artificial Intelligence in Medicine*, 47(3):175–197.
- [Perrenoud 2013] Perrenoud, P. (2013). *Desenvolver competências ou ensinar saberes?: a escola que prepara para a vida*. Penso Editora.
- [Prado 2006] Prado, M. E. B. B. (2006). A mediação pedagógica: suas relações e interdependências. In *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*, volume 1, pages 101–110.
- [Quinlan 2014] Quinlan, J. R. (2014). *C4. 5: programs for machine learning*. Elsevier.
- [Rychen e Salganik 2003] Rychen, D. S. E. and Salganik, L. H. E. (2003). *Key competencies for a successful life and a well-functioning society*. Hogrefe & Huber Publishers.
- [Seffrin *et al.* 2012] Seffrin, H., Rubi, G., Ghilardi, C., Morais, F., Jaques, P., Isotani, S., and Bittencourt, I. I. (2012). Dicas inteligentes no sistema tutor inteligente pat2math. In *Brazilian symposium on computers in education (simpósio brasileiro de informática na educação-sbie)*, volume 23.
- [Solé-Beteta *et al.* 2021] Solé-Beteta, X., Navarro, J., Vernet, D., Zaballos, A., Torres-Kompen, R., Fonseca, D., and Briones, A. (2021). Automatic tutoring system to support cross-disciplinary training in big data. *The Journal of Supercomputing*, 77(2):1818–1852.
- [Sottolare *et al.* 2017] Sottolare, R. A., Brawner, K. W., Sinatra, A. M., and Johnston, J. H. (2017). An updated concept for a generalized intelligent framework for tutoring (gift). *GIFTtutoring.org*, pages 1–19.
- [Tran 2021] Tran, L. (2021). *Developing a competency-based training tool to introduce word reading drills to novice learners*. PhD thesis, Harvard University.
- [Valente 2024] Valente, A. L. (2024). Educação baseada em competências. In Meirinhos, M., editor, *Escola Digital: rumo à escola de competências*, chapter 3, pages 61–86. Pimenta Cultural, São Paulo.
- [Wambsganss *et al.* 2021] Wambsganss, T., Kueng, T., Soellner, M., and Leimeister, J. M. (2021). Arguetutor: An adaptive dialog-based learning system for argumentation skills. In *Proceedings of the 2021 CHI conference on human factors in computing systems*, pages 1–13.

- [Xie *et al.* 2019] Xie, H., Chu, H.-C., Hwang, G.-J., and Wang, C.-C. (2019). Trends and development in technology-enhanced adaptive/personalized learning: A systematic review of journal publications from 2007 to 2017. *Computers & Education*, 140:103599.
- [Yang 2009] Yang, C. (2009). *An intelligent tutoring system based on personalized learning*. Faculty of Graduate Studies and Research, University of Regina.
- [Zabala e Arnau 2015] Zabala, A. and Arnau, L. (2015). *Como aprender e ensinar competências*. Penso Editora.