

SISTEMAS TUTORES INTELIGENTES: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA DO CONTEÚDO LITERÁRIO

Julio Augusto da Rosa Carraro

julio.carraro@outlook.com

<http://lattes.cnpq.br/8256507614766962>

Edilene Cristiano de Figueredo Valeriano

edilenevaleriano@gmail.com

<http://lattes.cnpq.br/7441909486666316>

Eliane Pozzebon

eliane.pozzebon@ufsc.br

<http://lattes.cnpq.br/9999217523842385>

RESUMO

O presente artigo consiste em uma revisão bibliográfica sistemática sobre pesquisas relacionadas com Sistemas Tutores Inteligentes (STI's), tendo enfoque na investigação dos documentos mais citados em base de dados internacional. É apresentado um breve resumo de cada artigo, analisando seus principais aspectos e sua área de aplicação. Posteriormente, foi estruturada uma discussão a respeito dos conteúdos apresentados por cada artigo. Foi possível constatar uma série de características de acordo com os resultados da análise geral, como a área das Ciências Exatas sendo o campo predominante de atuação por parte dos STI's, a análise de comportamento e funcionamento de STI's estando como a principal área de pesquisa, além de outras particularidades. Em suma, as pesquisas outorgam resultados positivos, evidenciando que as experiências envolvendo STI's possibilitaram um maior aproveitamento de aprendizagem por parte dos estudantes, ademais de fortalecer as estratégias pedagógicas desenvolvidas pelos tutores humanos e tornar mais aprazíveis as experiências vivenciadas pelos aprendizes e tutores.

Palavras-chave: sistemas tutores inteligentes, inteligência artificial, educação.

1. INTRODUÇÃO

É relevante discorrer, anteriormente a qualquer consideração sobre STI's, algumas definições quanto à inteligência artificial, visto que tal tópico é fundamental para a estruturação desta classe de sistemas. Na concepção de Coppin (2015), a Inteligência Artificial (IA) denota-se como uma ciência que se dedica em utilizar métodos baseados no comportamento inteligente de humanos e outros animais para solucionar problemas

complexos. Paralelamente, Russell, Norvig. (2013) definem a inteligência artificial como o estudo de agentes que recebem percepções do ambiente e executam ações.

Segundo as considerações de Fowler (1991), um sistema tutor inteligente consiste em uma aplicação computacional com finalidades educacionais que incorporam técnicas de IA, podendo simular o processo de pensamento humano dentro de um domínio específico e auxiliar em estratégias nas soluções de problemas ou tomadas de decisões. É argumentado por Nwana (1990) que um STI planeja uma reprodução efetiva de um comportamento que, caso fosse realizado por um indivíduo humano, seria classificado com um bom ensinamento. Em congruência com os conceitos já discutidos, Frigo, Pozzebon, Bittencourt (2004) aduzem que um STI tende a realizar a modelagem do aprendiz de acordo com o uso, assim, obtendo sucesso no processo de individualização do ensino.

Intencionando a compreensão do atual estado da arte das publicações inerentes à temática de STI's, a presente pesquisa investiga os artigos com maior número de citações presentes na coleção de dados Scopus, utilizando o método de revisão bibliográfica sistemática (RBS).

Tendo em mente as definições e objetivos acima apresentados, o trabalho em questão foi constituído em cinco seções: a presente, que tem como objetivo contextualizar a pesquisa, a segunda apresenta as metodologias de pesquisa, a terceira seção apresenta breves considerações sobre os artigos selecionados, a seção 4 traz consigo a discussão elaborada a partir da análise bibliográfica e finalmente, a quinta seção expõe as considerações finais e as devidas conclusões dos autores.

2. METODOLOGIA DE PESQUISA

Com o intuito de fortalecer a credibilidade da pesquisa quanto aos seus resultados, optou-se pela adoção da RBS. Na ótica de Biolchini et al., (2007) tal processo é um instrumento para mapear trabalhos publicados no tema de pesquisa específico para que o pesquisador seja capaz de elaborar uma síntese do conhecimento existente sobre o assunto. O modelo de revisão utilizado na presente pesquisa foi idealizado por Biolchini et al. (2007), apresentando fases de planejamento, execução e análise dos resultados. A primeira fase lida com objetivos centrais do projeto, seleção de palavras chave e questões

de pesquisas pertinentes. Na fase de execução, o material é selecionado através de critérios de exclusão e inclusão estruturados de acordo com o escopo definido pelos autores. Por fim, a fase de análise dos resultados apresenta uma discussão em concordância às respostas das questões de pesquisa, além de exibir os dados extraídos do material selecionado.

2.1 Planejamento

Para a elaboração desta pesquisa, foi escolhida a plataforma Scopus¹, base de dados internacional criada pela editora Elsevier com a finalidade de abranger publicações científicas de caráter interdisciplinar, conforme Sônego; Bernardini; Pozzebon (2018). A escolha da Scopus se encontra pertinente devido ao fato de tal base apresentar um vasto acervo universal, possibilitando a descoberta de pesquisas internacionais presentes nas mais conceituadas revistas e veículos acadêmicos.

Após a escolha da base de pesquisa, foi decidido o termo de busca a ser inserido na plataforma de busca. Levando em consideração que a língua inglesa é o sistema de comunicação universal das publicações acadêmicas, a expressão escolhida para inserção foi “intelligent tutoring systems”, optando pelo uso de aspas a fim de obter mais objetividade no processo de busca.

2.1.1 Questões de pesquisa

Um conjunto de questionamentos de pesquisa (QP) foi elaborado como parte do planejamento, tendo os elementos do conjunto apresentados a seguir na Tabela 1:

Tabela 1: Questões de pesquisa levantadas como princípios do planejamento.

QP1	Quais são os STI's considerados pelos materiais analisados?
QP2	Quais são as áreas do conhecimento abrangidas pelos STI's?
QP3	Quais são os níveis educacionais alcançados pelos STI's?
QP4	Existe alguma similaridade executacional ou aplicacional entre os STI's apresentados?
QP5	Quais são os estudos propostos pelos autores dos materiais?
QP6	Quais são os países de origem das publicações tratadas?
QP7	Quais são os Qualis atribuídos às publicações pela CAPES?
QP8	Quais são os resultados das pesquisas selecionadas?

Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

1 www.scopus.com

2.2 Execução

Em seguida às ações de planejamento, foram iniciadas as atividades em referência ao processo de execução.

2.2.1 Critérios de inclusão e exclusão

Previamente a qualquer ato de busca de dados, foram estipulados critérios base para inclusão ou exclusão dos materiais de pesquisa, estes evidenciados na Tabela 2.

Tabela 2: Critérios definidos na etapa de execução.

<i>Critérios de inclusão (CI)</i>		<i>Critérios de exclusão (CE)</i>	
CI1	Pertencer aos vinte e cinco documentos mais citados segundo a base de dados <u>Scopus</u> .	CE1	O documento não é estruturado em forma de artigo ou revisão.
CI2	Documentos que apresentem pesquisas englobando o tema de sistemas tutores inteligentes.	CE2	O veículo de publicação do artigo não é qualificado pela fundação CAPES.
		CE3	O documento não considera técnicas de inteligência artificial na pesquisa realizada.
		CE4	O documento não aborda propriamente um sistema tutor inteligente.
		CE5	O documento não exhibe resultados claros e/ou bem fundamentados.

Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

2.2.2 Processo de busca na base de dados e seleção dos documentos

Como evidenciado anteriormente na seção de planejamento, o termo selecionado para o processo de pesquisa foi “intelligent tutoring systems”. Tal termo foi inserido na ferramenta de pesquisa da coleção de dados Scopus. A filtragem foi utilizada somente por artigos e revisões, ordenados pelos mais citados. Este procedimento foi realizado na data de 24/02/2019, reportando a existência de 1.420 documentos.

Seguidamente à etapa de busca, foram analisados os 25 documentos mais citados segundo a plataforma, primeiramente verificando se o veículo de publicação de

cada trabalho é reconhecido pela fundação CAPES, por meio da plataforma Sucupira². Os critérios de exclusão restantes expostos na subseção 2.2.1 foram aplicados na totalidade das pesquisas, resultando em uma coleção final de dez documentos, entre estes, nove artigos e uma revisão.

A leitura integral dos materiais selecionados foi devidamente realizada, objetivando primariamente a obtenção de respostas aos questionamentos levantados na subseção 2.1.1. Uma breve explanação quanto aos documentos tratados será apresentada na seção a seguir. Os resultados e discussões provenientes da análise dos materiais constam na seção 4.

3. BREVE INTRODUÇÃO AOS MATERIAIS SELECIONADOS PARA ANÁLISE

Almejando a contextualização, constam abaixo, a partir da análise dos documentos indicados, breves apresentações de cada pesquisa tratada na presente revisão sistemática. Reiterando que as cardinalidades de citações exibidas correspondem ao constatado na data de pesquisa (24/02/2019).

3.1 Knowledge Tracing: Modeling the Acquisition of Procedural Knowledge

Corbett, Anderson (1995), responsáveis pelo artigo em questão, buscam modelar efetivamente o estado de aprendizados dos estudantes através de experiências com o STI APT, aplicadas em um conjunto de 158 aprendizes. Este sistema consiste em um modelo cognitivo de regras de produção do conhecimento em programação, caracterizado como “modelo de estudante ideal”. Na aprendizagem baseada em programação, ao ser encontrada uma correspondência correta, o tutor aceita a resposta e atualiza sua representação interna, caso contrário, o tutor exige que o aluno tente outra ação. Este artigo recebeu 528 citações.

3.2 An Effective Metacognitive Strategy: Learning By Doing And Explaining With a Computer-Based Cognitive Tutor

Com 467 citações, é destacado a pesquisa de Alevén; Koedinger (2002). No artigo, os autores investigam como a auto explicação pode auxiliar em sala de aula com o

2 www.sucupira.capes.gov.br

uso de um tutor inteligente focado no ensino de geometria geral, objetivando que o processo de aprendizagem tenha maior independência. O STI utilizado fornece *feedback* sobre as soluções dos alunos, bem como suas explicações, exibindo mensagens de erro para os equívocos mais costumeiros e disponibilizando vários níveis de dicas para cada etapa. O sistema mantém registro de domínio de cada habilidade do aluno e exibe suas estimativas em cada perímetro.

3.3 The Behavior of Tutoring Systems

Comportando 342 citações, a pesquisa conduzida por VanLehn (2006) objetivou a identificação de padrões comportamentais em STI's, expondo amplas funcionalidades e características dessa classe de aplicações, podendo ser alvo de leitura para indivíduos totalmente alheios à temática e para profissionais já familiarizados com a área. O autor analisou seis sistemas tutores, realizando comparações minuciosas e verificando a funcionalidade de cada sistema selecionado.

3.4 The Andes Physics Tutoring System: Lessons Learned

Com 327 citações, a pesquisa liderada por VanLehn (2005) apresenta uma tentativa por parte dos autores de verificar por qual maneira o STI Andes pode contribuir com a educação no ensino de física, motivando alunos a estudar com mais entusiasmo na resolução de problemas e lições de casa. Os autores dedicaram grande parte do artigo para descrever detalhadamente os processos de execução do sistema tutor e discutir os seus modelos pedagógicos. Experiências com o STI foram aplicadas em cinco turmas introdutórias do curso de física da Academia Naval dos Estados Unidos da América, entre 1999 e 2003.

3.5 Using Bayesian networks to manage uncertainty in student modeling

Sendo citado em 321 oportunidades, o trabalho elaborado por Conati; Gertner; Vanlehn (2002) reconhece a problemática da incerteza presente em sistemas tutores inteligentes, ou seja, a falta de confiabilidade nas ações de modelagem de perfil, recomendações de conteúdo e verificação de correteude das soluções apresentadas pelos estudantes usuários. A partir da consideração da problemática, os pesquisadores sugerem a aplicação de tecnologias baseadas em redes baynesianas com a finalidade de minimizar problemas causados pelas situações de incerteza presentes no sistema Andes.

3.6 Automatic Prediction Of Frustration

O artigo de Kapoor; Burleson; Picard (2007), citado 315 vezes, tem seu foco em um sistema que busca por meio de sensores medir a expressão do rosto do usuário, o movimento postural na cadeira, a contundência da pele e a pressão aplicada no *mouse* para analisar se o aluno apresenta dúvidas ou dificuldades em relação ao processo de aprendizagem. O *software* foi desenvolvido para atuar em conjunto com STI's, com a finalidade de resolver problemas consequentes da falta de percepção da dificuldade apresentada por um usuário. O sistema foi aplicado em 24 experiências, onde crianças com idade entre 12 e 13 anos pretendiam resolver com sucesso o clássico problema das torres de Hanói.

3.7 A Better to be frustrated than bored: The incidence, persistence, and impact of learners' cognitive-affective states during interactions with three different computer-based learning environments

Esta pesquisa, elaborada por Baker et al (2010), exhibe uma análise investigativa acerca dos estados cognitivo-afetivos que ocorrem durante as interações com três STI's selecionados, explorando a persistência desses estados ao longo do tempo e a extensão em que esses estados se correlacionam com os comportamentos dos aprendizes. Os autores questionam se há uma problemática real com a existência da sensação de frustração em ambientes de aprendizagem, comparando os resultados coletados a partir de experiências realizadas com três diferentes populações. O artigo conta com um total de 308 citações.

3.8 AutoTutor: An Intelligent Tutoring System With Mixed-Initiative Dialogue

Possuindo 303 citações, encontra-se o trabalho de Graesser et al (2005), onde os autores discorrem sobre um STI que simula um tutor humano, mantendo um diálogo com estudantes em uma linguagem natural. Este STI porta um banco de questões em diversas áreas do conhecimento, estabelecendo uma conversa com o estudante sobre propostas de resolução para o exercício, auxiliando o desenvolvimento de uma ou mais linhas de raciocínio para conclusão da questão.

3.9 Combining Software Games with Education: Evaluation of its Educational Effectiveness

Com a pretensão de avaliar a efetividade dos jogos educacionais no processo ensino-aprendizagem, o trabalho de Virvou, Katsionis e Manos (2005) aponta para o desenvolvimento de um STI integrado em um jogo digital de realidade virtual. O sistema coleta informações conforme as ações do usuário, auxiliando o aprendiz a completar objetivos e prosseguir a aventura por meio de intervenções solicitadas. O ambiente foi avaliado de acordo com testes efetuados por um conjunto de 127 estudantes. A revisão detêm 242 citações.

3.10 Intelligent tutoring systems with conversational dialogue

Dispondo de 196 citações, o artigo de Graesser et al (2001) apresenta três STI's desenvolvidos com o intuito de performar atividades conversacionais com os aprendizes, além das capacidades pedagógicas. Os pesquisadores reiteram como atributo essencial de um STI moderno a capacidade de manter conversas naturais e esclarecedoras com os usuários, sendo assim, as estruturas dos sistemas relatados tiveram base neste princípio e suas funcionalidades e aplicações foram explicitadas ao decorrer do documento.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Subsequentemente à finalização das leituras dos materiais de análise, torna-se possível discutir sobre a literatura consultada e identificar respostas plausíveis para os questionamentos levantados anteriormente.

4.1 QP1: Quais são os STI's considerados pelos materiais analisados?

Os sistemas tratados pelos pesquisadores, organizados em ordem alfabética, são os seguintes: Algebra Cognitive Tutor (ACT), Andes, Aplusix, APT, AutoTutor, Geometry Cognitive Tutor (GCT), Sherlock, SQL-Tutor, Steve, TIM, VR ENGAGE e WHY2. O STI apresentado no artigo 3.6 não teve seu nome definido pelos autores. Os STI's Andes e AutoTutor foram abordados em quatro oportunidades, enquanto os sistemas restantes foram protagonistas em apenas uma ocasião.

4.2 QP2: Quais são as áreas do conhecimento abrangidas pelos STI's?

É notável a predominância de aplicação de STI's na área das ciências exatas, sendo que dos treze sistemas analisados, dez (77%) pertencem a tal âmbito, como constatado na Tabela 3.

Tabela 3: Áreas do conhecimento abrangidas pelos STI's.

<i>Área específica</i>	<i>Área do conhecimento</i>	<i>Grande área</i>	<i>Nº de STI's (%)</i>	<i>STI's</i>
Álgebra	Matemática	Ciências Exatas	2 (15%)	ACT, Aplusix
Arquitetura de computadores	Ciência da computação	Ciências Exatas	1(8%)	AutoTutor
Física conceitual	Física	Ciências Exatas	2(15%)	TIM, WHY2
Geografia humana	Geografia	Ciências humanas	1(8%)	VR ENGAGE
Geometria	Matemática	Ciências Exatas	1(8%)	GCT
Instrução laboral	-	-	2(15%)	Sherlock, Steve
Lógica algébrica	Matemática	Ciências Exatas	1(8%)	-
Mecânica clássica	Física	Ciências Exatas	1(8%)	Andes
Programação	Ciência da computação	Ciências Exatas	2(15%)	APT, SQL-Tutor

Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

4.3 QP3: Quais são os níveis educacionais alcançados pelos STI's?

Os STI's identificados na presente análise demonstram aplicabilidade em quatro níveis educacionais distintos: Ensino Fundamental, Ensino Médio, Ensino Superior e Multinível, como exibido na Tabela 4. As aplicações em Ensino Médio e Multinível são as dominantes, seguidas do Ensino Superior e Fundamental.

Tabela 4: Áreas do conhecimento abrangidas pelos STI's.

<i>Níveis educacionais</i>	<i>Nº de STI's (%)</i>	<i>STI's</i>
Ensino fundamental	2 (15%)	VR Engage, sem nome
Ensino médio	4 (31%)	ACT, Aplusix, GCT, TIM
Ensino superior	3 (23%)	APT, AutoTutor, SQL-Tutor
Multinível	4 (31%)	Andes, Sherlock, Steve, WHY2

Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

4.4 QP4: Existe alguma similaridade executacional ou aplicacional entre os STI's apresentados?

Consoante Silva, Fonseca e Silva (2015), a arquitetura fundamental de um STI consiste em basicamente quatro modelos: modelo de aluno, domínio, pedagógico e interface. VanLehn (2006) argumenta que é costumeiro em STI's a presença de, além dos

modelos citados acima, dois laços de repetição: um laço é responsável pelas atribuições de tarefas e materiais (loop externo), enquanto o segundo laço lida com feedbacks, dicas para exercícios e revisões das soluções submetidas (loop interno). Foi constatado que os 13 STI's avaliados na pesquisa são fundamentados na teoria fundamental dos modelos, além de portarem os dois laços de repetição em sua arquitetura. Assim, é possível afirmar que apesar dos sistemas se distanciarem em termos de aplicação, interface gráfica e estrutura de código, suas arquiteturas e comportamentos gerais são altamente similares, pois eles buscam dinamizar e individualizar o processo ensino-aprendizagem.

4.5 QP5: Quais são os estudos propostos pelos autores dos materiais?

De acordo com a análise dos documentos coletados, a maior concentração de estudos está relacionada com a análise do comportamento e funcionamento de STI's, tendo 40% das pesquisas com tal enfoque (3.3, 3.4, 3.7 e 3.10). Os estudos relacionados com o desenvolvimento de módulos adicionais aos sistemas são os seguintes, ocupando 30% dos documentos (3.1, 3.5 e 3.6). Em terceiro lugar, posicionam-se as pesquisas referentes à implementação completa de STI's, com 20% (3.8 e 3.9). Finalmente, os projetos relativos aos métodos pedagógicos vinculados aos STI's representam apenas 10% das pesquisas examinadas (3.2).

4.6 QP6: Quais são os países de origem das publicações tratadas?

É clara a predominância dos Estados Unidos, detendo 90% das pesquisas analisadas. Jeong-Hee Kim & Kay Ann Taylor (2008) apontam que as metodologias de educação alternativa nos Estados Unidos são desenvolvidas e discutidas desde 1960 como resultado da insatisfação dos educadores com os modelos tradicionais de ensino, logo, a prevalência do país na temática dos STI's é justificável. Canadá, Grécia e Filipinas são as nações que completam a lista de publicações.

4.7 QP7: Quais são os Qualis atribuídos às publicações pela CAPES?

A atribuição de qualidade realizada pela CAPES às revistas e aos periódicos analisados pode ser conferida na Tabela 5. As pesquisas investigadas apresentam qualificações distintas, variando da pontuação máxima (A1), até a pontuação intermediária (B4).

Tabela 5: Qualis atribuídos às revistas e aos periódicos.

<i>Publicação</i>	<i>Revista/Periódico</i>	<i>Qualis/Área</i>
3.6 e 3.7	International Journal of Human Computer Studies	A1/ Ciência da Computação
3.8	IEEE Transactions on Education	A2/ Ciência da Computação
3.1 e 3.5	User Modeling and User-Adapted Interaction	B1/ Ciência da Computação
3.2	Cognitive Science	B1/ Ensino
3.3 e 3.4	International Journal of Artificial Intelligence in Education	B1/ Ciência da Computação
3.9	Educational Technology and Society	B4/ Ciência da Computação
3.10	AI Magazine	B4/ Ensino

Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

4.8 QP8: Quais são os resultados das pesquisas selecionadas?

Por fim, a Tabela 6 reúne os resultados apresentados nos documentos sondados. É notável a presença de conclusões favoráveis na totalidade das pesquisas, trazendo resoluções positivas nos escopos educacional, tecnológico e interdisciplinar. É visível, a partir da análise de resultados, a grande preocupação que os autores contiveram em pesquisar, desenvolver e aprimorar teorias pedagógicas e técnicas computacionais com a finalidade de construir um ambiente de ensino funcional e aprazível tanto para os tutores humanos quanto para os aprendizes.

Tabela 6: Principais resultados das publicações analisadas.

<i>Publicação</i>	<i>Autores</i>	<i>Resultados</i>
3.1	Corbett, Anderson (1995)	Desenvolvimento de um modelo de aprendiz inteligente e eficiente, prevenindo erros dos estudantes e sugerindo materiais pertinentes.
3.2	Aleven; Koedinger (2002).	Comprovação que o método de auto explicação é eficiente e garante melhores resultados que métodos tradicionais.
3.3	VanLehn (2006)	Identificação e detalhamento dos laços de repetição dos sistemas tratados.
3.4	VanLehn et al (2005)	Validação das metodologias pedagógicas do STI Andes e bons resultados de aprendizagem.
3.5	Conati; Gertner; VanLehn (2002)	Legitimação do modelo <i>baynesiano</i> como um aprimorador da eficiência de um STI
3.6	Kapoor; Burleson; Picard (2007)	Módulos funcionais e que auxiliam com eficiência os processos de intervenção por parte do STI.
3.7	Baker et al (2010)	Constatação que a frustração tem pouca relação com os resultados negativos no processo de aprendizagem com o uso de STI's.
3.8	Graesser et al (2005)	Um STI funcional que faz uso de linguagem natural validada pelo teste de Turing e apresenta resultados educacionais positivos.
3.9	Virvou et al (2005)	Aprovação dos aprendizes em relação ao auxílio ao ensino efetuado pelo STI desenvolvido.
3.10	Graesser et al (2001)	Comprovação da similaridade entre os sistemas estudados e da efetividade educacional de tais sistemas.

Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÃO

Este artigo apresentou uma Revisão Sistemática da Literatura envolvendo o uso dos STIs em nível pedagógico com o tema Sistemas Tutores Inteligentes, abrangendo publicações entre os anos de 1995 e 2010 presentes na base de dados Scopus. Foram analisados os 25 documentos mais citados, sendo selecionados documentos que correspondem aos critérios de inclusão (CI) e exclusão (CE) definidos inicialmente, resultando em nove artigos e uma revisão, num total de dez registros. Uma breve apresentação de cada pesquisa tratada foi realizada na corrente revisão, com o intuito de introduzir as publicações analisadas e facilitar futuras pesquisas sobre STIs.

Notou-se a influência dos Estados Unidos que possui 90% das pesquisas analisadas, sendo este um possível resultado da insatisfação dos educadores com os modelos tradicionais de ensino há alguns anos.

Observamos a predominância dos STIs nas áreas exatas (77%), ocupando quatro níveis educacionais distintos: Ensino Fundamental, Ensino Médio, Ensino Superior e Multinível, sendo dominantes as aplicações em Ensino Médio e Multinível.

Apesar dos sistemas serem distintos em termos de aplicação, interface gráfica e estrutura de códigos, suas arquiteturas e comportamentos gerais são altamente similares, intensificando o processo ensino aprendizagem. A maior concentração dos estudos (40%) foca em análise comportamental e funcional dos STIs, com resoluções positivas nos escopos educacional, tecnológico e interdisciplinar, propiciando maior aquisição da aprendizagem pelos estudantes, valorizando as estratégias pedagógicas desenvolvidas pelos tutores humanos.

Em relação ao conteúdo dos artigos analisados, observamos sua aderência com ambientes e pesquisas acadêmicas, sempre voltadas a contextos educacionais, no intuito de auxiliar estudantes na aprendizagem dos conteúdos. Por fim, ressaltamos a relevância do tema, dada a variedade de aplicações possíveis, confirmando sua interdisciplinaridade e vislumbrando um vasto horizonte a ser explorado para contribuição com a educação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEVEN, V. A. W. M. M.; KOEDINGER, K. R. **An effective metacognitive strategy: Learning by doing and explaining with a computer-based Cognitive Tutor.** Cognitive Science, v. 26, n. 2, p. 147-179, 2002.

BAKER, Ryan S.j.d. et al. **Better to be frustrated than bored: The incidence, persistence, and impact of learners' cognitive-affective states during interactions with three different computer-based learning environments.** International Journal Of Human-computer Studies, v. 68, n. 4, p.223-241, abr. 2010.

BIOLCHINI, J.C.A., et al. **Scientific research ontology to support systematic review in software engineering.** Advanced Engineering Informatics, v.21, n.2, p.133-151, 2007.

CONATI, C.; GERTNER, A.; VANLEHN, K. **Using Bayesian networks to manage uncertainty in student modeling.** User Modelling and User-Adapted Interaction, v. 12, n. 4, p. 371-417, 2002.

COPPIN, B. *Inteligência artificial.* Rio de Janeiro: Grupo Gen-LTC, 2015. 664p.

CORBETT, Albert T.; ANDERSON, John R.. **Knowledge tracing: Modeling the acquisition of procedural knowledge.** User Modelling And User-adapted Interaction, v. 4, n. 4, p.253-278, dez. 1994.

FRIGO, L. B., POZZEBON, E. e BITTENCOURT, G. (2004). **O papel dos agentes inteligentes nos sistemas tutores inteligentes** In World Congress on Engineering and Technology Education, pp. 667–671.

FOWLER, D.G., **A Model for Designing Intelligent Tutoring Systems,** Journal of Medical Systems, v.15, n. 1, 1991.

GRAESSER, A. C. et al. **Auto tutor: An intelligent tutoring system with mixed-initiative dialogue.** IEEE Transactions on Education, v. 48, n. 4, p. 612-618, 2005.

GRAESSER, A. C. et al. **Intelligent tutoring systems with conversational dialogue.** AI Magazine, v. 22, n. 4, p. 39-51, 2001.

KAPOOR, A.; BURLESON, W.; PICARD, R. W. **Automatic prediction of frustration.** International Journal of Human Computer Studies, v. 65, n. 8, p. 724-736, 2007.

KIM, Jeong-hee; TAYLOR, Kay Ann. **Rethinking Alternative Education to Break the Cycle of Educational Inequality and Inequity.** The Journal Of Educational Research, [s.l.], v. 101, n. 4, p.207-219, mar. 2008.

NWANA, Hyacinths. **Intelligent tutoring systems: an overview.** Artificial Intelligence Review, [s.l.], v. 4, n. 4, p.251-277, dez. 1990.

RUSSEL, S. NORVIG, P. *Inteligência artificial.* Rio de Janeiro: Elsevier, 2013. 1016p

SILVA, Idovaldo Cunha da; FONSECA, Luís Carlos Costa; SILVA, Reinaldo de Jesus da. **Um Sistema Tutor Inteligente para o Ensino no Domínio de Lógica de Programação.** In: NUEVAS IDEAS EN INFORMÁTICA EDUCATIVA TISE 2015, Santiago. Anais: Santiago: Tise, 2015. p. 486 - 491.

SÔNEGO, A. A.; BERNARDINI, A. A.; POZZEBON, E. J. A.-R. D. E. E. L. E. T. CHATBOTS: **UMA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA DO ESTADO DA ARTE DA LITERATURA**. v. 16, n. 1, 2018.

VANLEHN, K. **The Behavior of tutoring systems**. International Journal of Artificial Intelligence in Education, v. 16, n. 3, p. 227-265, 2006.

VANLEHN, K. et al. **The andes physics tutoring system: Lessons learned**. International Journal of Artificial Intelligence in Education, v. 15, n. 3, p. 147-204, 2005.

VIRVOU, M. KATSIONIS, G. MANOS, K. **Combining software games with education: Evaluation of its educational effectiveness**. Educational Technology and Society, v. 8, n. 2, p. 54-65, 2005.

SOBRE OS AUTORES

Julio Augusto da Rosa Carraro - Atualmente é graduando do curso de Bacharelado em Engenharia de Computação, na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). É Técnico em Informática graduado pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul. Tem experiência na área de Ciência da Computação, com ênfase em Gamificação e Prototipagem Eletrônica. E-mail: julio.carraro@outlook.com

Edilene Cristiano de Figueredo Valeriano - Atualmente é professora efetiva do município de Araranguá, SC. É aluna de Mestrado em Tecnologias da Informação e Comunicação pela Universidade Federal de Santa Catarina. Possui graduação em Normal Superior pela Faculdade Educacional da Lapa, Fael, RJ (2008). Possui Especialização em Gestão Escolar pela Faculdade e Universidade de Blumenau, FURB (2009). Está inscrita nos projetos em andamentos da Universidade Federal de Santa Catarina: Conexão cultural: Museus e artes (Edital 2019 Bolsa Cultura) com inscrição n. 201903255. Sistema Tutor Inteligente MAZK nas Escolas Municipais de Forquilha SC, com inscrição n. 201901546. Oficinas de anatomia aplicadas ao ensino fundamental em escolas públicas da região do extremo sul catarinense, com inscrição n. 201819021. E-mail: edilenevaleriano@gmail.com

Eliane Pozzebon - Atualmente é professora de graduação e pós-graduação da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Fez o Doutorado na Engenharia Elétrica com ênfase em Automação e Sistemas na Universidade Federal de Santa Catarina (2008). Possui mestrado em Ciências da Computação pela Universidade Federal de Santa Catarina (2003), especialização em Engenharia de Software (1999) e graduação em Processamento de Dados (1998). Coordenadora do curso de Engenharia da Computação da UFSC (Portaria 37/ARA/2017). Coordenadora do Laboratório de Tecnologias Computacionais (LabTeC-UFSC). Líder do grupo de pesquisa de Tecnologias Computacionais (CNPQ). Avaliadora do Sistema Nacional de Avaliação da Educação ARTEFACTUM – REVISTA DE ESTUDOS EM LINGUAGEM E TECNOLOGIA ANO X – Nº 01/2018 Superior - Sinaes. Pesquisadora na área de inteligência artificial, jogos digitais, dispositivos móveis e mulheres na tecnologia. E-mail: eliane.pozzebon@ufsc.br.