
OS SISTEMAS Tutores INTELIGENTES E A ADAPTAÇÃO DO ENSINO AOS PERFIS DE APRENDIZAGEM DO USUÁRIO

INTELLIGENT TUTORING SYSTEMS AND ADAPTATION
OF TEACHING TO USER LEARNING PROFILES

SISTEMAS DE TUTORÍA INTELIGENTES Y ADAPTACIÓN
DE LA ENSEÑANZA A LOS PERFILES DE APRENDIZAJE DEL USUARIO

Afonso Barbosa de Lima Júnior¹; Lebiam Tamar Gomes Silva²

RESUMO

No Século XXI, cresceu a demanda por ensino e aprendizagem mediados por tecnologia digital, especialmente adequados aos perfis de aprendizagem. Assim, considerando a necessidade de discutir sobre a capacidade de adaptabilidade dos Sistemas Tutores Inteligentes (STI), este texto tem o objetivo de compreender como esses sistemas realizam a adaptabilidade de conteúdos e atividades aos diferentes perfis de aprendizagem do usuário. Para alcançá-lo, recorreu-se a um ensaio, derivado de parte do referencial teórico de uma pesquisa bibliográfica, realizada a partir das bases de dados do portal de periódicos livres da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), dos periódicos científicos da *Scientific Electronic Library Online* (SCIELO) e do Google Acadêmico. Como resultado, observou-se que a Instrução Assistida por Computador se realiza a partir de atividades instrucionais, geralmente estruturadas em perguntas e respostas. Por outro lado, os sistemas micromundos avançaram na proposição de habilidades cognitivas e do pensamento reflexivo. Enquanto os sistemas generativos são capazes de produzir material instrucional automaticamente, apesar de solucionarem os problemas de um modo muito distinto daquele que as pessoas utilizam para resolvê-los. Ao passo em que os sistemas de Instrução Inteligente Assistida por Computador são capazes de oferecer para o usuário uma tutoria inteligente. Por último, apresenta-se o conceito de educação personalizada e seus princípios fundantes, propostos por Hoz (1988), como um referencial teórico que pode contribuir com o trabalho dos desenvolvedores de STI em busca de ampliar a capacidade desses sistemas informáticos de adaptar o ensino ao perfil de aprendizagem de cada usuário.

PALAVRAS-CHAVE: Ensino personalizado. Educação personalizada. Sistema Tutor Inteligente. Tecnologia educacional.

¹ Mestre em Educação - Universidade Federal da Paraíba (UFPB). João Pessoa, PB - Brasil. Coordenador de Tecnologia Educacional. Prefeitura Municipal de Jacaraú, Jacaraú, PB - Brasil. **E-mail:** afonso.ppge@gmail.com

² Doutora em Educação - Universidade Federal da Paraíba (UFPB). João Pessoa, PB - Brasil. Professora - Centro de Educação - Universidade Federal da Paraíba (UFPB). João Pessoa, PB - Brasil. **E-mail:** lebiam.silva@academico.ufpb.br

Submetido em: 21/12/20- **Aceito em:** 10/12/21

ABSTRACT

In the 21st century, the demand for teaching and learning mediated by digital technology, especially suited to learning profiles, has grown. Thus, considering the need to discuss the adaptability capacity of Intelligent Tutoring Systems (ITS), this text aims to understand how these systems perform the adaptability of content and activities to different user learning profiles. To achieve this, an essay was used, derived from part of the theoretical framework of a bibliographic research, carried out from the databases of the free journals portal of the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (CAPES), of the journals Scientific Electronic Library Online (SCIELO) and Google Scholar. As a result, it was observed that Computer-Assisted Instruction is carried out from instructional activities, generally structured in questions and answers. On the other hand, microworld systems advanced in the proposition of cognitive abilities and reflective thinking. While generative systems are able to produce instructional material automatically, despite solving problems in a way very different from what people use to solve them. Whereas Computer-Assisted Intelligent Instruction systems are able to offer the user an intelligent tutoring. Finally, the concept of personalized education and its founding principles, proposed by Hoz (1988), are presented as a theoretical framework that can contribute to the work of ITS developers seeking to expand the capacity of these computer systems to adapt teaching to the learning profile of each user.

KEYWORDS: Personalized teaching. Personalized education. Intelligent Tutoring System. Educational technology.

RESUMEN

En el siglo XXI ha crecido la demanda de enseñanza y aprendizaje mediada por la tecnología digital, especialmente adaptada a los perfiles de aprendizaje. Así, considerando la necesidad de discutir la capacidad de adaptabilidad de los Sistemas de Tutoría Inteligente (ITS), este texto tiene como objetivo comprender cómo estos sistemas realizan la adaptabilidad de contenidos y actividades a los diferentes perfiles de aprendizaje de los usuarios. Para lograr este objetivo, se utilizó un ensayo, derivado de parte del marco teórico de una investigación bibliográfica, realizado a partir de las bases de datos del portal de revistas gratuitas de la Coordinación para la Perfeccionamiento del Personal de Educación Superior (CAPES), de las revistas Scientific Electronic Library Online (SCIELO) y Google Scholar. Como resultado, se observó que la Instrucción Auxiliado por Computador se realiza a partir de actividades instruccionales, generalmente estructuradas en preguntas y respuestas. Por otro lado, los sistemas de micromundo avanzaron en la proposición de habilidades cognitivas y pensamiento reflexivo. Los sistemas generativos son capaces de producir material didáctico de forma automática, aunque resuelven problemas de una manera muy diferente a la forma en que las personas los usan para resolverlos. Mientras que los sistemas de Instrucción Inteligente Auxiliado por Computador son capaces de ofrecer al usuario una tutoría inteligente. Finalmente, el concepto de educación personalizada y sus principios fundacionales, propuesto por Hoz (1988), se presentan como un marco teórico que puede contribuir al trabajo de los desarrolladores de ITS que buscan ampliar la capacidad de estos sistemas informáticos para adaptar la enseñanza al perfil de aprendizaje de cada usuario.

PALABRAS CLAVE: Enseñanza personalizada. Educación personalizada. Sistema de tutoría inteligente. Tecnología educacional.

1 INTRODUÇÃO

No Século XXI, o interesse por promover o ensino e a aprendizagem baseados no perfil de aprendizagem de cada pessoa tornou-se uma demanda emergente na busca por modernizar a educação. Embora essa questão interesse, com mais frequência, às pesquisas científicas relativas à Educação, a Ciência da Computação tem se dedicado a investigar e propor aprimoramentos para os processos educativos mediados por tecnologia digital, especialmente utilizando sistemas informáticos capazes de considerar as especificidades de aprendizagem de cada usuário.

Contudo, para desenvolver um sistema informático que possa atuar de maneira autônoma, ou como coadjuvante do ensino, é necessária a colaboração de diferentes áreas do conhecimento. Nesse sentido, os Sistemas Tutores Inteligentes (STI) são muito complexos de serem desenvolvidos, em razão da articulação de áreas como a Ciência da Computação, a Pedagogia, a Psicologia e outra(s) área(s) de conhecimento(s) específica(s) em que o sistema será aplicado para o ensino (RODRIGUES; CARVALHO, 2005). Não é uma tarefa simples desenvolver sistemas informáticos capazes de reconhecer os diferentes perfis de aprendizagem e ajustar conteúdos, estratégias didáticas e atividades para cada usuário.

Apesar das limitações de *software* e *hardware*, a literatura especializada nessa discussão apresenta iniciativas exitosas de adaptabilidade de sistemas informáticos para assistência à gestão da aprendizagem, como pode-se consultar nos trabalhos de Ota et al. (2018; 2019) e Rodrigues e Carvalho (2005), por exemplo. Assim, o problema que motivou a produção deste texto está relacionado com a necessidade, por parte dos pesquisadores e profissionais da educação, de compreender melhor como esses sistemas informáticos concebem e realizam a adaptabilidade dos conteúdos e das atividades para os diferentes perfis de aprendizagem dos usuários. Para tanto, empreendeu-se um levantamento bibliográfico de informações relativas ao processo de desenvolvimento desses sistemas, a fim de construir um ensaio teórico que permita ao leitor entender a conjuntura técnica necessária à operacionalização da adaptabilidade do ensino por meio dos STI e verificar como eles foram se modificando ao longo do tempo para melhor realizar essa tarefa complexa para a educação.

A propósito, partiu-se de uma pesquisa bibliográfica, que teve como bases de dados consultadas o portal de periódicos livres da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), os periódicos científicos da *Scientific Electronic Library Online* (SCIELO) e o Google Acadêmico, reunindo 13 fontes científicas, publicadas no período de 1988 a 2019, nos idiomas português e espanhol. As fontes escolhidas visavam atender ao objetivo específico de compreender como esses sistemas realizam a adaptabilidade dos conteúdos e atividades aos diferentes perfis de aprendizagem. Assim, este texto consiste de um ensaio, que deriva de parte do referencial teórico da referida pesquisa bibliográfica, e propõe elementos introdutórios para uma reflexão conjunta pelas áreas da Educação e da Computação, que contribua para encontrar melhores respostas para questões sobre como esses sistemas informáticos podem realizar a adaptabilidade de conteúdos e atividades ao perfil de aprendizagem de cada usuário, ou seja, personalizar o ensino.

O ensaio se dirige a pesquisadores da Educação e da Computação interessados em STI e no conceito de educação personalizada, pretendendo por um lado, traduzir informações especializadas da Ciência da Computação para educadores e, por outro lado, apresentar aos desenvolvedores de *softwares* um conhecimento teórico que pode ajudá-los na difícil tarefa de conceber e implementar Sistemas Tutores Inteligentes.

2 EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS DE INSTRUÇÃO ASSISTIDA POR COMPUTADOR

Na década de 1950, surgiram os programas de Instrução Assistida por Computador (CAI). Esses *softwares* se baseavam nos aspectos comportamentais do processo de ensino e de aprendizagem, centralizando a ação educativa no papel desempenhado pelo professor e colocando o estudante em uma posição de passividade (JESUS, 2009). Desse modo, os sistemas do tipo CAI limitavam-se a propor atividades estritamente instrucionais, como o armazenamento de exercícios do tipo perguntas-respostas, previamente preparados por professores e inseridos nos sistemas informáticos para posterior resolução pelos estudantes (GIRAFFA, 1999).

Esses programas conduziam os usuários a alcançarem as respostas corretas por meio de estímulos cuidadosamente planejados. Assim, os *softwares* do tipo CAI, desenvolvidos sob os pressupostos teóricos e recursos informáticos de seu tempo, ofereceram grandes contribuições para a educação. A partir deles, surgiu a necessidade de desenvolver sistemas com maior potencial técnico e pedagógico, cujas funções superassem as limitações da perspectiva instrucionista de ensino, como a desconsideração do perfil de aprendizagem do usuário, por exemplo.

Na década de 1960, surgiram os sistemas denominados de Micromundos. Esses *softwares* se baseavam nos estudos de Jean Piaget sobre o desenvolvimento da aprendizagem e conseguiram propor estratégias de ensino e de aprendizagem capazes de

possibilitar aos usuários o desenvolvimento de habilidades cognitivas e do pensamento reflexivo (GIRAFFA, 1999). A proposta dos Micromundos se distinguiu dos programas do tipo CAI, pelo fato de que, nesses sistemas, os usuários podiam desenvolver habilidades necessárias à construção do conhecimento (PICHLER, 2005).

Nos micromundos, as *interfaces* possibilitam aos usuários formas diversificadas de operar e de resolver problemas usando os recursos de programação do próprio ambiente (GIRAFFA, 1999). Portanto, esse tipo de *software* superou as propostas instrucionais na medida em que possibilitou que os estudantes desenvolvessem habilidades cognitivas, a partir da criação de um ambiente de aprendizagem aberto à reflexão.

Na década de 1970, criaram-se os sistemas denominados generativos, que eram *softwares* capazes de gerar material instrucional automaticamente. Esses programas foram bastante utilizados na Aritmética. Entretanto, eles não conseguiam oferecer respostas às indagações de seus usuários sobre como foi solucionado determinado problema. Isso ocorria porque esses sistemas não tinham uma representação do processo de solução dos problemas propostos, que eram resolvidos por meio de algoritmos, nos quais as formas de solucionar os problemas aplicados não se aproximavam do modo como se ensina às pessoas (VICARI; GIRAFFA, 2003).

No final da década de 1970, com as contribuições das áreas de conhecimento da Inteligência Artificial (IA) e da Psicologia Cognitiva, surgiu uma nova proposta de programas educacionais. Esses sistemas foram denominados de Instrução Inteligente Assistida por Computador (ICAI), que são capazes de fazer com que conteúdos e atividades anteriormente apresentados ao estudante, seguindo sempre o mesmo procedimento de ensino, criem diferentes formas de apresentar as informações (OLIVEIRA, 2004). Isso foi possível porque os *softwares* do tipo ICAI foram desenvolvidos a partir de uma estrutura técnica e pedagógica mais complexa do que aquelas empregadas para o desenvolvimento de sistemas do tipo CAI.

Sobre isso, Giraffa (1999, p. 17) explica de modo claro que não se trata apenas de uma mudança terminológica ou técnica. Ou seja,

acrescentar um I à sigla **CAI** não significa apenas agregar técnicas de IA [inteligência artificial] para a construção de sistemas tutores, mas inclui trabalhar de forma interdisciplinar com as conquistas que outras áreas de pesquisa obtiveram em relação ao conhecimento da comunicação inteligente, tais como os avanços da Psicologia e da Pedagogia.

Portanto, as técnicas de IA empregadas na arquitetura de um STI compõem uma área de estudo específica da Ciência da Computação. Entre elas, destacam-se as técnicas de Inteligência Artificial Conexionista (IAC) e as técnicas de Inteligência Artificial Simbólica (IAS). As IAC usam “técnicas computacionais que modelam, de forma individual, o processamento de informações fortemente baseadas na estrutura física conhecida dos neurônios e suas ligações ou conexões”. Já as IAS buscam “representar o comportamento inteligente da mente humana por meio das ações, desconsiderando os mecanismos responsáveis pelo comportamento” (MIRANDA, 2015, p. 35).

Dessa forma, o sistema informático realiza a tutoria inteligente por meio de técnicas e métodos de IA, tais como a aplicação de regras de produção, o desenvolvimento de redes semânticas, as representações procedimentais e a construção de *frames* e *scripts* (PICHLER, 2005). Portanto, a capacidade de oferecer tutoria inteligente nesses *softwares* demanda “um conhecimento rico e suficientemente estruturado de modo a facilitar os tipos desejados de raciocínio e as capacidades cognitivas envolvidas no desenvolvimento do processo de ensino e aprendizagem” (POZZEBON, 2003, p. 12).

Para isso, ciências como a Pedagogia, a Ciência da Computação e a Psicologia trabalharam em conjunto para desenvolver Sistemas Tutores Inteligentes mais capazes de oferecer aos usuários estratégias de ensino que se adaptem aos diferentes perfis de aprendizagem. Assim, a partir da integração de distintas áreas do conhecimento, buscou-se construir *interfaces* que conseguissem estabelecer uma comunicação eficiente entre o homem e a máquina (computador, *smartphone*, *tablet* etc.).

Entre as variáveis complicadoras da adaptabilidade dos STI aos diferentes perfis de aprendizagem, estão o desconhecimento sobre como os seres humanos efetivamente processam as informações dentro do cérebro e as limitações dos *hardwares* que temos até hoje, que não conseguem reproduzir os processos mentais necessários à efetivação da aprendizagem em seres humanos. Não temos informações sobre como armazenamos, processamos e recuperamos informações dentro do cérebro, que sejam capazes de tornar a modelagem do processo de ensino e de aprendizagem profundamente adaptativo em um STI (GIRAFFA, 1999). Apesar dessas limitações, foram desenvolvidos Sistemas Tutores Inteligentes que conseguem realizar processos de ensino personalizados, em níveis significativos.

No âmbito da Psicologia e da Educação, algumas teorias têm sido mais consideradas no desenvolvimento de um STI. Em geral, destacam-se as teorias behaviorista, de Burrhus Frederic Skinner; humanista, de Carls Ranson Rogers; cognitivista, de Jean Piaget e Jerome Seymour Brunner, e sociocultural, baseada, principalmente, nos pressupostos de Paulo Freire. Essas abordagens pedagógicas têm configurado e direcionado as experiências de aprendizagem proporcionadas aos usuários (PICHLER, 2005) a partir dos Sistemas Tutores Inteligentes disponíveis.

3 ARQUITETURA BÁSICA DE UM STI

Consideram-se, principalmente, três componentes na tradicional arquitetura de um STI: o módulo do aluno, o módulo do domínio e o módulo do tutor. Esses componentes correspondem às funções vitais na operacionalização do sistema. Eles não operam isoladamente, mas interagem entre si, buscando adequar o ambiente computadorizado às necessidades do usuário (RAABE, 2005). Combinados entre si, esses três módulos podem oferecer uma experiência de aprendizagem adaptativa aos usuários.

O desenvolvimento de um STI pode contemplar “diferentes formas estruturais, respeitando suas características mais fundamentais, porém efetuando alterações em sua arquitetura de forma a atender às necessidades dos problemas que os envolvem” (ROSSOLI, 2007, p. 56). Entretanto, cinco módulos são considerados fundamentais na arquitetura de um STI: o módulo do especialista, o módulo do estudante, o módulo pedagógico, o módulo de *interface* e o módulo de controle.

Módulo do especialista

O módulo do especialista é responsável por selecionar e organizar o conteúdo a ser ensinado pelo STI e contém o material instrucional, os mecanismos de geração de exemplos, a formulação de diagnósticos e os processos de simulação (PICHLER, 2005). Esse módulo operacionaliza as representações do conhecimento a ser ensinado pelo STI, através de redes semânticas, de regras de produção, de *frames*, de *scripts*, entre outros recursos (OLIVEIRA, 2004). Portanto, o módulo do especialista corresponde a uma base de conhecimentos que simula, de alguma maneira, o conhecimento de um professor (POZZEBON, 2003).

Os conhecimentos contidos nesse módulo podem ser declarativos e teóricos ou procedimental. O conhecimento declarativo e teórico compreende as “[...] unidades que contêm os conceitos do domínio e suas relações”. Já o conhecimento procedimental é “[...] um tipo de conhecimento tipicamente explicativo, no qual se explica como fazer certa tarefa, como diagnosticar um problema ou recomendar uma ação” (POZZEBON, 2003, p. 10). Assim, o módulo do especialista contém as informações e a organização das informações requeridas no processo de ensino mediado pelo STI.

Módulo do estudante

O módulo do estudante identifica os aspectos do comportamento e do conhecimento dos usuários que são necessários à aprendizagem (RISSOLI, 2007). Portanto, em um STI, não se pode adaptar o ensino sem mapear o perfil de aprendizagem do usuário e adequar suas estratégias didáticas para atendê-lo em suas peculiaridades.

Esse módulo do sistema “deve ser dinâmico e conter o conhecimento e as capacidades do estudante, seu comportamento de aprendizagem passado, os métodos de apresentação aos quais ele responde melhor e sua área de interesse dentro do domínio” (PICHLER, 2005, p. 46). De acordo com essas informações, o STI opera para adequar as representações do conhecimento aos diferentes perfis de aprendizagem.

Para isso, a construção do módulo do estudante demanda três fases:

(i) *fase de modelagem*, que envolve o entendimento do comportamento do estudante no contexto do ambiente no qual ocorre a aprendizagem.

(ii) *fase de intervenção*, que engloba assistência para preencher falhas no conhecimento do estudante assim como correção de concepções errôneas. (iii) *fase de avaliação*, que serve para validar o modelo original do conhecimento do estudante, bem como fazer os ajustes necessários (GREER; MCCALLA, 1991b *apud* PICHLER, 2005, p. 46).

Portanto, sem a triangulação dessas fases nesse módulo, não se pode oferecer uma proposta de ensino que se adapte ao perfil de aprendizagem do usuário. De acordo com Giraffa (1999, p. 14), o módulo do estudante ainda é a parte mais frágil dos STI, porque, para construir esse módulo, de maneira ideal, seria necessário reproduzir processos mentais do estudante no sistema informático. Por isso, “a elaboração desse modelo corresponde a uma tarefa muito complexa para um computador, sendo seus canais de comunicação limitados em relação às 'leituras' que um agente real (humano) pode fazer” (RISSOLI, 2007, p. 60).

Módulo Pedagógico

O módulo pedagógico contém o conhecimento necessário para decidir quais as estratégias de ensino, dentre as disponíveis no STI, que se adequam melhor ao perfil do usuário. Para isso, o módulo pedagógico, com base nas informações contidas no módulo do estudante e nas propostas de solução contidas no módulo do especialista, diagnostica as necessidades de aprendizagem do usuário. Dessa forma, as decisões sobre quais, quando e como as informações devem ser apresentadas pelo sistema ao usuário submetem-se às informações coletadas pelo módulo do estudante (PICHLER, 2005, p. 48).

Portanto, o módulo pedagógico demanda um conjunto de escolhas didáticas necessárias para adaptar o ensino. Para Wenger (1987 *apud* PICHLER, 2005, p. 48),

a adaptação da instrução implica uma escolha didática, que pode ser global ou local. Escolhas no nível global determinam a seqüência [sic.] dos episódios educacionais e, por exemplo, decisões sobre o número de repetições a serem utilizadas. Escolhas no nível local envolvem decisões sobre quando uma intervenção é necessária, se o estudante deve ou não ser interrompido em sua atividade, e o que pode e deve ser feito ou apresentado em algum determinado momento. Isto inclui orientação no desempenho das atividades, explicações dos fenômenos e processos, e decisões sobre quais informações serão oferecidas para reparar as deficiências dos estudantes.

Apesar de existirem várias escolhas didáticas possíveis de aplicação nesses sistemas, geralmente eles tendem a implementar apenas uma dessas estratégias. Por essa razão, os STI não têm um repertório rico de estratégias de ensino. Há deficiências na implementação desse algoritmo no sistema, pois, ao invés de as pesquisas se concentrarem em simular os processos pedagógicos inerentes à ação educativa, concentram-se em representar o conhecimento e em dar diagnósticos (PICHLER, 2005).

De acordo com Halff (1988 *apud* PICHLER 2005, p. 50), ainda que um STI disponha de diferentes técnicas pedagógicas, deve apresentar três características:

*Ter controle sobre o currículo;
Saber responder às questões do aprendiz quanto ao conteúdo;
Ser capaz de determinar as necessidades do aprendiz.*

Essas características tornam operacionalizáveis as projeções estabelecidas pelo módulo pedagógico, por meio das quais as tomadas de decisão simulam as ações humanas. Com certeza, essas ações não substituem a ação educativa humana. No entanto, o sistema contribui para o ensino, otimizando atividades que o professor não consegue realizar com facilidade, como, por exemplo, identificar o perfil de aprendizagem de cada estudante e planejar as atividades para atender às necessidades de cada um.

Módulo de interface

O módulo de *interface* é o meio pelo qual acontece a comunicação entre o STI e o usuário (RAABE, 2005). Através desse módulo, o sistema possibilita a apresentação do conteúdo armazenado no módulo do especialista e a coleta das informações/respostas do usuário, que são armazenadas no módulo do estudante, e possibilitam o monitoramento progressivo desse usuário (RISSOLI, 2007).

Por essa razão, o módulo de *interface*, em grande medida, influencia a interação entre o usuário e o sistema e a eficiência das respostas que o STI fornece ao usuário. Uma *interface* predominantemente textual pode limitar as estratégias de comunicação entre o sistema e o usuário. Assim, a *interface* do sistema deve apresentar aos usuários ambientes interessantes, interativos e ricos em possibilidades (GIRAFFA, 1999).

A evolução acelerada dos recursos computacionais e a popularização dos computadores melhoraram a qualidade das *interfaces* e aumentaram as possibilidades de interação entre os usuários e os programas educacionais (GIRAFFA, 1999). Esses avanços garantiram o desenvolvimento de *interfaces* mais robustas e com potencial para aperfeiçoar a comunicação homem-máquina.

Em um STI, o módulo de *interface* tem, entre suas atribuições, a função de dar forma final às informações expostas ao usuário. Esse módulo controla o fluxo das informações de entrada e de saída do sistema e possibilita representar o algoritmo em linguagem compreensível para o usuário. Assim, a *interface* oferece fácil acesso através de uma linguagem intuitiva e natural (PICHLER, 2005). Portanto, o módulo de *interface* torna exequível a interação entre o sistema e o usuário e cria as condições necessárias para que ele possa iniciar e manter uma comunicação inteligente com o sistema.

Módulo de controle

O módulo de controle funciona como articulador e coordenador dos demais módulos do sistema e garante o sincronismo entre todos os componentes do STI (GIRAFFA, 1999). Portanto, esse módulo é responsável por operacionalizar o algoritmo, e sem sua articulação as funcionalidades do sistema ficam isoladas. Assim, o módulo de controle administra o sistema e garante aos algoritmos a viabilidade de funções diversificadas e combinadas entre si.

Em sistemas cujas arquiteturas são multiagentes, a função de controle é distribuída entre os outros agentes do sistema (GIRAFFA, 1999). Entre as funções vitais do módulo de controle, está a triangulação das informações do usuário (módulo do estudante), do conhecimento especializado (módulo do especialista) e das estratégias de ensino (módulo pedagógico) necessárias para a adaptação (RAABE, 2005).

Portanto, esses módulos operacionalizam o funcionamento dos STI. Em qualquer arquitetura básica, encontramos essas cinco dimensões do *software*. Há, entretanto, sistemas mais complexos que se utilizam de outros recursos para ampliar as possibilidades de adaptação. Apesar de a literatura consultada empregar o termo “Sistema Tutor Inteligente”, em geral, considera-se que esses sistemas não contemplam um “tutoramento” do processo de ensino e de aprendizagem, mas adaptam as estratégias de ensino ao perfil do usuário que atendem a um número limitado de casos/possibilidades, de acordo com as informações contidas nas bases de dados dos módulos de cada STI. Isso porque esses sistemas computacionais operam com um conjunto específico de variáveis contidas em uma modelagem que adapta o sistema em função das variáveis descritas/previstas em seus algoritmos.

4 PERSONALIZAÇÃO DO ENSINO EM STI

A ideia de criar um sistema informatizado que contribua significativamente para um ensino eficiente, com melhores resultados de aprendizagem, mobiliza a realização de pesquisas e o desenvolvimento de aplicações das tecnologias nos campos da Computação e das Ciências da Educação. Nesse sentido, os STI se apresentam como uma possibilidade de otimizar o ensino e de adaptá-lo para cada pessoa. Portanto, é nessa perspectiva de personalizar o ensino que o conceito de educação personalizada de Hoz (1988) pode contribuir para o desenvolvimento dos Sistemas Tutores Inteligentes.

Com base na definição de educação personalizada, proposta por Hoz (1988), propõe-se uma reflexão sobre se sua aplicação no processo de desenvolvimento de um STI poderia contribuir para torná-lo capaz de adaptar o ensino, fundamentado em seis princípios definidores. Para tanto, seria preciso analisar a possibilidade de criar um sistema em que os módulos que compõem a sua arquitetura básica funcionem segundo os princípios da singularidade/criatividade, da autonomia/liberdade e da abertura/comunicação, descritos brevemente a seguir.

O princípio da singularidade tem relação direta com a personalidade de cada indivíduo (HOZ, 1988). Esse traço singular, que caracteriza cada ser humano, exige dos STI a capacidade de reconhecer essa personalidade identificando os modos singulares como cada pessoa aprende e produz conhecimentos.

A criatividade é uma faculdade humana que pode ser cultivada em qualquer área do conhecimento, encontrada em todos os homens, em maior ou menor grau (HOZ, 1988). A criatividade permite expressar as múltiplas formas de ver e intervir no e sobre o mundo. Por isso, ela é um princípio central para a educação personalizada. Integrar esse princípio ao funcionamento de um STI implica viabilizar tecnicamente meios para que as pessoas desenvolvam a sua capacidade criativa de organizar, registrar o pensamento e expressar sua criatividade enquanto aprendem.

O princípio da autonomia pressupõe que “[...] a pessoa é, de alguma forma, o princípio de suas próprias ações” (HOZ, 1988, p. 33, tradução nossa). Portanto, ter autonomia significa ser capaz de pensar por si próprio e de tomar decisões livres e responsáveis com uma postura reflexiva e crítica (MOTA, 2009).

O princípio da liberdade preconiza a ideia de que “a liberdade de iniciativa, a liberdade de escolha e a liberdade de aceitação constituem, em síntese, os objetivos da educação personalizada em termos de autonomia do homem” (HOZ, 1988, p. 35, tradução nossa). Para a educação personalizada, importa desenvolver a capacidade de escolher ou, em outros termos, de educar para realizar boas escolhas. Contudo, a liberdade relacionada à iniciativa

peçoal presume que se façam escolhas não apenas entre as possibilidades apresentadas, nesse caso por um sistema tutor inteligente, por exemplo, mas também entre as que serão descobertas pelos estudantes (HOZ, 1988).

Desse modo, para realizar uma adaptação do ensino baseada no princípio da liberdade, os Sistemas Tutores Inteligentes não poderiam se limitar a apresentar um conjunto previsível de possibilidades para serem apresentadas ou escolhidas por seus usuários estudantes, mas lhes permitir propor novas possibilidades de escolha durante o processo de aprendizagem.

No processo educativo, o princípio da abertura possibilita o espaço para uma comunicação efetiva. Paradoxalmente, Hoz (1988) afirma que o homem dispõe de uma incomunicabilidade absoluta, ao mesmo tempo em que se observa a necessidade de abertura comunicativa para outras pessoas. Isso remete à problemática complexa da comunicação entre humanos.

Em processos de personalização do ensino mediados por sistemas informáticos como os STI, o princípio da abertura constitui um grande desafio técnico, porque é colocado a serviço de criar uma comunicação mais efetiva humano-máquina durante o processo educativo.

Embora os STI usem técnicas de inteligência artificial para operar, deve ser uma tarefa bastante complexa para o desenvolvedor de *software* aplicar esses seis princípios do conceito de educação personalizada, segundo teorizou Hoz (1988), para realizar a adaptação do processo de ensino por um sistema computacional automatizado. Isso porque aplicá-los em contextos educativos realizados por humanos, como os processos formais e institucionais regulares, por exemplo, também parece ser uma tarefa bastante complexa. Contudo, essa reflexão teórica e a discussão que pode decorrer de um estudo mais aprofundado do conceito de educação personalizada e da viabilidade técnica de sua implementação em Sistemas Tutores Inteligentes podem dar origem a importantes aperfeiçoamentos técnicos e pedagógicos.

5 CONCLUSÃO

Em síntese, a investigação realizada sobre o problema da adaptabilidade do ensino por Sistemas Tutores Inteligentes mostra que eles vêm sendo modificados desde 1950, quando foi criada a Instrução Assistida por Computador (CAI), com ênfase em teorias de aprendizagem behavioristas e foco em atividades instrucionais de perguntas-respostas. Avançando em 1960, com o desenvolvimento de sistemas do tipo micromundo, que conseguiram operacionalizar o desenvolvimento de habilidades cognitivas e pensamento reflexivo. Seguidos pelos programas generativos, criados nos anos de 1970, que eram capazes

de gerar material instrucional automaticamente e, por fim, pelos sistemas de Instrução Inteligente Assistida por Computador (ICAI), a partir da aplicação de técnicas de inteligência artificial, como as de Inteligência Artificial Conexionista (IAC) e Inteligência Artificial Simbólica (IAS).

Embora, os avanços no campo da Computação tenham permitido realizar aperfeiçoamentos nos STI para que se aproximem da tarefa complexa de criar uma tecnologia educacional capaz de adaptar o ensino ao perfil de aprendizagem do usuário, muitos desafios ainda permanecem em aberto. Aos pesquisadores cabe ainda investigar e propor respostas para o problema da personalização do ensino, baseada em um tutoramento do processo educativo que não esteja restrito a um conjunto limitado de necessidades dos usuários, que o sistema é capaz de diagnosticar, processar e oferecer soluções que atendam às singularidades que cada pessoa manifesta em seus processos de aprendizagem.

Por isso, a compreensão da estrutura técnica e pedagógica desse tipo de sistema informático, apresentada a partir dos elementos que compõem a sua arquitetura básica são fundamentais para que os pesquisadores da Educação e professores possam discutir e apresentar soluções para as limitações pedagógicas identificadas nos STI disponíveis até esse momento. Oferecer informações sobre o funcionamento de cada um dos cinco módulos do sistema de modo que eles possam entender em uma linguagem menos especializada como os módulos especialista, estudante, pedagógico, *interface* e controle recebem, processam e distribuem as informações entre si para oferecer soluções adequadas a cada estudante pode ser uma importante contribuição para aproximar os educadores desse debate para colaborar com os informatas.

Por fim, a apresentação do conceito de educação personalizada às investigações sobre os STI oferece a possibilidade de ampliar o conjunto de teorias de ensino e de aprendizagem que têm orientado pedagogicamente o desenvolvimento desses sistemas informáticos, considerando que os estudos de Hoz (1988) não foram encontrados na literatura consultada durante a realização do estudo exploratório que resultou neste texto. Portanto, pretende-se que o conteúdo apresentado sirva à interlocução propositiva entre cientistas da Computação e da Educação, na medida em que suscita um debate conceitual que pode vir a potencializar avanços no desenvolvimento desses sistemas informáticos e contribuir para o seu aprimoramento técnico e pedagógico. Nesse sentido, o texto realiza também um convite ao aprofundamento dos estudos sobre o tema por pedagogos, desafiando-os a transpor os limites disciplinares para se articular com conhecimentos de outras áreas e avançar na compreensão do processo de ensino e de aprendizagem, entendendo que esse propósito tem muito a contribuir com a qualidade da educação realizada por humanos e/ou mediadas por tecnologias digitais.

REFERÊNCIAS

- GIRAFFA, Lucia Maria Martins. **Uma arquitetura de tutor utilizando estados mentais**. 1999. 117 f. Tese (Doutorado em Ciências da Computação) - Instituto de Informática, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/17620/000269142.pdf>. Acesso em: 21 dez. 2020.
- HOZ, Victor Garcia. Supuestos teóricos. In: HOZ, Victor Garcia. **Educacion personalizada**. 3. ed. Madrid: Ediciones Rialp, 1988, p. 17-115.
- JESUS, Andréia de. Sistema Tutores Inteligentes: uma visão geral. **Revista Eletrônica de Sistemas de Informação**, [S.L.], v. 2, n. 2, 2009. Disponível em: <http://www.periodicosibepes.org.br/index.php/reinfo/article/view/140/32>. Acesso em: 21 dez. 2017.
- MIRANDA, Wesley Rodrigues. **Organização e metodologias de Sistemas Tutores Inteligentes para Ambientes Virtuais de Aprendizagem**. Anápolis, 2015. 85 p. Monografia – Curso de Sistemas de Informação, Universidade Estadual de Goiás, 2015. Disponível em: <http://www.ccet.app.ueg.br/biblioteca/?go=monografia&id=759&a=5&p=1&curso=17>. Acesso em: 21 dez. 2020.
- MOTA, Ana Victoria Cabrera. Metodología personalizada. **Innovación Experiencias Educativas**, Granada, n. 16, p. 1-14, mar. 2009. Disponível em: <https://pt.calameo.com/read/00260191492cba2d44366>. Acesso em: 02 fev. 2020.
- OLIVEIRA, Rodrigo de. **Sócrates - sistema de ensino-aprendizado inteligente para internet com adoção dinâmica de estratégias de ensino híbridas usando MBTI®**. 2004. 93 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Computação) - Instituto de Computação, Universidade Estadual de Campinas, 2004. Disponível em: http://repositorio.unicamp.br/jspui/bitstream/REPOSIP/276423/1/Oliveira_Rodrigode_M.pdf. Acesso em: 19 out 2018.
- OTA, M. A. et al. Aprendizagem adaptativa online: uma experiência usando trilhas e chatbot para desenvolver competências básicas em língua portuguesa e matemática para o ensino superior. **REnCiMa**, v.10, n.4, p.56-69, 2019. Disponível em: <https://revistapos.cruzeirosul.edu.br/index.php/rencima/article/view/2455/1146>. Acesso em: 17 nov. 2021.
- OTA, M.A. **Adaptatividade em ambientes virtuais**: uma proposta para personalizar a aprendizagem em cursos híbridos de ensino superior. 2018. 266 f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Matemática) - Universidade Cruzeiro do Sul, São Paulo, 2018. Disponível em: <https://repositorioaberto.uab.pt/handle/10400.2/7370?mode=full>. Acesso em: 17 nov. 2021.

PICHLER, Endineia. **Metodologia de ensino/ aprendizagem de conceitos de probabilidade e estatística através de um sistema tutor inteligente**. 2005. 97 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Computação) - Programa de Pós-Graduação em Ciências da Computação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2005. Disponível em: <http://livros01.livrosgratis.com.br/cp054562.pdf>. Acesso em: 19 out 2018.

POZZEBON, Eliane. **Tutor Inteligente Adaptável Conforme as Preferências do Aprendiz**. 2003. 114 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Computação) - Programa de Pós-Graduação em Ciências da Computação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/86269/190168.pdf?sequence=1>. Acesso em: 19 out. 2018.

RISSOLI, Vandor Roberto Vilardi. **Uma proposta metodológica de acompanhamento personalizado para aprendizagem significativa apoiada por um assistente virtual de ensino inteligente**. 2007. 224 f. Tese (Doutorado em Informática na Educação) - Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/13751> Acesso em: 21 dez. 2020.

RODRIGUES, Lúbia Mara Lopes; CARVALHO, Marcos. STI-I: Sistemas Tutoriais Inteligentes que integram cognição, emoção e motivação. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, [S.L.], v. 13, n. 1, p. 20-34, mar. 2005. Disponível em: <https://www.br-ie.org/pub/index.php/rbie/article/view/55/61>. Acesso em: 21 dez. 2020.

VICARI, Rosa Maria; GIRAFFA, Lucia Maria Martins. Fundamentos dos sistemas tutores inteligentes. In: BARONE, Dante Augusto Couto (Org.). **Sociedades artificiais: a nova fronteira da inteligência nas máquinas**. Porto Alegre: Bookman, 2003. Cap. 7, p. 155-208.

Revisão gramatical realizada por: Rejane de Araújo Ferreira
E-mail: professorarejanaraujo@gmail.com