

Modelo de conhecimento para Aprendizagem Personalizada à Distância

Fernando Kochhann¹, Rachel C. D. Reis², Seiji Isotani³

Resumo

Atualmente os profissionais buscam atualizações em seus conhecimentos e aperfeiçoamentos específicos, o que leva as instituições de ensino a reverem sua oferta de serviços, criando novas opções de formação continuada ou cursos livres. O presente trabalho busca atender a demanda de uma instituição de ensino, que deseja otimizar o tempo em que os alunos se dedicam às aulas, aumentando seu interesse e consequentemente reduzindo a evasão. O trabalho é caracterizado como uma pesquisa qualitativa exploratória, cujo objetivo é apresentar um modelo para automatização da escolha de quais conteúdos do curso são necessários para cada aluno, conforme seu conhecimento prévio. Tal modelo poderá ser utilizado posteriormente por equipes de desenvolvimento na implementação de um Sistema Tutor Inteligente. O modelo foi apresentado para avaliação de cinco especialistas, os quais consideraram que o mesmo possui potencial para atender as necessidades de aprendizagem específicas dos alunos.

Abstract

Professionals currently seek updates to their knowledge as well as specific improvements, which leads educational institutions to review their service offerings, creating new options for continuous training. This paper attempts to solve the demand of an educational institution, which wants to optimize the time that students dedicate to classes, increasing their interest and consequently reducing school evasion. This paper is characterized as a qualitative exploratory research. Our goal is to present a model for automating the choice of course content for each student, according to their prior knowledge. This model can be used by development teams to implement an Intelligent

1 Pós-Graduando(a) em Computação Aplicada à Educação, USP, <fernando.soad@gmail.com>.

2 Rachel Carlos Duque Reis, Universidade Federal de Viçosa, <rachel.reis@ufv.br>.

3 Seiji Isotani, Universidade de São Paulo, <sisotani@icmc.usp.br>.

Tutor System. The model was evaluated by five specialists, who considered it has the potential to attend specific learning needs of students.

1. Introdução

A vida profissional demanda mais conhecimentos do que a educação formal costuma fornecer. Belloni (2006) afirma que a formação inicial de um indivíduo, especificamente após iniciar sua carreira, torna-se rapidamente insuficiente. É requerido dos profissionais constantes atualizações, aperfeiçoamentos e aprendizado de novos conhecimentos específicos. Dessa maneira, os sistemas de educação estão revendo sua oferta de serviços, criando novas opções de formação continuada ou cursos livres.

Com o mesmo viés profissional, existem os indivíduos que precisam se preparar para certificações, as quais são pré-requisito para o seu trabalho, ou então geram um diferencial. Na área de tecnologia, por exemplo, fornecedores certificam profissionais que comprovadamente têm capacidade de operar suas ferramentas ou sistemas. Podem ser citadas certificações Cisco, fabricante de roteadores para redes de computadores e internet, ou LPI - *Linux Professional Institute*, que certifica profissionais com capacidades de administrar sistemas operacionais Linux.

Em outras áreas, podem ser citadas certificações PMBOK, referentes à gestão de projetos, ou então na área jurídica, a qual tem como pré-requisito fundamental para exercício da advocacia, a aprovação no exame da Ordem dos Advogados do Brasil. Para muitos, a graduação em Direito não é suficiente para aprovação, surgem então os cursos preparatórios para o exame.

Mesmo para Instituições de Ensino Superior (IES) com foco principalmente no ensino formal, os cursos livres constituem uma fonte importante de receitas. Segundo Couto (2017), os cursos livres auxiliam a atrair e reter alunos, além de possibilitar às IES “testar novos formatos, novos conteúdos, se atualizar e, eventualmente, transferir esses conhecimentos para a criação de cursos mais longos”.

No ramo privado de ensino, a concorrência vem exigindo novos esforços das IES, tanto na conquista de alunos, quanto na implementação de estratégias de retenção e manutenção dos alunos atuais [Ferreira et al. 2008]. Podem ser citadas como estratégias, a exposição do sucesso de seus estudantes em exames, a oferta de mensalidades baratas, destacar a qualidade de seu curso, seja com materiais, estrutura, tecnologia ou capacitação de seus professores.

A Faculdade Santa Teresa (FST), instituição localizada em Manaus - AM, está trabalhando em uma estratégia de captação e retenção que visa valorizar o tempo e objetivo de seus estudantes. Nesse caso, a ideia é capacitar o aluno no que ele deseja, otimizando seu tempo de estudo, de forma a atingir um resultado promissor, com o mínimo de envolvimento necessário.

Em diversos nichos de mercado, tem-se indivíduos mais capacitados, os quais precisam de um certo volume de estudo para alcançar um conhecimento novo. Essa demanda pode ser diferente de outras pessoas, as quais tiveram menos oportunidade ou dedicação, porém, ambos buscam a mesma qualificação. Logo, é um desafio para a instituição de ensino formular currículos que possam atender satisfatoriamente alunos

com perfis heterogêneos, ou seja, com diferentes estilos de aprendizagem. Com isso, acabam assim por propor currículos genéricos, por via das dúvidas, ensinando todos os conceitos, os quais podem parecer repetitivos ou irrelevantes para alguns alunos.

Diante de tais circunstâncias, a Faculdade Santa Teresa tem buscado formas de entender o conhecimento prévio do aluno e direcionar a ele somente os conteúdos os quais realmente tem carência. A intenção é que se o aluno visualizar somente conteúdo relevante para ele, ele irá se sentir mais motivado e terá um melhor aprendizado, o que colabora na sua permanência e, espera-se, que atinja ao final do curso o conhecimento adequado.

Encontra-se em andamento na FST o projeto apelidado de PED (Plataforma de Ensino Dinâmico), o qual visa desenvolver um sistema para atender tal estratégia de direcionamento personalizado de conteúdos dos cursos. A fim de contribuir com esse sistema, o objetivo do presente trabalho é apresentar um modelo para automatização da escolha de quais conteúdos do curso são necessários para cada aluno, conforme seu conhecimento prévio. A proposta é que este modelo seja posteriormente utilizado no desenvolvimento do projeto PED.

No intuito de alcançar o objetivo, este trabalho é guiado pela seguinte questão de pesquisa: “Como desenvolver um modelo que determine o conteúdo mais adequado para indicar ao aluno, de forma a otimizar seu tempo, aumentando as chances de atingir os conhecimentos esperados ao fim de um curso *online*?”

Este trabalho está organizado em oito seções, incluindo esta seção de introdução que apresentou o contexto, a motivação e os objetivos desta pesquisa. Na Seção 2 é apresentada a instituição de ensino e a demanda original do projeto, assim como a fundamentação teórica dos principais conceitos utilizados para o desenvolvimento desta pesquisa. Na Seção 3 são relatados os trabalhos relacionados. A Seção 4 consiste na metodologia utilizada nesta pesquisa que descreve o modelo de automatização proposto. Em seguida, na Seção 5, é descrito o processo avaliativo e na Seção 6, demonstrados e discutidos os resultados. Por fim, na seção 7 é apresentada a conclusão, seguida das referências bibliográficas na Seção 8.

2. Fundamentação Teórica

Na presente seção será apresentada a instituição de ensino e o projeto que deu origem a esta pesquisa, seguido de uma breve revisão bibliográfica dos conceitos utilizados no trabalho.

2.1. A Instituição de Ensino e a Demanda

A Faculdade Santa Teresa⁴ (FST) é uma instituição de ensino privada, localizada na cidade de Manaus - AM, que oferece principalmente cursos de graduação e pós-graduação. Apesar da instituição ainda estar restrita à modalidade presencial, a direção da FST é atuante em outras instituições de ensino, as quais oferecem cursos na modalidade à distância (com aulas integralmente *online*), e também cursos semipresenciais (divididos em aulas presenciais e *online*). Atualmente, está em

⁴ <https://www.faculdadesantateresa.edu.br/>

planejamento o lançamento de cursos livres e de extensão *online* para dar apoio aos seus alunos.

Em reunião com o diretor financeiro da FST, Leandro relata que os alunos estão cada vez mais buscando resultados específicos: “Ao buscar instituições de ensino para isso, encontram cursos bons e completos, no entanto, a metodologia tradicional de ensino, com formação de turmas e aulas longas, acaba não otimizando o tempo de cada um individualmente”. Em sua opinião, assistir aulas longas, para alguns alunos, torna os cursos demorados e caros demais, podendo culminar na evasão.

Frente a preocupação apresentada acima, surgiu a ideia de implantar na Faculdade Santa Teresa um método inovador para o ensino à distância. Esse método consiste em personalizar a entrega dos conteúdos aos alunos, ainda utilizando uma estrutura curricular semelhante a um curso tradicional. A diferença é que cada componente curricular teria seus conteúdos divididos em tópicos pequenos (aulas curtas de cerca de 15 minutos), e cada aluno precisaria consumir somente os conteúdos os quais possui conhecimento aquém do esperado para cada tópico.

Leandro buscou então apoio para desenvolvimento de um protótipo que auxiliasse na aplicação de sua ideia, que consiste em uma ferramenta que avalie o conhecimento atual aluno, conduzindo pelo curso de forma a dispensá-lo de aulas as quais os conceitos já são dominados, direcionando o aluno somente ao ensino que ainda lhe falta aprender.

As aulas *online*, que atualmente na metodologia tradicional são basicamente organizadas em conteúdos que consomem cerca de 1 hora de dedicação, seriam reorganizadas em conteúdos de até 15 minutos. Assim, o aluno poderia encaixar o estudo dentro de pequenas disponibilidades que possua durante o dia.

Atualmente, existe um protótipo que já se encontra em desenvolvimento por uma empresa contratada. Logo, o presente trabalho vem proporcionar à equipe de desenvolvimento dessa empresa um modelo de como desenvolver a escolha automatizada de quais tópicos cada aluno precisa estudar, direcionando a ele os conteúdos previamente inseridos pelo professor.

2.2. Sistemas Tutores Inteligentes (STI)

Um Sistema Tutor Inteligente (STI) é um sistema computacional que tem a capacidade de interagir com alunos e professores. O objetivo desse tipo de sistema é ser capaz de personalizar a aprendizagem, utilizando comportamentos inteligentes para adaptar o ensino a cada aluno [Woolf 2009]. Além disso, um STI também oferece auxílio passo-a-passo, acompanhando a evolução do aluno na resolução de tarefas e fornecendo *feedback* com a maior semelhança possível de um tutor real.

Um STI deve ter conhecimento sobre o domínio a ser ensinado, assim como deduzir o conhecimento de cada aluno [Burns e Capps 1988]. Também é imprescindível que sejam implementadas no sistema estratégias de ensino, além de uma interface gráfica intuitiva, que proporcione uma interação natural com o aluno.

Desta forma, a estrutura básica de um STI é composta por quatro módulos: Módulo do Domínio, Módulo do Aluno, Módulo de Tutoria e Módulo de Comunicação. O presente trabalho irá se restringir ao desenvolvimento dos Módulos do Domínio e do Aluno, visto que serão suficientes para criação do protótipo inicial solicitado pela FST.

Segundo Woolf (2009), o Módulo do Domínio deve representar o conhecimento de um especialista em determinado domínio, ou seja, deve conter a estrutura completa de conceitos a serem ensinados. Por outro lado, o Módulo do Aluno deve caracterizar o conhecimento que o aluno possui. Woolf (2009) diz que o Módulo de Domínio pode ser a estrutura base para a representação do Módulo do Aluno, pois o Módulo de Domínio representa o conhecimento máximo que o aluno poderá atingir. No entanto, outros dados podem estar contidos no Módulo do Aluno, por exemplo, resultados dos testes, estilos de aprendizagem e até informações referente ao seu estado afetivo, como motivação, tédio, frustração e nível de concentração. Na Seção 2.3 é apresentado o modelo SABeC que foi usado como base para a criação do Módulo do Aluno.

2.3. Sistema de Avaliação Baseado em Conceitos (SABeC)

Feitosa e Omar (2019) propuseram um modelo de contabilização de conhecimento acadêmico, batizado de SABeC, sigla para “Sistema de Avaliação Baseado em Conceitos”. De acordo com os autores, esse modelo propicia “*a possibilidade de relacionar conceitos às questões integrantes e verificar os resultados obtidos pelos seus alunos nos mais diversos níveis de granularidade e, também, ao aluno verificar seus pontos fortes e deficiências*”.

No SABeC, os conceitos são representados por palavras ou expressões compostas, por exemplo - Exponenciação, Álgebra linear, Programação Orientada a Objetos. Os conceitos podem ser constituídos por composições de outros conceitos. O principal indicador de valor de um conceito que um determinado indivíduo demonstra conhecer é um número dentro do intervalo de 0 a 1, que representa o quão correto o indivíduo percebe um dado conceito em relação ao seu modelo considerado totalmente correto.

O ponto a ser utilizado como base para o presente trabalho é que o modelo proposto por Feitosa e Omar (2019) não mede o conhecimento do aluno pelos resultados gerais de provas, que agregam diversas questões e conhecimentos, mas sim entendendo cada assunto específico, ou seja, avaliando cada questão individualmente. O modelo também estabelece uma forma de relacionar um assunto com outro, inclusive com atributos de precessão e sucessão de aprendizado.

Nesta pesquisa, o modelo SABeC será utilizado para armazenar o conhecimento atual dos alunos. A Seção 4 detalha quais recursos e de que forma são utilizados.

3. Trabalhos Relacionados

Nesta seção serão apresentados dois trabalhos sobre STI para sugestão de conteúdos: Pinheiro (2018) e Carvalho (2012). Estes trabalhos foram selecionados por oferecerem soluções que conduzem conteúdos de forma personalizada aos alunos, possuindo associação com o modelo proposto.

Os algoritmos de recomendação, apresentados na monografia de Pinheiro (2018), sugerem conteúdos por meio de técnicas de similaridade, baseados em conteúdos previamente acessados pelo usuário, a partir de relações como “pré-requisitos” e “complementos”. Além disso, são apresentadas técnicas para aplicação de regras de competência, em que o algoritmo recomenda conteúdos conforme as competências a serem desenvolvidas ao longo do curso ou disciplina. No entanto, tais algoritmos de recomendação, ao contrário do presente trabalho, não fazem menção ao entendimento do

conhecimento prévio do aluno, de forma a recomendar conteúdos que ele ainda não possua conhecimento.

Ao tratar de STI, Pinheiro (2018) propõe um Módulo do Domínio que armazena unicamente questões e opções de resposta, e uma classificação de qual disciplina se refere (Matemática, Humanidades, Ciências e questões especiais). No presente trabalho é proposto um Módulo de Domínio genérico, sem especificar opções de disciplinas, e mais completo, visto que possibilita estabelecer relações entre os conceitos.

O Módulo do Aluno, proposto por Pinheiro (2018), trata de armazenar o conhecimento atualizado do estudante, somando a pontuação recebida pelas questões respondidas em cada uma das disciplinas previstas.

Pinheiro (2018) aplicou os algoritmos estudados desenvolvendo um protótipo de STI, o qual foi testado qualitativamente por um grupo de professores. Ao final do teste, identificaram-se vários pontos de melhorias no protótipo. Por exemplo: formato das questões, usabilidade e qualidade do *feedback*.

Pinheiro (2018) avaliou aspectos referentes ao conteúdo ensinado, como clareza das questões, *feedback*, e também a apresentação e usabilidade do sistema, que se enquadram no Módulo de Comunicação. O presente trabalho irá avaliar unicamente o modelo e seu algoritmo, sem abordar aspectos do conteúdo ensinado. Também não serão avaliados aspectos de usabilidade, visto que não será desenvolvido o protótipo, unicamente um modelo, que não irá abordar o Módulo de Comunicação. Dessa forma não será possível comparar as avaliações, mas somente as estruturas propostas.

Carvalho (2012), em sua tese de doutorado, propôs e desenvolveu um STI híbrido que consiste em um sistema em que, inicialmente, um professor humano estabelece a estratégia de ensino direcionada ao aluno. O STI aprende conforme os direcionamentos do professor e seus resultados, assim como também pela navegação do aluno pelo sistema. O algoritmo, baseado em redes neurais, gradativamente vai refinando a estratégia de ensino e passa a ser responsável por parte das tomadas de decisão. A tutoria híbrida difere da proposta do presente trabalho, que direciona conteúdos ao aluno automaticamente baseando no conhecimento atual do mesmo, sem intervenção de um tutor humano.

O protótipo desenvolvido por Carvalho (2012) foi testado com alunos dos primeiros anos dos cursos Técnicos Integrados em Química, em Informática e em Mecânica, todos do Instituto Federal de Goiás, Campus Luziânia. O resultado foi que houve um aumento de 4,67% no nível de acertos quando os alunos seguiram a orientação do tutor híbrido, se comparado aos que tiveram decisão própria. Ainda foi percebido que 72,29% dos alunos que estavam com o tutor híbrido seguiram a orientação do sistema. Para os alunos que tiveram o tutor humano, esse percentual foi somente de 52,99%. Neste presente trabalho, o modelo proposto será avaliado por cinco especialistas, com formação, atuação e experiência em gestão educacional e tecnologia.

Apesar das importantes contribuições dos trabalhos apresentados nesta seção, observou-se que ambos possuem objetivos ligeiramente distintos do presente trabalho. Na proposta de Pinheiro (2018), a principal lacuna consiste no Modelo de Domínio simplificado, composto unicamente de questões, sem relacionamentos entre conceitos, e no Modelo de Aluno que prevê armazenar o conhecimento de disciplinas já previstas, sem possibilidade de ampliação. A proposta de Carvalho (2012), que aborda redes neurais de forma bem robusta, trata de implementar um tutor híbrido, que depende de ações de um professor humano para que possa ser executado, o que dificulta a expansão em larga escala.

4. Metodologia (Desenvolvimento de solução)

O presente estudo é caracterizado como uma pesquisa qualitativa exploratória. Logo, o trabalho teve início com o levantamento inicial das necessidades específicas da instituição de ensino, a complementar o objetivo já descrito na introdução, assim como as restrições. Esse levantamento foi realizado por meio de reuniões com o diretor financeiro da Faculdade Santa Teresa, que é o mentor do projeto, e com o gerente do projeto na empresa contratada para o desenvolvimento. Abaixo seguem os requisitos principais:

1. Otimizar o tempo do aluno, personalizando a disponibilização de conteúdos, conforme os conceitos que ele ainda precisa aprender;
2. Desenvolver um sistema genérico, ou seja, não restrito a uma área de conhecimento, curso ou disciplina específica;
3. Permitir conteúdos/atividades diversas a serem cadastradas pelo professor, elaborados em ferramentas externas, por exemplo textos (PDF), vídeos (*links* do Vimeo/YouTube) ou qualquer conteúdo externo que o professor deseje relacionar;

Além dos itens apresentados acima, também foram expostas as seguintes restrições:

1. Apresentar um protótipo em três meses de desenvolvimento;
2. Alocação de um programador para o trabalho integral nos três meses.

Apesar dos requisitos representarem um protótipo de sistema funcional, o presente trabalho se limita ao objetivo definido na introdução, ou seja: apresentar um modelo para automatização da escolha dos conteúdos mais adequados a cada aluno. Ao atingir tal objetivo, a equipe de desenvolvimento poderá prosseguir na implementação do protótipo do sistema, atendendo ao requisito 1.

Foi realizada uma pesquisa bibliográfica em busca de soluções para atingir o objetivo. A pesquisa indicou que o uso de um STI pode ser uma alternativa interessante para o resultado esperado, ou seja, indicar para cada aluno, de forma personalizada, os conteúdos mais relevantes para ele. No entanto, a solução apresentada neste trabalho não será de um STI completo, pois serão elaborados apenas os módulos de domínio e de aluno, que são apresentados nas Seções 4.1 e 4.2.

O funcionamento base do modelo foi esboçado em conjunto com os *stakeholders* da instituição de ensino e é detalhado na Seção 4.3.

4.1. Módulo de Domínio

O sistema a ser desenvolvido na instituição de ensino irá contemplar vários cursos. Logo, na modelagem do módulo de domínio do STI, cada curso é composto pelos conceitos ensinados (Seção 4.1.1), por um banco de questões (Seção 4.1.2) e por um banco de conteúdos (Seção 4.1.3).

4.1.1. Conceitos Ensinados

Ao cadastrar um novo curso no sistema, serão elencados os conceitos abordados e a relação entre eles. Para tal sugere-se implementar um modelo inspirado no modelo SABeC, elaborado por Feitosa (2019). A Figura 1 representa um exemplo fictício de uma parte de um curso de Programação de Computadores.

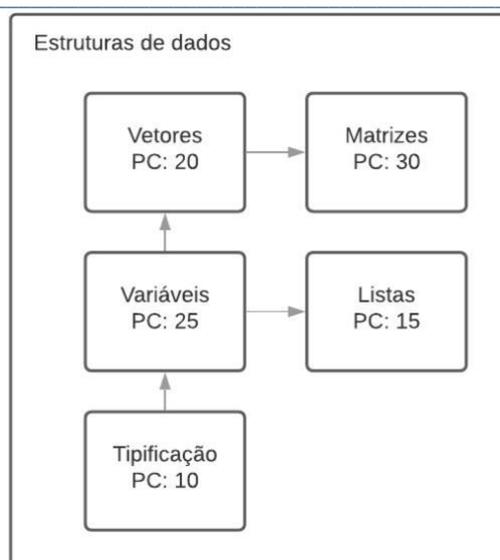


Figura 1. Exemplo fictício de modelo de domínio dos conceitos ensinados em uma disciplina de um curso de Programação de Computadores. Fonte: elaborado pelo autor.

Na Figura 1 estão representados seis conceitos: estruturas de dados, vetores, matrizes, variáveis, listas e tipificação. Além disso, são representados também dois tipos de relação. O primeiro tipo de relação é a **composição**, ou seja, o conceito “Estrutura de dados” é composto pelos conceitos vetores, matrizes, variáveis, listas e tipificação, sendo que cada um tem seu peso especificado na composição (PC). Dessa forma, ao aprender todos os conceitos da composição, o aluno irá entender 100% do conceito “Estruturas de dados”; ou que ao aprender variáveis e listas, o aluno terá 40% do conceito “Estruturas de dados” aprendido.

A segunda relação apresentada na Figura 1 é de **pré-requisito**, representada por meio de seta (\rightarrow). Por exemplo, para aprender o conceito Variáveis, obrigatoriamente o aluno deve primeiro entender sobre o assunto de Tipificação. Dessa forma, ao responder corretamente às questões sobre Variáveis, conclui-se que o aluno já domina o conceito de Tipificação. O contrário, no entanto, não é válido. Por exemplo, dominar o conceito de Vetores, que é o único pré-requisito para Matrizes, não significa que o conceito Matrizes está compreendido, pois além do pré-requisito, o próprio conceito por si só exige conhecimento.

4.1.2. Banco de Questões

O banco de questões será utilizado para que o STI possa compreender quais e quanto de cada conceito o aluno já aprendeu. Cada questão cadastrada está relacionada com um ou mais conceitos do modelo de domínio. Tal relação (questão-conceito) é utilizada para determinar que o aluno aprendeu determinado conceito.

Ao cadastrar cada curso serão determinadas quantas questões um aluno precisa acertar de cada conceito para que o sistema o considere aprendido. Por exemplo, ao cadastrar o curso “Programação de computadores” pode ser definido que, para o entendimento de um conceito, seja necessário que o aluno acerte quatro questões. Logo, a cada questão certa, o sistema conclui que foi aprendido 25% de cada conceito relacionado à questão. Assim, o professor que criar o curso poderá avaliar e especificar

tal “peso” conforme o curso, o que irá fazer com que o aluno precise acertar mais ou menos questões, para o sistema considerar o conceito completamente aprendido.

4.1.3. Banco de Conteúdos

Da mesma forma que foi feito para o banco de questões, os conteúdos de um curso devem ser cadastrados em um banco de conteúdos no sistema e relacionados aos conceitos especificados na Seção 4.1.1. Tal relação (conteúdo-conceito) será utilizada para que o sistema possa determinar quais conteúdos o aluno precisa consumir.

Podem existir diversos conteúdos ensinando os mesmos conceitos. Quando o STI determinar que o aluno precisa reforçar determinado conceito, serão apresentados todos os conteúdos relacionados a ele, destacando os conteúdos que ele ainda não consumiu.

4.2. Módulo do Aluno

Para que o STI possa indicar o conteúdo mais adequado ao aluno, é preciso mapear o que o aluno já conhece. Tais informações são armazenadas no módulo do aluno, que segue a mesma estrutura do módulo de domínio, agregando o atributo do percentual do conhecimento do aluno (CA) a cada conceito. Woolf (2009) confirma que a primeira etapa do módulo do aluno é o módulo de domínio, ou seja, é o que o aluno busca dominar.

A Figura 2 representa um exemplo do conhecimento de um aluno fictício (modelo do aluno), chamado João, referente ao modelo de domínio apresentado na Figura 1 para o conceito de “Estrutura de dados”.



Figura 2. Modelo do aluno João. Fonte: elaborado pelo autor.

Os valores em vermelho, apresentados na Figura 2, indicam o conhecimento do aluno (CA) em cada conceito do módulo de domínio, ou seja, o módulo do aluno é o módulo de domínio com a informação do CA do aluno em cada conceito. Nesse exemplo, o aluno João conhece 53% do conceito de “Estrutura de dados”. Por outro lado, nos conceitos Vetores e Variáveis o CA de João é, respectivamente, 90% e 100%.

O valor do atributo do conhecimento do aluno é determinado por meio das questões especificadas na Seção 4.1.2. As respostas corretas às questões elevam o nível de CA nos conceitos relacionados à questão, conforme o peso padrão definido para o curso. Assim como as respostas incorretas reduzem o nível de CA.

As questões podem referenciar um conceito que faz parte de uma composição, irradiando o CA também para conceito composto, conforme o peso da composição (PC). Por exemplo, ao acertar uma questão do conceito “Listas”, o CA referente a este conceito seria incrementado, mas também o CA referente a “Estrutura de dados”, que é composto de “Listas” e outros conceitos. O incremento de “Estrutura de dados” seria proporcional ao PC que o conceito de “Listas” tem em relação a “Estrutura de dados”.

Esse efeito pode ser chamado de “para cima”, ou seja, uma resposta de uma questão relacionada a um conceito “menor” influencia os conceitos “maiores”.

Sempre que uma questão respondida é relacionada a um conceito que faz parte de uma composição, é calculada uma média ponderada entre os CA da composição e seus PC. A fórmula é:

$$CA_{composto} = \sum(CA \times PC)$$

onde,

- $CA_{composto}$ representa o CA (conceito do aluno) do conceito maior, que será afetado proporcionalmente. No exemplo anterior seria “Estrutura de dados”.
- CA representa o CA do conceito que foi afetado, ou seja, respondida uma questão do conceito “Listas”, o CA de “Listas” é diretamente afetado, causando também o recálculo do $CA_{composto}$ “Estrutura de dados”.
- PC representa o peso do conceito afetado.

No caso do exemplo da Figura 2, o CA do conceito “Estrutura de dados” seria calculado da seguinte maneira:

$$CA_{composto} = (100\% \times 10) + (100\% \times 25) + (0\% \times 15) + (90\% \times 20) + (0\% \times 35) = 53\%$$

O CA precisa ser recalculado sempre que o aluno responder uma questão relacionada ao conceito diretamente, ou a um conceito que o compõe.

O contrário também é válido, quando uma questão abordar diretamente um conceito composto, por exemplo nesse caso, Estrutura de dados. Da mesma forma, a resposta correta ou incorreta, irá repercutir proporcionalmente nos conceitos “para baixo”, que o compõem, respeitando o PC.

Caso o aluno João, exemplificado pela Figura 2, respondesse incorretamente uma questão que representa Estrutura de dados, ou seja, sem especificar qual conceito que o compõe, o modelo do aluno seria atualizado conforme a Figura 3 (supondo que o peso padrão das questões desse curso seja 10%).

Aluno: João



Figura 3. Modelo do aluno João após responder incorretamente uma questão do conceito "Estrutura de dados". Fonte: elaborado pelo autor.

Note pela Figura 3 que o CA do João em Estrutura de dados reduziu diretamente os 10%, sendo que os conceitos que o compõem tiveram redução proporcional.

4.3. Funcionamento Geral do Modelo

O funcionamento geral do modelo consiste na execução de um *Outer Loop*, conforme mostrado na Figura 4. Nesse caso o sistema irá apresentar questões ao aluno, para entender o que ele tem domínio, seguido de conteúdos para que aprenda os conceitos que o sistema considerou o conhecimento insuficiente, e, então, novas questões serão apresentadas para atualização do módulo de aluno. Isso se repete até que todo o módulo de domínio esteja contemplado, e o aluno então é considerado concluinte.

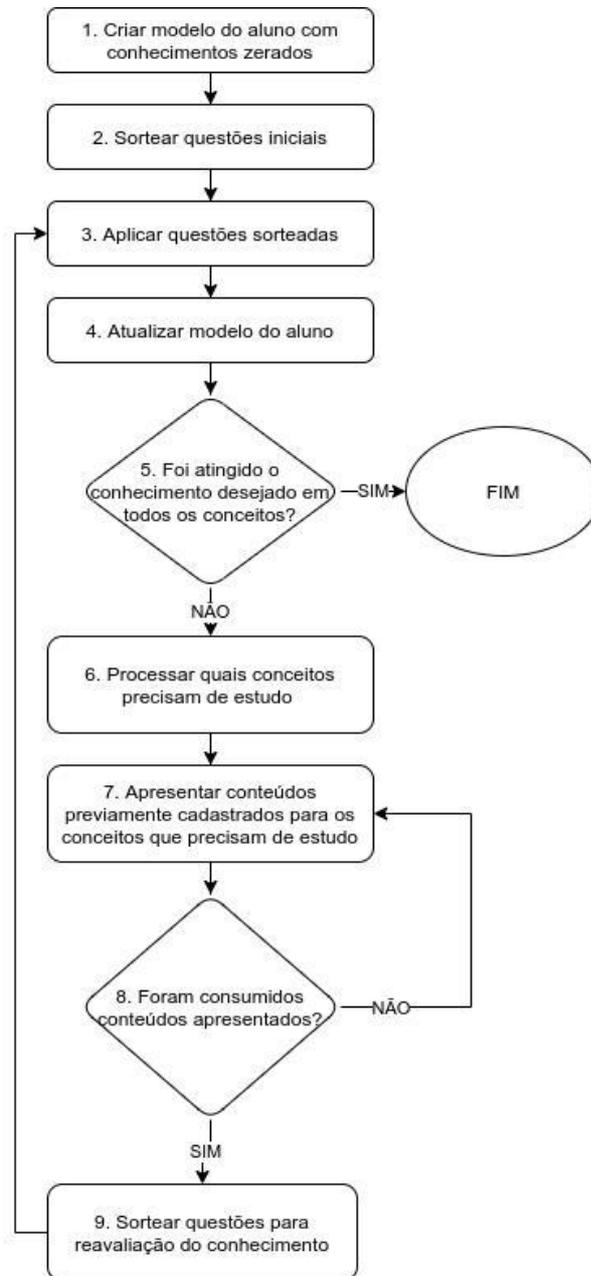


Figura 4. Funcionamento geral do sistema conforme o modelo (*outer loop*). Fonte: elaborado pelo autor.

Abaixo segue a descrição de cada uma dos passos do *outer loop* mostrado na Figura 4:

1. Quando um aluno iniciar um curso, o primeiro passo a ser realizado pelo sistema será criar o módulo de aluno, com valores de CA zerados.

2. Para descobrir os valores de CA do aluno, serão aplicadas questões referentes aos conceitos ensinados no curso. O número de questões, a serem aplicadas inicialmente, deve ser parametrizado por curso. Ou seja, alguns cursos podem exigir um

número menor de questões para montar o modelo de aluno inicial, e outros podem exigir um número maior.

3. Aplicam-se as questões.

4. Atualiza-se o módulo de aluno. O módulo de aluno inicial será pouco fiel ao conhecimento real do aluno, pois podem não ter sido aplicadas questões suficientes para tal. À medida que o curso avança, o CA do aluno é ajustado e vai se tornando mais próximo do real.

5. Verifica-se se o conhecimento determinado é suficiente em todos os assuntos do curso, caso negativo, prossegue.

6. Com o CA inicial determinado, agora o sistema poderá determinar quais conceitos estão com notas mais baixas e precisam de estudo.

7. O sistema então apresentará os *links* para os conteúdos cadastrados referentes aos conceitos definidos no passo 6.

8. Até que o sistema detecte que o aluno consumiu ao menos um conteúdo de cada conceito, irá continuar indicando conteúdos.

9. Após a conclusão do ciclo dos passos 7 e 8, será determinado mais um grupo de questões para revalidar o conhecimento do aluno nos conceitos estudados. Tal número de questões, executado a cada rodada de estudo, também será parametrizado em cada curso.

Após o passo 9, o ciclo retorna ao passo 3, referente a aplicações de questões, seguido da atualização do módulo de aluno e, finalmente, a checagem se todos os conceitos do curso estão com CA suficiente. Caso positivo, o aluno é considerado concluinte do curso e poderá prosseguir para os trâmites de conclusão, como emissão de certificados e outros.

5. Avaliação do Modelo

Diante do presente trabalho, o qual elabora um modelo teórico que servirá de base para o desenvolvimento de um sistema, não havendo um protótipo funcional que o implemente, não foi possível realizar uma simulação de uso ou mesmo a execução com alunos reais. O prazo disponível é outro motivo que inviabiliza a execução de um curso adotando o modelo.

Optou-se então por uma avaliação por meio de especialistas, os quais receberam o descritivo do modelo e responderam um questionário com suas considerações. Conforme mostrado na Tabela 1, o questionário foi composto por três questões referentes ao perfil do especialista, cinco questões de múltipla escolha tendo como opções de resposta a escala *likert* (1 a 5) e mais quatro questões discursivas opcionais.

Tabela 1. Descrição do questionário aplicado aos especialistas.

Enunciado da questão	Tipo de resposta
1. Marque abaixo os ramos de atuação profissional os quais já teve envolvimento	Múltipla escolha multi-resposta
2. Caso tenha atuado com Tecnologia ou Gestão	Descritiva

Educacional, qual a função exercida?	
3. Qual(is) instituição(ões) de atuação?	Descritiva
4. O quanto você considera que o modelo criado atende o objetivo proposto?	Escala <i>likert</i> 1 a 5, sendo: 1 = Não atende em nada 5 = Atende totalmente
5. O quanto você considera que a aplicação do modelo pode otimizar o tempo do aluno?	Escala <i>likert</i> 1 a 5, sendo: 1 = Não otimiza em nada 5 = Otimiza muito
6. O quanto você considera que a aplicação do modelo pode aumentar a motivação/engajamento do aluno?	Escala <i>likert</i> 1 a 5, sendo: 1 = Não afeta a motivação 5 = Iria aumentar muito
7. O quanto você considera que a aplicação do modelo pode aumentar/melhorar o aprendizado do aluno?	Escala <i>likert</i> 1 a 5, sendo: 1 = Não aumenta/melhora em nada 5 = Aumenta/melhora muito o aprendizado
8. Você acha que a aplicação do modelo pode auxiliar a reduzir a evasão nos cursos à distância?	Escala <i>likert</i> 1 a 5, sendo: 1 = Não reduz 5 = Pode reduzir muito
9. Justifique a resposta 8.	Discursiva
10. Gostaria de destacar pontos positivos e negativos do modelo?	Discursiva
11. Há alguma sugestão para a evolução do modelo?	Discursiva
12. Campo livre para comentários.	Discursiva

O questionário apresentado na Tabela 1 foi respondido por cinco especialistas. Com base nas respostas obtidas para a questão 1, apresentadas na Figura 5, 80% dos especialistas já atuaram no ramo de gestão educacional e como professores, sendo que 60% deles já se envolveram diretamente com tecnologia para o ensino. Percebe-se ainda que 40% tiveram experiência na coordenação de cursos.

Atuação profissional dos especialistas

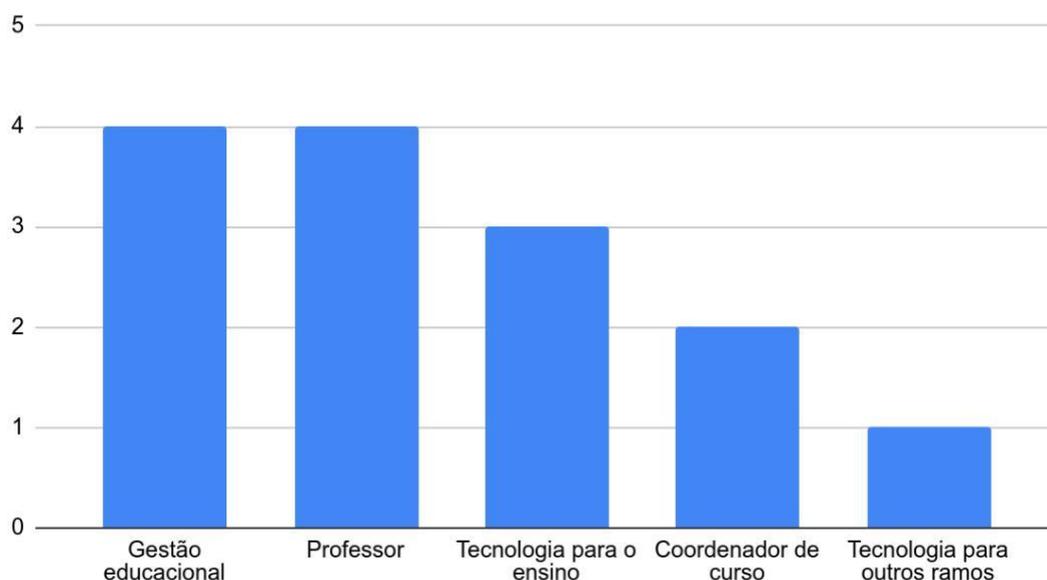


Figura 5. Ramo de atuação profissional dos especialistas. Fonte: elaborado pelo autor.

A questão 2 permitiu entender um pouco mais a função que os especialistas já exerceram em cada um dos ramos da Figura 5, de forma a ter uma visão mais completa do perfil dos avaliadores. Tratando-se de gestão educacional, cabe destacar como funções exercidas: coordenação de assuntos acadêmicos da pró-reitoria de ensino, direção financeira, gestão de tecnologia, gestão de projetos, análise e desenvolvimento de sistemas.

A questão 3 completa a caracterização do perfil, mostrando que foram abordados especialistas de instituições diversas: são duas universidades, sendo uma privada comunitária (Univates⁵) e outra pública estadual (Uergs⁶), um centro universitário privado (Fametro⁷), uma escola de ensino infantil, fundamental e médio, que já teve cursos técnicos e hoje também possui um polo de educação à distância para cursos de graduação (IECEG/CNEC Teutônia⁸), além de uma empresa de tecnologia com foco em gestão educacional (Solis⁹).

6. Resultados e Discussão

Nesta seção será apresentado e discutido o resultado da avaliação realizada, analisando as respostas de forma qualitativa descritiva.

Diante do objetivo do presente trabalho, que foi “apresentar um modelo para automatização da escolha de quais conteúdos do curso são necessários para cada aluno,

5 <https://www.univates.br/>

6 <https://www.uergs.edu.br/>

7 <https://fametro.edu.br/>

8 <http://colegios.cnec.br/canabarro/institucional>

9 <http://www.solis.com.br/>

conforme seu conhecimento prévio”, os especialistas consideraram em maioria que o modelo atende totalmente determinado objetivo, como pode ser visto na Figura 6¹⁰.

O quanto você considera que o modelo criado atende o objetivo proposto?



5 respostas

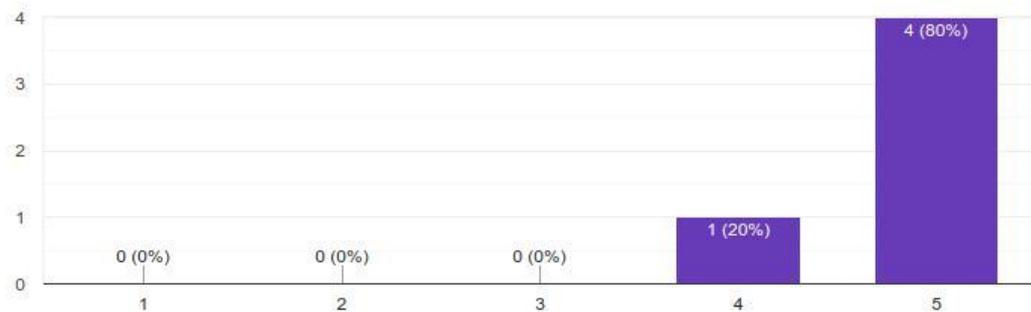


Figura 6. Resultado referente à questão 4 do questionário de avaliação (Tabela 1). Fonte: elaborado pelo autor.

A Figura 7 demonstra a unanimidade entre os avaliadores que a aplicação do modelo pode otimizar muito o tempo do aluno.

O quanto você considera que a aplicação do modelo pode otimizar o tempo do aluno?



5 respostas

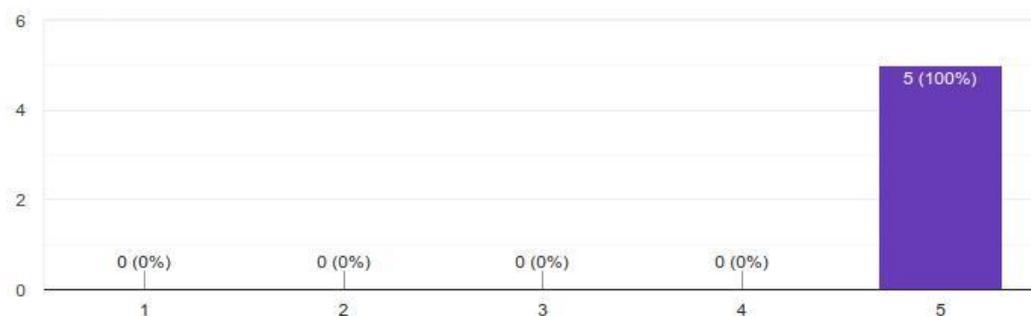


Figura 7. Resultado referente à questão 5 do questionário (Tabela 1). Fonte: elaborado pelo autor.

A Figura 8 mostra que os avaliadores também consideraram que o modelo traria incremento no engajamento dos alunos, com 60% das respostas assinaladas com cinco representando “iria aumentar muito”, e 40% das respostas com quatro.

¹⁰ Nos gráficos apresentados nas Figuras 6, 7, 8, 9 e 10, o eixo X representa a escala *likert*, e o eixo Y o número de respostas referentes a cada opção.

O quanto você considera que a aplicação do modelo pode aumentar a motivação/engajamento do aluno?



5 respostas

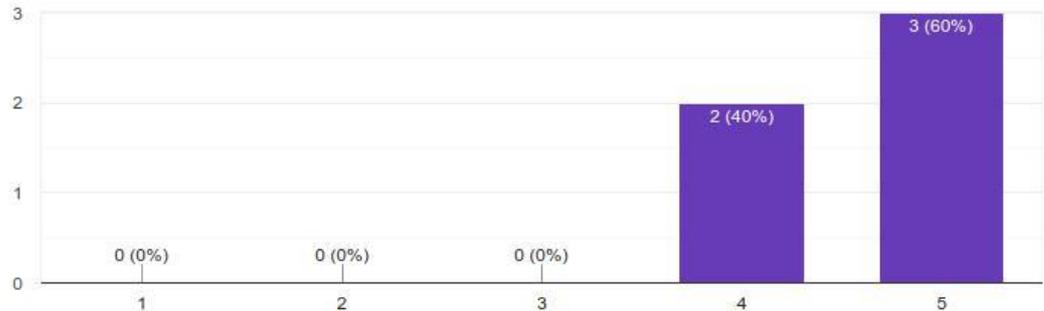


Figura 8. Resultado referente à questão 6 do questionário (Tabela 1). Fonte: elaborado pelo autor.

Tratando-se de melhorias no aprendizado com a aplicação do modelo (Figura 9), notam-se respostas mais dispersas, mas todas com valor igual ou superior a três.

O quanto você considera que a aplicação do modelo pode aumentar/melhorar o aprendizado do aluno?



5 respostas

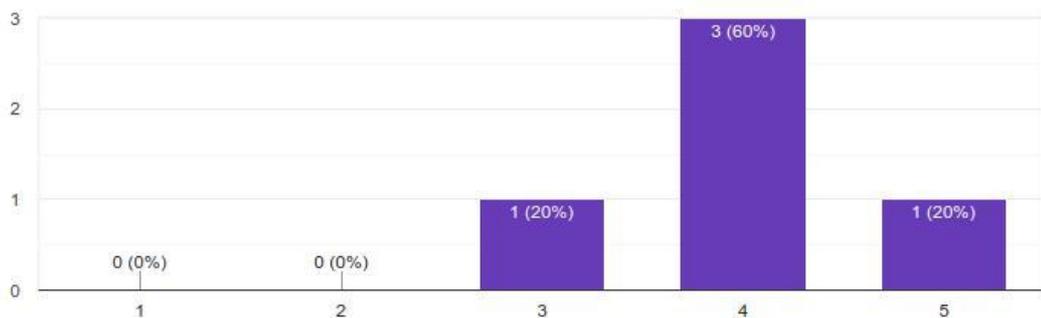


Figura 9. Resultado referente à questão 7 do questionário de avaliação (Tabela 1). Fonte: elaborado pelo autor.

Similar a Figura 9, o mesmo pode ser percebido quando os avaliadores foram questionados a respeito da redução da evasão nos cursos à distância (Figura 10). Somente uma resposta atingiu o nível máximo, enquanto as outras se dividiram entre as opções três e quatro.

Você acha que a aplicação do modelo pode auxiliar a reduzir a evasão nos cursos à distância?



5 respostas

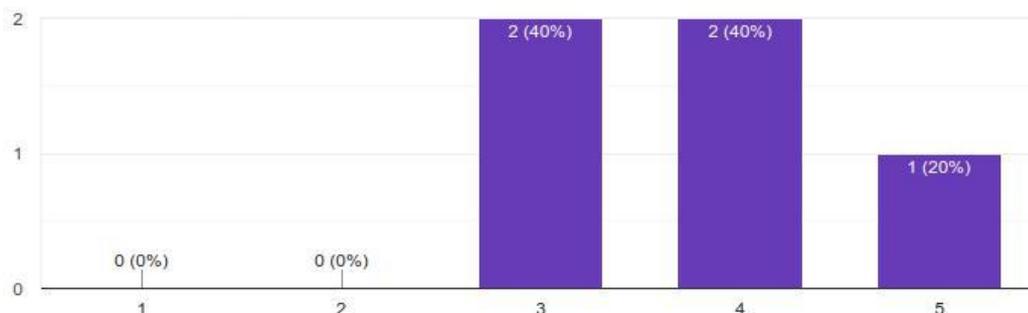


Figura 10 - Resultado referente à questão 8 do questionário (Tabela 1). Fonte: elaborado pelo autor.

Apesar de mais dispersas, a média das respostas da questão 8 (Figura 10) atinge 3,8, o que pode ser considerado um índice positivo. Os avaliadores, em sua maioria, citaram em suas respostas discursivas que haveria um aumento do engajamento do aluno e, conseqüentemente, redução da evasão. Destacaram principalmente o caso de alunos que trabalham, justificando ainda que com uma ferramenta mais prática, o aluno deve perceber resultados mais rápidos.

É de opinião de um avaliador que muitos alunos de cursos EAD “se perdem” no curso a distância, o que gera frustração e evasão. Um sistema que aplique o modelo pode auxiliar na condução do aluno entre os assuntos.

Entretanto, também foram citados aspectos externos que influenciam na evasão, como dificuldades financeiras ou de cunho pessoal. Vale ressaltar que tais questões não são influenciadas pelo modelo proposto.

Como pontos positivos do modelo relatados na questão 10 (Tabela 1), os avaliadores destacaram:

- Didático e bem documentado;
- Aulas mais curtas e focadas em conteúdos específicos, a teoria aplicada a prática acaba sendo facilitada;
- O aprendizado mais dinâmico, prático e ajustado ao nível de cada participante, baseado em um modelo inverso (do problema a teoria) tal como as pessoas buscam resolver problemas atualmente.

Ainda na questão 10 (Tabela 1), não foram citados pontos negativos, mas sim questões que merecem atenção:

- A ferramenta em si não terá utilidade sem um conteúdo de qualidade;
- Em aulas mais curtas deve-se redobrar o cuidado para manter a relação entre os conteúdos dos módulos;

- As aulas mais curtas podem tornar a discussão superficial e com pouco embasamento teórico, o que para algumas carreiras (tal como de docente ou pesquisador) pode trazer uma lacuna significativa na formação.

Percebe-se que os avaliadores destacaram pontos de atenção que não se referem ao modelo em si, mas sim sobre o conteúdo que seria disponibilizado, o qual, sem dúvida é importantíssimo para o sucesso, mas não é abordado no presente trabalho.

Como sugestões para evolução do modelo, dois especialistas recomendaram colocá-lo em prática. Um terceiro sugeriu testar com os alunos e ouvir o *feedback*. Outro avaliador indicou o uso de testes de proficiência, que dispensem o aluno de um módulo do curso quando considerado proficiente. Essa é justamente a ideia original, no entanto, mais detalhada a ponto de não aplicar os testes em módulos inteiros de determinado curso, mas sim dividir e testar o conhecimento do aluno em cada micro assunto, dispensando-o de aulas específicas.

7. Conclusão Trabalhos futuros

O contexto apresentado na introdução, o qual exige dos profissionais constantes atualizações, aperfeiçoamentos e aprendizado de novos conhecimentos específicos, está fazendo as instituições de ensino reverem sua oferta de serviços, criando novas opções de formação continuada ou cursos livres. Diante de tal situação, a FST está trabalhando em uma estratégia de captação e retenção que visa valorizar o tempo dos seus estudantes, de forma a entender o conhecimento prévio do aluno e direcionar a ele somente os conteúdos os quais realmente tem carência. Com essa estratégia, busca-se otimizar o tempo que os alunos dedicam às aulas, aumentando seu interesse e conseqüentemente reduzindo a evasão.

O presente trabalho teve como objetivo apresentar um modelo para automatização da escolha de quais conteúdos do curso são necessários para cada aluno, conforme seu conhecimento prévio. Tal modelo poderá ser utilizado pela equipe de desenvolvimento contratada pela FST, na implementação da ferramenta apelidada de PED.

O modelo confeccionado foi apresentado a cinco especialistas, os quais avaliaram e opinaram a respeito de sua eficácia. Foi unânime na avaliação dos especialistas que o modelo atende ao objetivo proposto, assim como pode otimizar o tempo do aluno, colaborar no aumento da motivação/engajamento, reduzindo a evasão dos cursos à distância.

A questão de pesquisa “Como desenvolver um modelo que determine o conteúdo mais adequado para indicar ao aluno, de forma a otimizar seu tempo, aumentando as chances de atingir os conhecimentos esperados ao fim de um curso *online*?” foi respondida. Para desenvolver um modelo que determine o conteúdo mais adequado para indicar ao aluno, de forma a otimizar seu tempo, aumentando as chances de atingir os conhecimentos esperados ao fim de um curso *online*, é indicado criar um STI seguindo o modelo proposto no presente trabalho, na implementação dos Módulos de Domínio e Aluno.

Apesar de otimizar o tempo do aluno no andamento do curso, a formação inicial do curso exigirá do professor uma carga maior de trabalho, visto que precisará cadastrar os conceitos no sistema, relacionando com os conteúdos e questões. Caso o curso seja

oferecido mais de uma vez, a estrutura já estará pronta, bastariam ajustes pontuais, caso necessário.

Para continuidade do estudo em trabalhos futuros, assim como para colocá-lo em prática em uma instituição, é necessário desenvolver o sistema seguindo o modelo, além de formatar um curso, especificando seu Módulo de Domínio, dividindo e relacionando conceitos, além dos conteúdos de curta duração. Após, aplicá-lo em turmas reais, avaliando o *feedback* dos estudantes e estatísticas, como tempo despendido nas aulas e índice de evasão.

Podem ser ainda elencados os seguintes pontos para evolução do próprio modelo:

- Estudo e elaboração de modelos para o Módulo de Tutoria e Comunicação;
- Consulta integrada a bases externas de objetos de aprendizagem, para auxiliar no trabalho dos professores conteudistas.

8. Referências

- Belloni, M. L. (2006). Educação a distância. 4. ed, Campinas: Autores Associados.
- Burns, H. L. and Capps, C. G. (1988). "Foundations of Intelligent Tutoring Systems: an introduction". In: Richardson, J. Jeffrey; Polson, Martha C.; (Ed.). Foundations of Intelligent Tutoring Systems, Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, p. 1–14.
- Couto, V. (2017). "Cursos livres: ameaça ou oportunidade?". Redação Ensino superior, ed. 224. Disponível em <https://revistaensinosuperior.com.br/cursos-livres-ameaca-ou-oportunidade/>. Último acesso em 30/09/2020.
- Feitosa, M. P., Osmar, N. (2019). "Um Modelo para Avaliação do Conhecimento Acadêmico com Base em Unidades Conceituais". Anais do XXX Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE 2019).
- Ferreira, M. P., Nunes, G., Lanzer, E. and Serra, F. A. R. (2008). "Emergência do Marketing nas instituições de ensino superior: um estudo exploratório". Instituto Politécnico de Leiria: Global Advantage.
- Pinheiro, T. A. P. (2018). "Tutoria inteligente usando sistemas de recomendação". Graduação em Ciências de Computação - Universidade de São Paulo.
- Carvalho, S. D. de (2012). "Modelo híbrido de sistema tutor inteligente utilizando conhecimento do especialista e mapas de kohonen com treinamento automatizado". Programa de pós-graduação em Engenharia Elétrica - Universidade Federal de Uberlândia.
- Woolf, B. P. (2009). "Building intelligent interactive tutors: Student-centered strategies for revolutionizing e-learning". San Francisco, CA: Morgan Kaufmann.