

## Um Agente de *Software* para Recomendação de Estratégias Pedagógicas para Tutores a Distância em AVA

*Title: A Software Agent for the Recommendation of Pedagogical Strategies to Distance Tutors in VLE*

Thyago Alves Sobreira  
Programa de Pós-Graduação em Ciência  
da Computação  
Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
thyago.sobreira@gmail.com

Francisco Milton Mendes Neto  
Programa de Pós-Graduação em Ciência  
da Computação  
Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
miltonmendes@ufersa.edu.br

Laysa Mabel de Oliveira Fontes  
Departamento de Engenharias e Tecnologia  
Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
mabel.fontes@ufersa.edu.br

Rafael Castro de Souza  
Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
rafael.castro@ifrn.edu.br

Igor Fernandes dos Santos  
Programa de Pós-Graduação em Ciência  
da Computação  
Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
igor.santos@ufersa.edu.br

Salatiel Dantas Silva  
Programa de Pós-Graduação em Ciência da  
Computação  
Universidade Federal de Campina Grande  
salatiel@copin.ufcg.edu.br

### Resumo

*A popularização da modalidade de Educação a Distância, fomentada pelas flexibilizações das atuais diretrizes legais, bem como o avanço tecnológico dos Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA), traz uma preocupação com a qualidade do ensino ofertado, que está atrelada à interação efetiva entre os atores do processo de ensino e aprendizagem. Nesse sentido, sabe-se que o tutor é o ator responsável por promover a interação nesses ambientes e o seu desempenho nisto está ligado à participação efetiva dos alunos. Sendo assim, este trabalho propõe um agente de software capaz de recomendar estratégias pedagógicas para tutores a distância em AVA, visando melhorar o seu desempenho em promover uma interação efetiva dos alunos nos AVA. O agente desenvolvido faz as recomendações por meio de um modelo de conhecimento, representado por uma ontologia (desenvolvida através da metodologia 101), que mapeia as estratégias pedagógicas que visam promover a interação nos AVA. As estratégias pedagógicas utilizadas pelo agente foram levantadas por meio de uma Revisão Sistemática da Literatura e a aplicação de um questionário com profissionais da área da educação, mais precisamente na Educação a Distância (EaD). Para validação, o modelo de conhecimento do agente foi submetido a testes de correção e completude. Foi desenvolvida também uma aplicação para amostragem das estratégias recomendadas pelo agente. Para ambas validações, foram alimentadas com dados históricos cedidos pela Secretaria de Educação a Distância de uma Universidade Pública Federal. Os resultados apontaram que o modelo de conhecimento do agente está operando de forma correta, sem nenhuma inconsistência, bem como as estratégias estão mostradas de forma clara pelo sistema desenvolvido.*

**Palavras-Chave:** *Estratégia pedagógica, Agente de Software, Ontologia, Ambiente Virtual de Aprendizagem.*

## Abstract

*The popularization of the Distance Education modality, fostered by the flexibilization of the current legal guidelines, as well as the technological advancement of the Virtual Learning Environments (VLE), brings a concern with the quality of the education offered, which is linked to the effective interaction between the actors teaching and learning process. In this sense, it is known that the tutor is the actor responsible for promoting interaction in these environments and his performance in this is linked to the effective participation of students. Therefore, this work proposes a software agent capable of recommending pedagogical strategies for distance tutors in VLE, aiming to improve their performance in promoting an effective interaction of students in VLE. The developed agent makes the recommendations through a knowledge model, represented by an ontology (developed through the 101 methodology), which maps the pedagogical strategies that aim to promote the interaction in the VLE. The pedagogical strategies used by the agent were raised through a Systematic Literature Review and the application of a questionnaire with professionals in the field of education, more precisely in Distance Education (EaD). For validation, the agent's knowledge model was subjected to tests of correctness and completeness, an application was also developed to modify the strategies recommended by the agent. For both validations, they were fed with historical data provided by the Distance Education Secretariat of a federal public university. The results showed that the agent's knowledge model is operating correctly, without any inconsistency. As well as the strategies are shown clearly by the developed System.*

**Keywords:** Pedagogical strategy, Software Agent, Ontology, Virtual Learning Environment.

## 1 Introdução

As tecnologias digitais vêm propondo vários avanços na sociedade e, com isso, diversas modalidades de serviços passaram por algum tipo de transformação, tais como os setores de transportes, telecomunicações, educação, entre outros. No caso da Educação a Distância (EaD), é notória a sua evolução e que a mesma vem crescendo de forma significativa ao longo dos anos. De acordo com o Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), de 2008 a 2018, o ensino a distância teve um aumento de 182,5% no número de matrículas no nível superior (INEP 2018).

Na EaD, as salas de aula físicas são substituídas por salas de aula virtuais, como, por exemplo, os Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA), nos quais são fornecidas ferramentas para mediar o processo educacional. Nessa perspectiva, com os desafios impostos pela realidade educacional, novos modelos pedagógicos pautados pela autonomia e autoria, possibilitam que a educação aconteça fora dos limites de uma sala de aula convencional, mas, por outro lado, exige que a interação seja um dos alicerces de tais modelos, fazendo com que os autores da EaD desenvolvam, cada vez mais, habilidades de interações. (Behar, 2007).

As estratégias pedagógicas, tais como as que proporcionam um melhor uso das ferramentas de interação e promovem o debate democrático sobre os assuntos abordados pelo professor, podem ser utilizadas para potencializar a interação no AVA, auxiliando os tutores e/ou professores a utilizarem, com eficiência, as ferramentas disponíveis nesses ambientes.

Nesse sentido, este trabalho propõe um agente de *software* capaz de recomendar estratégias pedagógicas para tutores a distância em AVA. Essas estratégias têm como finalidade promover a interação entre os principais atores do processo de ensino e aprendizagem em EaD, isto é, entre os tutores e alunos. Sendo assim, este trabalho decorre de uma lacuna apontada nos trabalhos futuros em Fontes (2017).

No trabalho de Fontes (2017), identificou-se que as ações dos tutores a distância influenciam na participação efetiva dos alunos em AVA e, a partir disso, desenvolveu-se um sistema para monitorar e avaliar o desempenho dos tutores a distância em AVA. Uma das contribuições do referido sistema é a capacidade de informar ao tutor a distância quais ações tendem a potencializar a participação efetiva dos alunos em AVA. No entanto, não aponta como esse objetivo pode ser alcançado, fazendo-se necessária a realização de recomendações de estratégias pedagógicas que venham a auxiliar o seu desempenho de promoção de interação.

Este artigo está organizado da seguinte forma: a Seção 2 explana o referencial teórico; na Seção 3, é mostrada a metodologia utilizada no trabalho; a Seção 4 discute sobre a Revisão Sistemática da Literatura realizada para auxiliar na definição das estratégias pedagógicas; a Seção 5 discute os trabalhos relacionados; a Seção 6 apresenta a arquitetura e o desenvolvimento do agente; a Seção 7 explana os resultados obtidos com o agente proposto; e, por fim, a Seção 8 apresenta as considerações finais e os trabalhos futuros.

## 2 Fundamentação Teórica

Esta seção descreve a base teórica que fundamenta a elaboração deste trabalho. Sendo assim está organizada da seguinte forma: na Subseção 2.1, apresenta-se conceitos sobre agentes de software; na Subseção 2.2, apresenta-se conceitos sobre ontologias; na Subseção 2.3, expõe-se conceitos sobre estratégias pedagógicas; e, por fim, na Subseção 2.4, apresenta-se conceitos sobre educação a distância e ambientes virtuais de aprendizagem.

### 2.1 Agente de Software

Para Silva (1997), existem inúmeras nomenclaturas para agentes de *software*, como, por exemplo, agentes inteligentes, agentes móveis, agentes estacionários, agentes autônomos, agentes de informação, entre outros. Ainda de acordo com Silva (1997, p. 3), um agente de software é um sistema computacional que, além das características básicas de autonomia, persistência ou sociabilidade, é também associado com atributos geralmente aplicados ao ser humano.

Segundo Jennings e Wooldridge (1998), agentes e sistemas multiagente são uma forma de projetar e implementar *softwares* complexos, onde sua aplicação é ampla e vai desde a criação de assistentes pessoais até sistemas para controle de tráfego aéreo. Já Wooldridge (1999) define agente como um sistema que está situado em um ambiente no qual é capaz de tomar ações autônomas nesse ambiente a fim de conseguir atingir seus objetivos.

Como demonstrado, agentes podem ser entendidos como um artefato de *software* que tem atuação autônoma, ou seja, ao perceber algo, um agente tem que atuar de maneira inteligente para atingir algum objetivo no qual ele foi programado. Com isso, sua aplicação é diversificada em qualquer sistema que tenha que tomar uma decisão autônoma.

Trazendo para o contexto da EaD, com o advento da internet e a grande evolução dos ambientes virtuais de aprendizagem, os agentes estão sendo muito utilizados como tecnologia que auxiliam na concepção de ambientes dinâmicos, adaptativos e inteligentes (Dos Santos, 2018). A exemplo disso, pode-se citar os sofisticados Sistemas de Tutores Inteligentes (STIs), que se concentram em buscar alternativas para criação de ambientes mais interativos.

Nesse sentido, o conceito de agente se aplica ao contexto deste trabalho, uma vez que ele deverá fazer recomendações conforme o que ele perceber dentro do AVA. Não se trata de um sistema de tutoria inteligente, mas sim de um meio inteligente de recomendações de estratégias, para que os tutores possam melhorar seu desempenho no que diz respeito a promoção da interação do aluno.

### 2.2 Ontologias

O termo ontologia tem se disseminado por várias áreas, entre elas: Inteligência Artificial, Representação do Conhecimento, Processamento de Linguagem Natural, Web Semântica, Engenharia de Software, dentre outras (Breitman, 2000).

Pode-se dizer que uma ontologia assume vários formatos que, obrigatoriamente, devem ter um vocabulário de termos e especificações do seu significado. Deve também abranger definições

e definições de como os conceitos estão relacionados, o que resulta na estruturação do domínio e nas restrições de possíveis interpretações de seus termos (Uschold, 1996).

Para Gruber (1993), ontologia é uma forma de especificar uma conceitualização. Em outras palavras, é uma descrição de conceitos e relacionamentos que existem entre os conceitos.

Há muitas formas de descrever uma ontologia e uma variedade de opiniões sobre quais tipos de definição devem englobar. Porém, na prática, os conceitos de uma ontologia são largamente dirigidos pelos tipos de aplicação que elas terão de suportar (Dickinson, 2009).

No presente trabalho, a ontologia é usada como meio de mapear o conhecimento do agente, ou seja, será uma tecnologia usada para representar o conhecimento do agente desenvolvido. Mais detalhes estão presentes na Subseção 6.4.

### 2.3 Estratégias Pedagógicas

Uma estratégia pedagógica pode ser conceituada como um conjunto de procedimentos planejados e implementados por educadores que tem a finalidade de atingir objetivos de ensino. Essas estratégias envolvem métodos, técnicas e práticas com a finalidade de expressar e produzir conhecimento.

Para Masetto (2012), estratégia no campo educacional está relacionada a um conjunto de meios e recursos que o professor pode utilizar para facilitar o processo de ensino e aprendizagem dos alunos. Nesse sentido, estratégias de ensino e aprendizagem englobam um conjunto de disposições que vão desde a organização do espaço da sala de aula (presencial ou virtual), até a preparação do material a ser utilizado (recursos visuais, materiais *online*, atividades práticas, entre outras).

É possível desenvolver estratégias pedagógicas e aplicá-las nos AVA por meio de ferramentas como: *chats*, fóruns, *wikis*, questionários, tarefas, entre outras. No entanto, é necessário adaptar as ferramentas do AVA, conforme a estratégia e a disciplina que será aplicada. Sendo assim, o termo “estratégia pedagógica” utilizado neste trabalho, está relacionado aos métodos de utilização das ferramentas de interação dos AVA, por parte dos tutores, a fim de promover um maior engajamento dos alunos no ambiente.

### 2.4 Educação a Distância e Ambientes Virtuais de Aprendizagem

Segundo o Decreto Nº 9.057/2017, publicado em maio de 2017 (BRASIL, 2017), a Educação a Distância é caracterizada como: “Modalidade educacional na qual a mediação didático-pedagógica nos processos de ensino e aprendizagem ocorra com a utilização de meios e tecnologias de informação e comunicação, com pessoal qualificado, com políticas de acesso, com acompanhamentos e avaliação compatíveis, entre outros, e desenvolva atividades educativas por estudantes e profissionais da educação que estejam em lugares e tempos diversos”.

Com a popularização dos computadores e o acesso facilitado à Internet, a EaD passou a focar mais na mediação e na utilização de recursos tecnológicos, visando a encurtar barreiras, deixando a posição periférica e assumindo posições de maior relevância dentro das instituições de ensino. Foi com essa realidade que os AVA surgiram e se popularizaram. Segundo Mckimm, Jollie e Cantillon (2003), os AVA consistem em um conjunto de ferramentas eletrônicas voltadas ao processo de ensino e aprendizagem. Os principais componentes incluem sistemas que podem organizar conteúdos, acompanhar atividades, fornece suporte *online* e comunicação eletrônica.

Pode-se citar vários exemplos de AVA, porém um que se destaca no Brasil e no mundo é o Moodle. Essa plataforma tem mais de 10 anos de desenvolvimento guiado pela pedagogia socioconstrutivista, além de dispor de um leque de opções para seus usuários, como, por exemplo, ferramentas e atividades colaborativas, calendários, envios de notificações, verificação de

progressos, capacidade multilíngue, alta interoperabilidade, além de outras características (Moodle, 2019).

Como os conceitos acima demonstram, os AVA foram desenvolvidos no intuito de promover uma socialização entre os atores que atuam na EaD, isto é, tutores, professores e alunos. Com isso, esses ambientes são dotados de várias ferramentas que auxiliam na interação para a construção do conhecimento. Por outro lado, segundo Santana (2014), essas ferramentas não são devidamente exploradas e conhecidas por parte dos tutores a distância, provocando uma deficiência na interação dos usuários.

Através do cenário descrito no parágrafo anterior, este trabalho realizou uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) para levantar, entre outras coisas (demostrado na Seção 4), o estado da arte sobre sistemas que, de alguma forma, recomendam estratégias pedagógicas a tutores de forma automática. Como resultado, levando em consideração: i) as bases de dados utilizadas (*IEEE Xplore Digital Library, ACM Digital Library, Science Direct, Scopus*), além disso, anais de eventos relacionados à informática na educação (Congresso Internacional ABED de Educação a Distância (CIAED), Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE), Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)); ii) os anos da busca (2009 à 2017) e; iii) os idiomas dos trabalhos (Português e Inglês), observou-se que nenhum trabalho encontrado aborda a recomendação de estratégias a partir da avaliação de atributos dos tutores que promovem interação, bem como o uso de ferramentas de interação existentes no AVA para a promoção das mesmas. Desta forma, a discussão sobre esse tema torna-se emergente.

### 3 Metodologia

A metodologia descreve o caminho utilizado para realização de algo, ou seja, um conjunto de passos para chegar à contemplação de um determinado objetivo. Primeiramente, a metodologia adotada neste artigo foi empreendida por meio de uma pesquisa de caráter exploratório. Para isso, realizou-se os seguintes procedimentos:

- Elaboração de uma revisão sistemática da literatura para identificar, avaliar e interpretar as pesquisas relevantes de acordo com uma questão de pesquisa específica. Para realizar essa RSL, seguiu-se o processo proposto por Travassos e Biolchini (2007), onde primeiramente foi definido um protocolo, contendo os objetivos, questões de pesquisa, escopo, estratégias de pesquisa, critérios de seleção de estudos e *strings* de busca. Para auxiliar na execução dessa revisão, foi utilizada a ferramenta StArt<sup>1</sup> (Zamboni, 2010). Com essa revisão, foi possível identificar estratégias pedagógicas utilizadas em diferentes tipos de ferramentas de interação e se as mesmas passaram por algum tipo de validação. Por fim, foi possível descobrir técnicas utilizadas para recomendações de estratégias pedagógicas em AVA, auxiliando assim na escolha das técnicas utilizadas neste trabalho.
- Realização de entrevistas com profissionais (professores e tutores) da área da educação que possuem experiência na EaD, bem como, aplicação de questionários a fim de levantar o maior número possível de estratégias pedagógicas, que podem promover interação em AVA (somando-se com as que foram identificadas na RSL), para alimentar o agente desenvolvido. Nessa etapa do projeto, foi possível obter 19 respostas de profissionais, em sua maioria, com mais de 10 anos de experiência em EaD, das

---

<sup>1</sup> Ferramenta desenvolvida pela UFSCAR, que tem como finalidade auxiliar a execução de uma RSL, dando suporte a aplicação da técnica de Revisão Sistemática.

mais diferentes formações (Licenciaturas em Matemática, Pedagogia, Física, Letras, etc.), que proporcionaram o levantamento de várias estratégias pedagógicas.

- Criação de um modelo de conhecimento capaz de mapear as estratégias levantadas. Para isso, foi criada uma ontologia, seguindo a metodologia de desenvolvimento *Ontology Development 101*, proposta por Noy e Guinnes (2002). Essa metodologia é composta por sete passos, que guiam o desenvolvedor no processo de construção de uma ontologia. Como ferramenta para o desenvolvimento da ontologia, foi utilizada o Protégé (Protégé, 2019). Após o desenvolvimento, foram realizados testes de conformidade na ontologia, onde pode-se verificar a corretude, completude e consistência, ou seja, foi possível avaliar se a ontologia não apresentava erros de inferência ao executar os motores de inferência e se as classificações ocorriam como esperado.
- Desenvolvimento de um agente de *software* para recomendação das estratégias pedagógicas. Uma vez desenvolvido um modelo de conhecimento, foi preciso criar uma maneira de operá-lo. Nesse sentido, foi desenvolvido um agente de *software* para tal função. O agente foi modelado conforme a metodologia MAS-COMMONKADS+ (Morais II, 2010). Para a implementação do agente, foi utilizada a OWL-API<sup>2</sup> para melhor manipular o modelo de conhecimento do agente.
- Para validação do agente, foram utilizados dados históricos cedidos pela Secretaria de Educação a Distância de uma universidade pública federal, os mesmos utilizados por Fontes (2017). Trata-se de dados correspondentes a 3 anos de EaD da instituição, onde, para este trabalho, foram escolhidos aleatoriamente os dados da avaliação dos atributos de 5 tutores a distância, que compõe as seguintes disciplinas: i) Conversação da Vida; ii) Geografia do Nordeste; iii) Pré-Cálculo; iv) Física e Meio Ambiente; v) História e Filosofia da Ciência. Assim, foi desenvolvida uma aplicação na qual foram alimentados esses dados históricos. Com isso, foi possível simular a atuação do agente. Essa aplicação foi desenvolvida usando a linguagem de programação PHP (versão 7.2) para a parte de *back-end* (codificação interna), já para a programação de interface (*front-end*) foi utilizado *JAVAScript (Vuejs)*, para o banco de dados foi utilizado o *PostgreSQL* e, por fim, a hospedagem utilizou-se o serviço da *DigitalOcean*. Foram utilizados dados históricos (cedidos por uma universidade pública) para que o agente pudesse calcular o desempenho do tutor e recomendar as possíveis estratégias pedagógicas.

Todo o processo de desenvolvimento, controle de versão e testes foram conduzidos no Laboratório de Engenharia de Software (LES) de uma universidade pública federal, utilizando-se de sua infraestrutura para a implantação e realização de testes preliminares.

## 4 Revisão Sistemática da Literatura

A revisão sistemática foi importante para obter informações sobre alguns aspectos deste trabalho, como: levantamento de estratégias pedagógicas utilizadas para promover interação em AVA; técnicas mais utilizadas para recomendação de estratégias; e trabalhos relacionados.

Sendo assim, foi realizado um planejamento que seguiu o processo proposto por Biolchini (2007), bem como utilizou algumas diretrizes definidas por Kitchenham (2004). Com isso, foram levantados os seguintes objetivos:

- **Objetivo 1:** identificar estratégias pedagógicas que promovam interação em AVA;

---

<sup>2</sup> API em Java criada para manipular e serializar ontologias em OWL. Sua versão mais recente é a OWL 2.

- **Objetivo 2:** identificar técnicas de recomendação de estratégias pedagógicas a tutores e/ou professores;
- **Objetivo 3:** identificar se as estratégias pedagógicas que promovam a interação em AVA, levantadas no objetivo 1, foram validadas.

No objetivo 1, foram colhidas algumas estratégias pedagógicas para promoção da interação em AVA; no objetivo 2, foram levantadas as técnicas mais utilizadas para recomendar algum tipo de estratégia em AVA, bem como alguns trabalhos relacionados; já no objetivo 3, foi realizado um filtro das estratégias levantadas no objetivo 1, no intuito de saber se elas foram validadas e se tiveram resultados satisfatórios de interação, contribuindo assim com a seleção das estratégias levantadas.

Com os objetivos traçados, foram formuladas as seguintes questões de pesquisa:

- **Questão Primária (QP):** Quais estratégias pedagógicas buscam promover a interação em AVA?
- **Questão Secundária (QS1):** Quais os meios utilizados para recomendar estratégias pedagógicas aos tutores e/ou professores em AVA?
- **Questão Secundária (QS2):** Como as estratégias pedagógicas propostas para promover interação em AVA foram validadas?

Tendo os objetivos levantados, as questões de pesquisa formuladas, bem como todo protocolo definido, foram realizadas as buscas dos estudos através de uma *string* de busca (definido no protocolo). Essa etapa contou com 784 artigos que, ao fim, 15 artigos foram incluídos (conforme os critérios definidos no protocolo).

Como resultado da revisão, foi possível coletar estratégias pedagógicas de 10 trabalhos. Tais estratégias utilizavam vários tipos de ferramentas de interação para sua implementação, como: fóruns, *chats*, webconferências e *wikis*. Desse grupo de trabalhos coletados, 6 apresentaram validação das estratégias utilizadas. Essas validações se deram por diversas formas, tais como: aplicação de questionários com tutores e alunos para medir a satisfação de interação; estatística descritiva, entre outras.

Segundo nos resultados, foram encontrados 5 trabalhos que apresentaram alguma técnica de recomendação de estratégias pedagógicas aos tutores. Com isso, foram levantados os trabalhos relacionados e a técnica escolhida para recomendação do presente trabalho. Esse resultado é descrito na seção seguinte.

## 5 Trabalhos Relacionados

A revisão sistemática realizada proporcionou levantar as técnicas aplicadas para recomendação de estratégias pedagógicas e escolher a melhor para o contexto deste trabalho. Além disso, foi possível levantar alguns trabalhos relacionados, conforme discutido a seguir.

Segundo Sridharan (2009), é possível realizar recomendações de materiais de aprendizagem que se adequem ao aluno, seguindo conceitos pedagógicos, por meio de ontologia. Segundo o autor, isso traz benefícios aos alunos por meio da absorção do conhecimento efetivo com passo-a-passo de visualização clara, apresentação eficaz de recursos de aprendizagem anotados e específicos do contexto e liberdade para escolher os recursos adequados para a aprendizagem, baseada em seu nível e estilo. A limitação do estudo é o tamanho da amostra estudada, porém,

traz uma grande vantagem para a e-learning<sup>3</sup>, pois irá facilitar ao estudante a seleção de temas e ferramentas a fim de obter conhecimento para cumprir determinada tarefa.

Já Sevarac (2012), propõe a criação de uma API de recomendações pedagógicas baseada em Neuro-Fuzzy, que possa ser integrada em qualquer sistema. Para isso, o sistema gera recomendações com base no modelo do aluno (ou seja, a sua representação interna do conhecimento e preferências dos estudantes) e o modelo de ensino (ou seja, a estratégia pedagógica escolhida, geralmente definida pelo professor). O modelo de aluno normalmente contém informações sobre conhecimento, preferências, estilo de aprendizagem e as atividades de aprendizagem realizadas. Essas informações são geralmente extraídas de histórias da interação entre o aluno e o ambiente de aprendizagem. Por fim, o modelo de ensino define uma estratégia pedagógica tipicamente como um conjunto de regras que determina a maneira ideal para aprender algum tema para determinado tipo de aluno.

Barvinski (2017) utiliza o resultado de mapas afetivos gerados pelo AVA ROODA<sup>4</sup> (ROODA, 2019) para subsidiar recomendações de estratégias pedagógicas. Para a criação desse mapa, é utilizada a mineração de interações efetuadas nas ferramentas de comunicação no ROODA (isto é, fórum, bate-papo, diário de bordo etc.), e implementado um *framework*, chamado de ROODAAfeto, que utiliza máquina de inferência baseada em Redes Bayesianas.

Para Bremgartner (2015), foi possível recomendar arquiteturas pedagógicas por meio de agentes inteligentes e ontologia. Nesse contexto, a ontologia trabalha como uma manipuladora de troca de mensagens entre os agentes inteligentes, que, por sua vez, captam dados dos alunos (níveis de competência, avaliação de atividades respondidas pelos alunos e frequência de utilização do AVA) e fazem as recomendações como: colegas que possam tirar dúvidas de um aluno em determinado assunto, sugestões de leitura, etc.

Já para Paiva (2013), foi possível realizar recomendações pedagógicas com base em mineração de dados educacionais. Para isso, foi necessário criar um processo para coordenar a geração das recomendações que consistiu em: (i) identificar se as interações dos alunos no AVA estão resultando em aprendizagem; (ii) descobrir padrões identificados na primeira etapa; (iii) fazer as recomendações pedagógicas para os professores, onde estas são criadas por especialistas no domínio pedagógico; e (iv) avaliar o progresso das recomendações recebidas. Em toda a mineração de dados foram adotadas as técnicas de árvore de decisão, classificação, regressão e agrupamento. Nesse trabalho não foi utilizado nenhum agente de *software* para a recomendação, bem como as recomendações se resumem apenas em “orientações curtas”, como, por exemplo, refazer exercícios, solicitar acesso ao *chat*, entre outros, e não apresenta uma orientação robusta, mostrando uma estratégia e como alcançá-la.

Com as técnicas (meios) apresentadas anteriormente, não é possível afirmar qual a melhor, pois todas estão inseridas em um caso de uso específico. Por exemplo, Sevarac (2012) propõe a escolha da melhor estratégia por meio de ontologias para recomendar materiais para subsidiar a melhor forma de aquisição de conhecimento, levando em consideração o assunto abordado; já Barvinski (2017) propõe a criação de uma neuro-fuzzy para recomendação com base nos sentimentos afetivos dos alunos; Bremgartner (2015), por sua vez, utiliza ontologia e agentes para a recomendação de arquiteturas pedagógicas, levando em consideração o perfil levantado pelo aluno por meio de questionários aplicados; e, por fim, em Paiva (2013), as recomendações são realizadas por meio de mineração de dados.

Dentre os trabalhos encontrados na RSL, levando em consideração as bases de dados pesquisadas e os idiomas dos trabalhos, não foi identificado nenhum que recomendasse estratégias pedagógicas para melhorar a avaliação dos tutores no quesito de promoção de interação no AVA.

---

<sup>3</sup> Modelo de ensino não presencial apoiado por TICs.

<sup>4</sup> Rede Cooperativa de Aprendizagem.



Sendo assim, nenhum baseou-se na avaliação de atributos/ações de tutores, que promovem interação como premissa para recomendações de tais estratégias pedagógicas. O corrente trabalho propõe um agente de *software* capaz de recomendar estratégias pedagógicas, que buscam melhorar a avaliação dos tutores nos atributos que promovem interação dos alunos nos AVA. A ideia é utilizar de avaliações de ações/atributos de tutores, realizado por Fontes (2027) e seus impactos, e, a partir disso, recomendar estratégias pedagógicas para o tutor a fim de melhorar sua performance nas ações avaliadas, promovendo a interação dos alunos.

## 6 Agente de Software para Recomendação de Estratégias Pedagógicas para Tutores a Distância em AVA

A presente seção tem como objetivo descrever a construção do agente de *software* proposto, estando organizada da seguinte forma: a Subseção 6.1 discute a arquitetura geral do agente; a subseção 6.2 discute como as estratégias foram levantadas; a Subseção 6.3 apresenta a modelagem do agente, utilizando alguns modelos propostos pela metodologia MAS-COMMONKADS++ (MORAIS II, 2010); e, por fim, a Subseção 6.4 apresenta o desenvolvimento da ontologia utilizada pelo agente para a recomendação das estratégias pedagógicas.

### 6.1 Arquitetura Geral do Agente

Como já foi explicado anteriormente, o agente desenvolvido tem como objetivo recomendar estratégias pedagógicas para tutores a distância a partir dos resultados obtidos pelo sistema proposto em Fontes (2017). A autora utilizou o Coeficiente de Correlação de Pearson para identificar os atributos comportamentais dos tutores em relação ao comportamento da turma. Este coeficiente mede o nível de correlação entre duas variáveis, variando entre +1 e -1 (Paranhos, 2014). Foram estudados 11 (onze) comportamentos dos tutores e 11 (onze) comportamentos da turma. Ao todo, nos testes, 27 (vinte e sete) correlações ficaram no intervalo de confiança desejado (-1 a +1), utilizando o valor para  $\alpha = 0,05$  e com 95% de confiança nos resultados<sup>5</sup>. Das 27 correlações, três apresentaram correlação forte positiva<sup>6</sup>, 15 apresentaram correlação moderada positiva<sup>7</sup>, e 9 apresentaram correlação fraca positiva<sup>8</sup>. Essas correlações seguiram a interpretação de objetos de estudos comportamentais descritos por Weinberg e Abramowitz (2002) e Cohen (1988).

A partir disso, se obteve os tais atributos dos tutores que promovem interação dos alunos, bem como as ações dos alunos que estão correlacionados. A Tabela 1 mostra tais atributos e o resultado das correlações em impacto nos atributos comportamentais dos alunos, obtidas em Fontes (2017).

---

5 Utilizou-se o conceito de nível de significância de um resultado, fazendo-se uso do conceito de hipótese nula. A hipótese nula ( $H_0$ ) simplesmente assume que um dado resultado estatístico foi obtido apenas por coincidência, devido a flutuações probabilísticas dos eventos medidos. Por outro lado, caso a hipótese nula seja rejeitada, o resultado não ocorreu por mera coincidência, e, portanto, deve-se aceitar a hipótese concorrente, que é chamada de hipótese alternativa ( $H_1$ ).

<sup>6</sup> Aumenta fortemente a participação do aluno (Se  $1.0 \leq r \leq 0.5$ );

<sup>7</sup> Aumenta moderadamente a participação do aluno (Se  $0.3 \leq r \leq 0.5$ ).

<sup>8</sup> Aumenta levemente a participação do aluno (Se  $0.1 \leq r \leq 0.3$ ).

Tabela 1: Atributos comportamentais dos tutores e seus impactos nos atributos dos alunos (FONTES, 2017).

<b>Atributos dos tutores</b>	<b>Impacto nos atributos dos alunos</b>
Média de postagens em chats	O aumento de postagens dos tutores nos chats tende a: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumentar fortemente as postagens dos alunos nos chats.</li> </ul>
Média de postagem em tópicos	O aumento de postagens dos tutores nos tópicos dos fóruns tende a: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumentar moderadamente a participação dos alunos nos questionários;</li> <li>• Aumentar moderadamente as postagens dos alunos nos chats; e</li> <li>• Aumentar levemente a criação de tópicos nos fóruns por parte dos alunos.</li> </ul>
Número de arquivos criados	O aumento de arquivos criados pelos tutores tende a: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumentar moderadamente a participação dos alunos nos questionários.</li> </ul>
Números de cliques	O aumento de cliques dos tutores na disciplina tende a: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumentar moderadamente a participação dos alunos nos questionários;</li> <li>• Aumentar moderadamente a visualização dos alunos nas páginas; e</li> <li>• Aumentar levemente a submissão de tarefas por parte dos alunos.</li> </ul>
Número de questionários criados	O aumento de questionários criados pelos tutores tende a: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumentar fortemente a visualização dos alunos nas páginas;</li> <li>• Aumentar moderadamente a participação dos alunos nos questionários; e</li> <li>• Aumentar moderadamente a submissão de tarefas por parte dos alunos.</li> </ul>
Número de tarefas avaliadas	O aumento de tarefas avaliadas pelos tutores tende a: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumentar moderadamente a participação dos alunos nos questionários; e</li> <li>• Aumentar moderadamente a visualização dos alunos nas páginas.</li> </ul>
Número de tarefas criadas	O aumento de tarefas criadas pelos tutores tende a: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumentar levemente as postagens dos alunos nos chats.</li> </ul>
Número de tópicos criados	O aumento de tópicos nos fóruns criados pelos tutores tende a: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumentar moderadamente a criação de tópicos nos fóruns por parte dos alunos;</li> <li>• Aumentar levemente a visualização dos alunos nos tópicos dos fóruns;</li> <li>• Aumentar levemente os cliques dos alunos na disciplina; e</li> <li>• Aumentar levemente as postagens dos alunos nos chats.</li> </ul>
Número de URLs criadas	O aumento de URLs criadas pelos tutores tende a: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumentar fortemente a visualização dos alunos nas páginas;</li> <li>• Aumentar moderadamente a participação dos alunos nos questionários;</li> <li>• Aumentar moderadamente a submissão de tarefas por parte dos alunos; e</li> <li>• Aumentar levemente a visualização dos alunos nos tópicos dos fóruns.</li> </ul>
Taxa de fóruns visualizados	O aumento de fóruns visualizados pelos tutores tende a: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumentar moderadamente a participação dos alunos nos questionários; e</li> <li>• Aumentar moderadamente os cliques dos alunos na disciplina.</li> </ul>

Taxa de tópicos visualizados	<p>O aumento de tópicos dos fóruns visualizados pelos tutores tende a:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumentar moderadamente a participação dos alunos nos questionários;</li> <li>• Aumentar levemente os cliques dos alunos na disciplina; e</li> <li>• Aumentar levemente a submissão de tarefas por parte dos alunos.</li> </ul>
------------------------------	--

Uma vez obtidos os atributos e suas correlações (FONTES, 2017), a autora conseguiu medir o desempenho do tutor. Para isso, a autora criou uma equação de média ponderada que levou em consideração as vinte e sete correlações encontradas. Por fim, conseguiu-se calcular o desempenho do tutor em cada atributo analisado (em relação ao desempenho dos demais tutores), por meio de técnicas de aprendizado de máquina não supervisionado *K-Means* e *Farthest Fist*, utilizando-se de critérios da distância euclidiana para o *K-Means* entre os centroides, tendo sido definido o número 3 de clusters para as técnicas, ou seja, foram criados 3 agrupamentos que se refere a categoria dos que tiveram desempenho ruim, desempenho moderado e desempenho bom.

Uma vez explicada a obtenção dos atributos dos tutores, como é medido o seu impacto, e como é realizada sua avaliação, agora é apresentado o funcionamento do agente desenvolvido. A Figura 1 ilustra como funciona todo o processo. Como pode ser visto na Figura 1, o agente desenvolvido recebe informações do Sistema MONITUM (FONTES, 2017), que são: a avaliação por atributo dos tutores; e grau de impacto do atributo. Com essas informações, o agente busca no seu modelo de conhecimento (Ontologia demonstrada na Subseção 6.4) as estratégias mais adequadas para aquele tutor, baseado no impacto do atributo avaliado.

Por fim, foi criado um sistema web para amostragem (Demonstrado na Subseção 7.2) dos resultados do agente. Com isso, o tutor pode visualizar as estratégias recomendadas por atributo (Como mostra a Figura 1), e dar “likes” e “deslikes” em cada uma delas. Esse sistema pode também servir como interface padrão para qualquer *plugin* que venha a utilizar o agente desenvolvido, como discutido na Subseção 7.2.

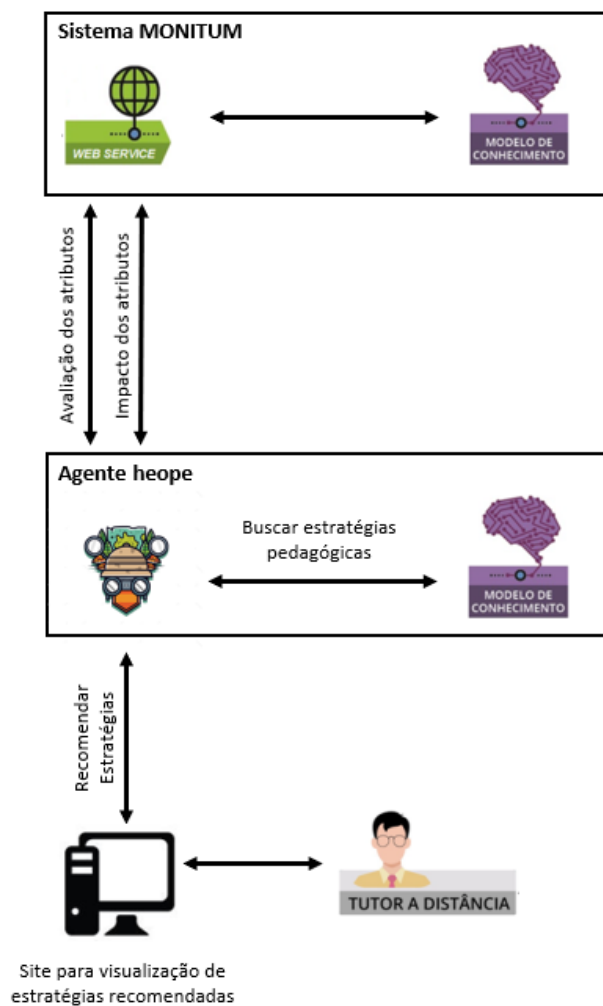


Figura 1: Arquitetura Geral.

É importante salientar que todo o trabalho desde o que foi desenvolvido por Fontes (2017) para o presente, utilizou-se da mesma base de dados histórica, que foi cedida por uma universidade pública. Essa base de dados contém três anos de EaD da instituição e nela foi possível correlacionar a informação de 38 tutores a distância e 2.227 alunos. Assim, foi possível identificar os tutores e atributos que promovem ação dos alunos, avaliá-los. A partir disso, utilizando parte dos resultados obtidos no trabalho já mencionado, foi possível simular a atuação do agente recomendados as estratégias pedagógicas.

## 6.2 Levantamento das Estratégias Pedagógicas

As estratégias pedagógicas que serão recomendadas pelo agente, foram obtidas por meio de uma RSL e pela aplicação de questionários com pessoas da área da educação (tanto da modalidade a distância quanto na tradicional). Esse processo se deu durante o mês de outubro de 2019 por intermédio da ferramenta *Google Forms*. Foram obtidas 19 respostas, de diferentes profissionais das áreas de licenciatura que trabalham com EaD ou que fazem pós-graduação em ensino, em uma universidade pública federal. Os entrevistados possuem, em sua maioria, mais de 10 anos de experiência como docente ou tutor. Vale salientar também que estratégias foram formuladas baseando-se na utilização das ferramentas de interação, bem como pelos atributos levantados em Fontes (2017).

As seguintes estratégias são uma amostra das estratégias levantadas pela RSL e os questionários, classificadas por ferramenta de interação utilizada:

### 1. Fóruns:

- Usar o fórum ou tópico para criar questões desafios (obtida através do questionário aplicado com profissionais da área). Essas questões podem ser criadas levando em consideração diversos pontos, que são eles:
  - Como instrumento para revisão de prova, que poderia ajudar o aluno a fixar melhor o conteúdo, bem como promover o debate entre outros alunos;
  - Como base em assuntos mais críticos, onde os alunos estão tendo mais dificuldade, isso ajudaria numa melhor fixação do conteúdo;
  - Criar questões referentes a conteúdos já vistos, ou seja, que são pré-requisitos para o conteúdo que está sendo dado. Isso poderia promover o debate prévio e a construção do conhecimento coletivo.
  - Para incentivar os alunos a responderem as questões-desafios, o tutor poderia:
    - Atribuir pontuação ao aluno que participa da atividade;
    - Elaborar questões simples, que demandassem respostas rápidas e com base nos *feedbacks* recebidos;
    - Usar algumas questões discutidas em provas;
    - Manter um *feedback* contínuo com os alunos, perguntando se entenderam, trazendo vídeos, matérias, etc.;
    - Conscientizar os alunos a participarem, mostrando a importância da atividade;
    - Deixar prazos de forma clara;
  - Ao responder um questionamento no fórum decorrente de um aluno que procurou o tutor em particular, é importante manter o sigilo do aluno. Isso o deixará mais livre para o debate.

### 2. Chat:

- Criar *chats* para discussão em grupos (obtida através da RSL). Ao criar um *chat* para discussão em grupo, é interessante o tutor:
  - Consultar a disponibilidade dos alunos, selecionando os que tem disponibilidade em comum;
  - Misturar os alunos que interagem menos com os que interagem mais;
  - Misturar alunos com níveis de aprendizagem diferentes, instigando a aprendizagem colaborativa;
  - Publicar o horário e deixar gravado para acesso posterior.

### 3. Tarefas:

- Manter um prazo fixo para a correção das tarefas (obtida através do questionário aplicado com profissionais da área):
  - Se as tarefas foram semanais, tomar cuidado para não acumular avaliações. É recomendável que as avaliações sejam feitas na semana vigente do fechamento da tarefa;
  - Manter tarefas por avaliar, além de acumular trabalho, pode gerar uma certa ansiedade da turma. Portanto, deve-se evitar tal situação.

#### 4. URL:

- Criar URL para promover a utilização de recursos educacionais abertos (obtida através da RSL). Para criar essas URLs é importante o tutor:
  - Visitar o site de recursos educacionais com licença aberta “<https://relia.org.br/>”;
  - Procurar por recursos que de fato colaborem para compreensão de um assunto abordado;
  - Dependendo do recurso escolhido, descrever para o aluno como seria sua utilização e o porquê de o aluno utilizá-lo:
    - Pode ser postando um vídeo mostrando como utilizar tal recurso;
    - Tutorial escrito com passo a passo, ilustrado com imagens.

#### 5. Questionários:

- Utilizar o questionário como simulado para provas (obtida através do questionário aplicado com profissionais da área). Para isso o tutor deve:
  - Elaborar o questionário com questões alinhadas ao perfil da prova;
  - Ser objetivo nas perguntas;
  - Ser flexível ao estipular um tempo de resposta, tentando balancear sempre o tempo com a complexidade e a quantidade de questões;
  - Bonificar o aluno com ponto extra na prova.

#### 6. Tarefas:

- Criar tarefas conforme a necessidade de melhorar o rendimento da turma (obtida através do questionário aplicado com profissionais da área). Para isso o tutor deve:
  - Estipular a quantidade de atividades por unidade;
  - Frisar conteúdos com maior dificuldade, identificando em debates entre os alunos e o desempenho em tarefas anteriores do mesmo conteúdo;
  - Ao criar as tarefas, deve-se preocupar em não sobrecarregar o aluno.

### 6.3 Modelagem do Agente de *Software*

Para ilustrar o funcionamento do agente de software proposto, foram escolhidos dois modelos da metodologia MAS-COMMONKADS++ (OLIVEIRA, 2010): o modelo de recurso e objetos e o modelo de interação.

#### 6.3.1 *Modelo de Recursos e Objetos*

O objetivo dessa modelagem é demonstrar os recursos e objetos utilizados para que o agente cumpra com o seu objetivo. Sendo assim, nesse modelo há dois recursos (*MySQL* e *Ontology*) e dois objetos. O objeto *JDBCManager* representa as classes responsáveis pela conexão e comunicação com o banco de dados MySQL. Já o objeto *OntologyManagerOWLAPI* representa todas as classes responsáveis pela inserção de informações na ontologia, bem como todo o gerenciamento da mesma, com suas respectivas inferências. A Figura 2 ilustra o modelo de Recurso e Objetos.

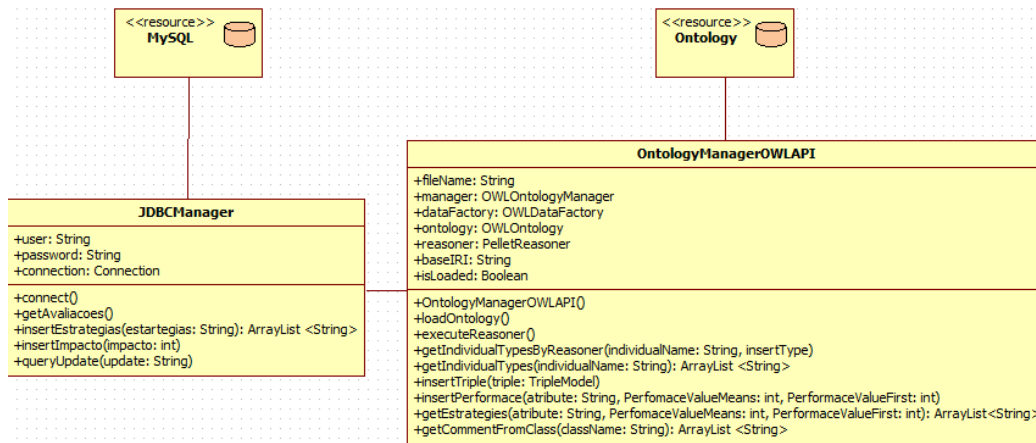


Figura 2: Modelo de Recursos e Objetos.

### 6.3.2 Modelo de Interação

O segundo modelo adotado representa a interação do agente com os recursos para que ele possa realizar todas as tarefas, a fim de complementar seu principal objetivo, que é a recomendação das estratégias pedagógicas. A Figura 2 apresenta o modelo de interação do agente proposto.

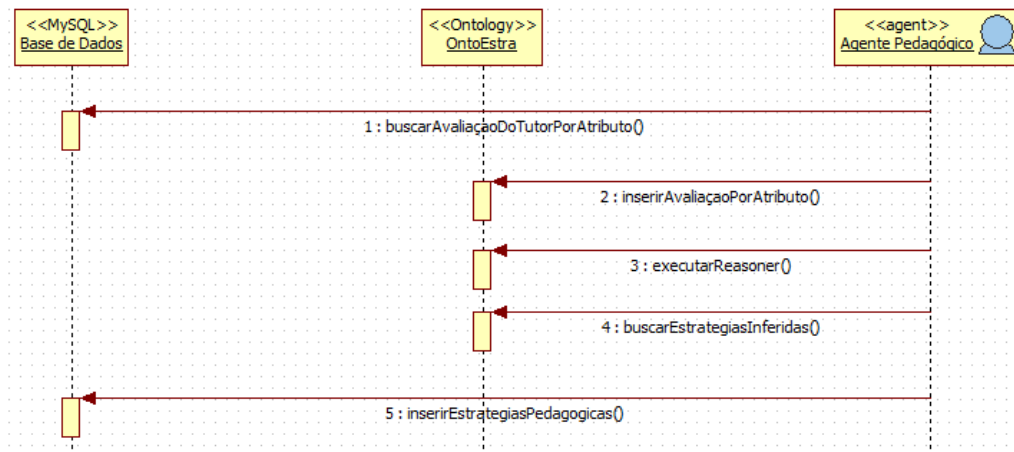


Figura 3: Modelo de Interação.

Como foi explicado anteriormente, o agente trabalha com informações vindas de outros trabalhos, sendo assim, o primeiro passo será buscar as avaliações dos tutores por atributo (ações que promovem interação com alunos). Essa informação é resultado de um processo de agrupamento (não supervisionado), onde foram utilizados dois algoritmos (*K-Means* e o *Farthest First*). Esse processo agrupa as avaliações em 3 grupos (Ruim, Moderado e Bom), todos representados por um número inteiro e guardados no banco de dados.

O segundo passo é inserir essas informações na ontologia. O terceiro passo é ativar o *Reasoner*. No passo seguinte, são buscadas as estratégias inferidas para cada atributo avaliado e, por fim, o passo cinco é inserir essas estratégias no banco de dados para posterior exibição na interface para os tutores.

## 6.4 Modelo de Conhecimento (Ontologia)

A ontologia proposta neste trabalho tem o intuito de inferir estratégias pedagógicas a partir da avaliação do desempenho das ações do tutor. As informações contidas na ontologia foram retiradas da aplicação de um questionário e de uma RSL, conforme descrito na Subseção 6.2.

As subseções a seguir descrevem os passos para a construção da ontologia, considerando a metodologia adotada.

### 6.4.1 Definição de Domínio e Escopo

Seguindo-se a metodologia *Ontology Development 101*, primeiramente, definiu-se o domínio e escopo da ontologia. O domínio trata-se de classificar corretamente, a partir da avaliação do desempenho dos tutores, estratégias pedagógicas para promover interação dos alunos nas ferramentas de comunicação em AVA. O escopo é auxiliar o tutor a promover maior interação dos alunos nas ferramentas de comunicação nos AVA, fornecendo estratégias pedagógicas para isso. Para esta ontologia, definiu-se a seguinte questão de competência, ou seja, o que ela deverá responder:

- QC1. A partir do desempenho do tutor, quais são as estratégias pedagógicas indicadas para melhorar sua interação no AVA e como realizá-las?

### 6.4.2 Enumeração de Termos

Essa etapa da metodologia compreende a enumeração de termos importantes da ontologia. Os principais termos enumerados foram as estratégias pedagógicas que podem ser utilizadas para promover a interação em AVA, as ações dos tutores, e onde, a partir do seu desempenho, irão ser inferidas as estratégias referidas. Os termos da ontologia proposta foram definidos em Português, por ser a língua nativa dos tutores que futuramente utilizarão o sistema.

### 6.4.3 Definição de Classes e Hierarquia de Classes

A presente etapa foi executada na ferramenta Protégé, a qual possibilitou a criação das classes. Na presente ontologia, foram definidas, ao todo, 47 classes para representar o domínio do problema. Seguindo-se a abordagem *top-down*, definiu-se três classes gerais:

- *Estrategias* – Contém as classes representando o nome das estratégias pedagógicas levantadas. A classe contém 30 subclasses definidas<sup>9</sup> e o seu conteúdo.
- *Desempenho* – Contém três subclasses definidas que representam a classificação do desempenho do tutor (Baixo, Bom e Moderado), isso é medido conforme o intervalo de números estabelecido nos clusters realizado no trabalho de Fontes (2017).
- *Acoes* – Contém 11 subclasses primitivas<sup>10</sup> que representam as ações dos tutores que, conforme Fontes (2017), promovem interação dos alunos em AVA.

A Figura 4 ilustra a hierarquia de classes da ontologia proposta.

---

<sup>9</sup> Definem conceitos e podem classificar outras classes, sejam primitivas ou definidas.

<sup>10</sup> Definem conceitos sem classificar outras classes.



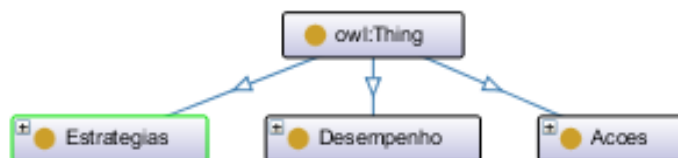


Figura 4: Hierarquia de Classes construída na ferramenta Protegé.

Da superclasse *Estrategia* (que contém 30 subclasses definidas), optou-se em detalhar a subclasse *CriarURLComFinalidadeDeIntegraçãoDeFerramentasOnlineAoMoodle*. Conforme pode ser visto na Figura 5, no quadro vermelho tem-se a estratégia levantada e que será inferida, e, no quadro azul, tem-se o axioma que representa a ação na qual a referida estratégia pertence, isto é, *NumeroDeURLsCriadas*, e os desempenhos nos quais ela será inferida. Por exemplo, se o tutor teve desempenho moderado ou ruim no atributo “NumeroDeURLsCriadas”, a ontologia irá inferir essa estratégia ou outras, referentes a este atributo.

Figura 5: Estrutura da subclasse "CriarURLComFinalidadeDeIntegraçãoDeFerramentasOnlineAoMoodle".

Já a classe *Desempenho* serve para classificar o desempenho do tutor (Bom, Moderado ou Ruim) em relação aos respectivos atributos/ações que estão definidos na classe *Acoes*.

A Figura 6 ilustra os axiomas das classes que classificam o desempenho do tutor. Lembrando que essa função já é realizada pelo trabalho de Fontes (2017), porém, ontologicamente, é preciso classificar o desempenho por atributo para poder inferir as estratégias pedagógicas. Como a avaliação do atributo é classificada por dois algoritmos de classificação (*Fisrt-Fast* e *K-Means*), a ontologia recebe essas avaliações com números inteiros de 0 a 2 que representam o *cluster* de avaliação retornado pelos algoritmos:

- Bom: Quando a avaliação é classificada como “bom”, essa avaliação fica no *cluster*<sup>11</sup> “0” do algoritmo de classificação. Esse dado é repassado para ontologia, para definir que o tutor teve boa avaliação;

<sup>11</sup> Agrupamento de dados com a mesma característica.

- Moderado: Quando a avaliação é classificada como “Moderado”, essa avaliação fica no *cluster* “1” do algoritmo de classificação. Esse dado é repassado para ontologia, para definir que o tutor teve avaliação moderada;
- Ruim: Quando a avaliação é classificada como “Ruim”, essa avaliação fica no *cluster* “2” do algoritmo de classificação. Esse dado é repassado para ontologia, para definir que o tutor teve avaliação ruim.

A partir desses dados, tratados pelos axiomas descritos na Figura 6, a ontologia poderá classificar o desempenho do tutor e, conseqüentemente, recomendar a estratégia.

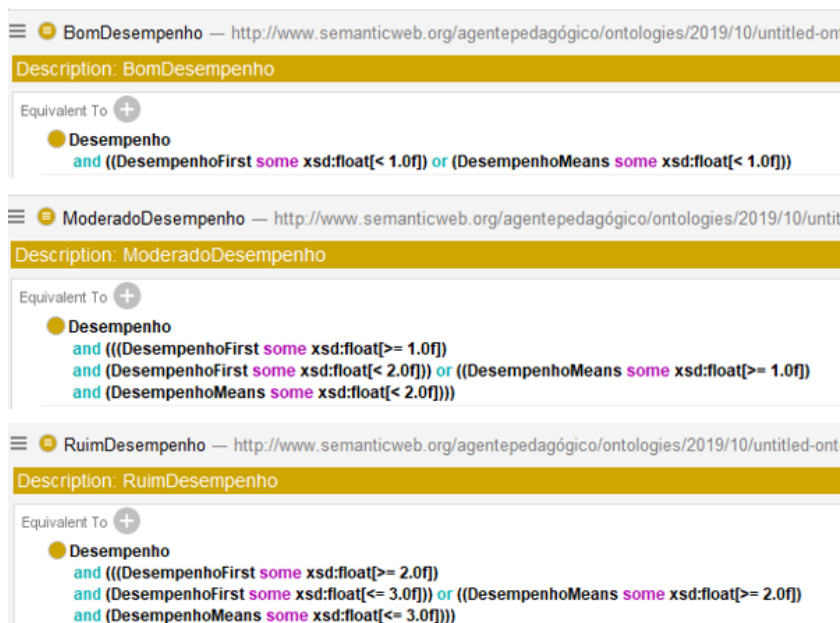


Figura 6: Especificação da subclasse “BomDesempenho”.

Por fim, nas classes primitivas da classe *Acoes*, são representados os atributos dos tutores, levantados no trabalho de Fontes (2017), que promovem interação dos alunos, e, são esses no qual sua avaliação implicará na recomendação das estratégias levantadas. A Tabela 2 mostra essas ações/atributos.

Tabela 2 - Classes da Superclasse *Acoes*

ClassesPrimitivas	Representação
<i>MediaDePostagensEmChats</i>	Representa o atributo Média de postagem em Chat pelo tutor.
<i>MediaDePostagensEmTopicos</i>	Representa o atributo Média de Postagens Tópicos por tutor.
<i>NumeroDeArquivosCriados</i>	Representa o atributo Número de Arquivos Criados por tutor.
<i>NumeroDeCliques</i>	Representa o atributo Número de Cliques por tutor
<i>NumeroDeQuestionariosCriados</i>	Representa o atributo Número de Questionários Criados por tutor.
<i>NumeroDeTarefasAvaliadas</i>	Representa o atributo Numero de Tarefas Avaliadas por tutor.

<i>NumeroDeTarefasCriadas</i>	Representa o atributo Numero de Tarefas Criadas por tutor
<i>NumeroDeTopicosCriados</i>	Representa o atributo Número de Tópicos Criados por tutor
<i>NumeroDeURLsCriadas</i>	Representa o atributo Número de URLs Criadas por tutor
<i>TaxaDeForunsVisualizados</i>	Representa o atributo Número de Fóruns Visualizados por tutor.
<i>TaxaDeTopicosVisualizados</i>	Representa o atributo Número de Tópicos Visualizados por tutor.

#### 6.4.4 Definição das Propriedades de Classes

As propriedades representam relacionamentos entre classes ou indivíduos. Para a ontologia proposta, foram especificadas duas propriedades do tipo *ObjectProperty* e duas propriedades inversas, conforme descrito na Tabela 3.

Tabela 3: - *Object Properties* da ontologia proposta.

Propriedade	Descrição	Domínio	Imagem
<i>EEstrategiaDe</i>	Propriedade que permite associar uma estratégia à sua respectiva ação.	<i>Estrategias</i>	<i>Acoes</i>
<i>TemEstrategia</i>	Propriedade inversa de <i>EEstrategiaDe</i> , que permite associar uma ação a sua respectiva estratégia.	<i>Acoes</i>	<i>Estrategias</i>
<i>TemDesempenho</i>	Propriedade que permite associar uma ação ao seu desempenho.	<i>Acoes</i>	<i>Desempenho</i>
<i>EDesempenho</i>	Propriedade inversa de <i>TemDesempenho</i> , que permite associar um desempenho a uma ação.	<i>Desempenho</i>	<i>Acoes</i>

Também foram especificadas sete propriedades do tipo *DataProperty*, que são utilizadas para relacionar as ações dos tutores com seus respectivos desempenhos, bem como o impacto de cada ação. Essa informação classifica os atributos em Bom (entrada 0), Moderado (entrada 1) e Ruim (Entrada 2). A Tabela 4 descreve cada *Data Property*.

Tabela 4: *Data Properties* da ontologia proposta.

Propriedade	Descrição	Domínio	Imagem
<i>DesempenhoMeans</i>	Propriedade que permite associar o desempenho com o valor que ele representa.	<i>Desempenho</i>	<i>Xsd:float</i>
<i>DesempenhoFirst</i>	Propriedade que permite associar o desempenho com o valor que ele representa.	<i>Desempenho</i>	<i>Xsd:float</i>
<i>TemImpacto</i>	Propriedade que permite associar uma ação ao grau de impacto dela.	<i>Acoes</i>	<i>Xsd:int</i>

Vale salientar que a propriedade *TemImpacto* foi determinada pelo trabalho de Fontes (2017) e apenas remodelada ontologicamente, para uma melhor operação. Essa propriedade modela quanto impacto cada atributo do tutor tem no atributo dos alunos, conforme foi explicado na Tabela 1 da Subseção 6.1. A propriedade *TemImpacto* trata da quantidade de estratégias que serão recomendadas para o atributo/ação do tutor avaliada (caso for Ruim ou Moderada).

### 6.4.5 Criação de Instâncias

Nessa etapa criou-se várias instâncias que servem de suporte no momento da inserção do indivíduo ação e suas respectivas avaliações. Na presente etapa do projeto, a ontologia conta com 11 indivíduos que representam as classes de atributos do tutor, além de algumas criadas para testes (3 indivíduos).

Para cada subclasse de *Acoes*, foi criado um indivíduo para representá-la e facilitar o funcionamento da ontologia.

## 7 Resultados

Nesta seção são apresentados os resultados obtidos. Primeiramente, é demonstrada a validação da ontologia (Subseção 7.1), seguida da criação de um sistema para mostrar aos especialistas os resultados promovidos pelo agente (Subseção 7.2).

### 7.1 Validação da Ontologia Proposta

A etapa de validação da ontologia consiste na verificação de sua completude e consistência, analisando se atende aos requisitos nela propostos. A verificação levou em consideração os aspectos de completude e consistência da ontologia. Para essa ontologia, a validação foi realizada de forma teórica em cenários hipotéticos.

A consistência é verificada a partir dos *reasoners* presentes na ferramenta Protégé. Entre os diferentes *plug-ins* disponibilizados, foi utilizado o HermiT 1.4.3.456. Ao executar o *reasoner*, foi notado que as classes inferidas continuaram iguais as classes definidas, mostrando assim que as classes da ontologia estão consistentes e não apresentam nenhum erro que cause comportamento anormal ou inconsistência delas. A Figura 7 ilustra as classes definidas e inferidas.

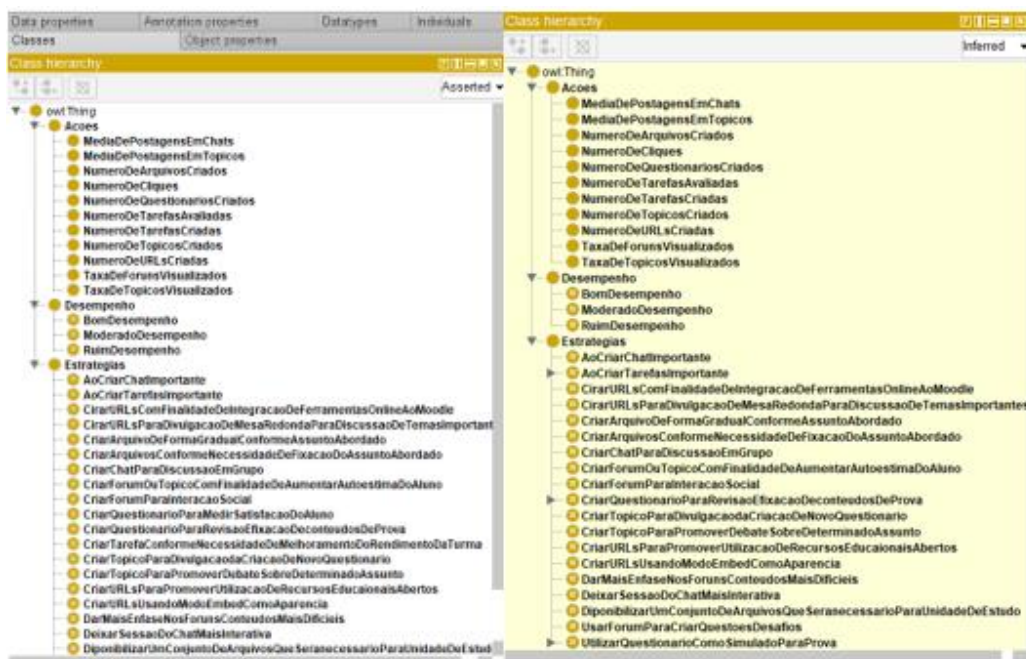


Figura 7: (a) Hierarquia de classes definidas; (b) Hierarquia de classes inferidas.

Verificou-se também que as *data properties* e as *object properties* permaneceram com suas hierarquias definidas iguais as inferidas. Isso indica que há consistência dessas propriedades, não

havendo classificações erradas desses elementos. A Figura 8 ilustra a hierarquia das *object properties* e *data properties* definidas e inferidas.

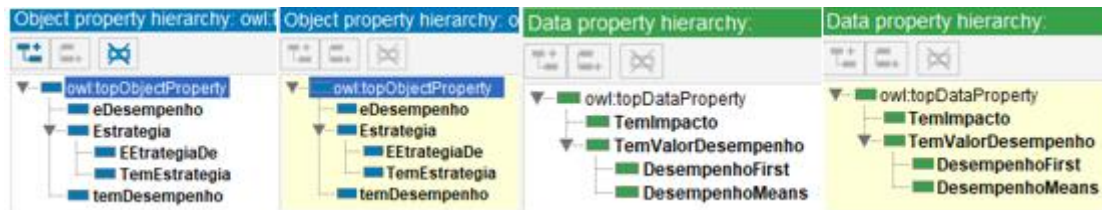


Figura 8: a) Modelo definido *object properties*; b) Modelo inferido das *object properties*; c) Modelo definido das *dataproperties*; d) Modelo inferido das *dataproperties*.

Seguindo o passo a passo da validação da ontologia, verificou-se a completude da ontologia, ou seja, se ela responde as questões de competência definidas. A questão de competência levantada (QC1), indagava: *A partir da avaliação do tutor, quais são as estratégias pedagógicas indicadas para o tutor melhorar a interação dentro do AVA?*

Para verificação desta questão, foram criados três indivíduos para representar a consulta na ontologia: *Atributo*, *DesempenhoAtributo*, *EstrategiaIndividual*. Essa consulta se dá com os seguintes passos:

- O indivíduo *Atributo* representa a ação do tutor no qual será analisado para a recomendação da estratégia. Ou seja, o agente passa para ontologia o parâmetro do atributo a ser avaliado. A Figura 9.a ilustra a inferência.
- O indivíduo *DesempenhoAtributo* possui a avaliação do atributo vindo do trabalho de Fontes (2017). Ou seja, o agente passa essa informação para a ontologia, com base no que já foi pesquisado no trabalho citado, por meio dos valores das *data property* (*DesempenhoMeans* e *DesempenhoFirst*). Por fim, a ontologia classifica o desempenho que, se for Moderado ou Ruim, será recomendado o conjunto de estratégias. A Figura 9.b ilustra a inferência.
- Por fim, o indivíduo *EstrategiaIndividual* representa a inferência no conjunto de estratégias sugeridas pela ontologia para o atributo e a sua avaliação. A Figura 9.c ilustra a inferência.

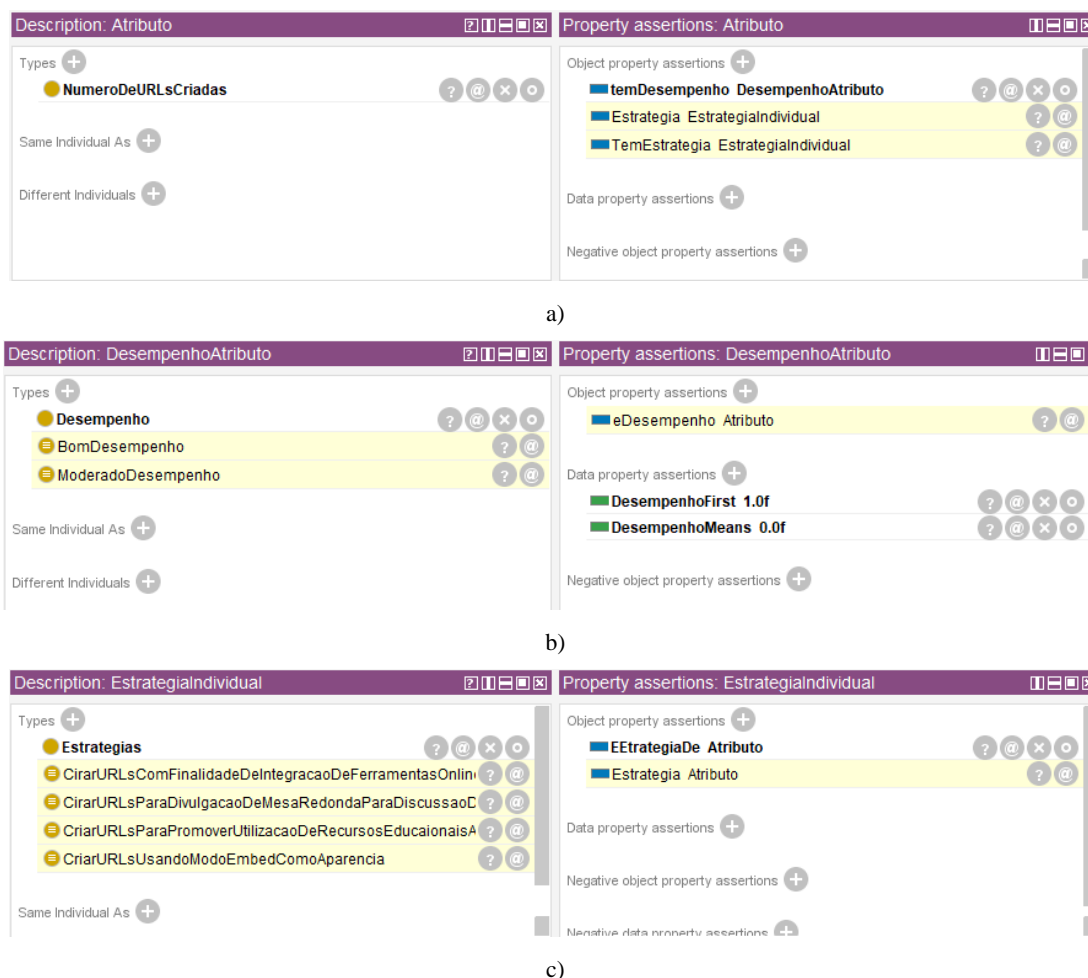


Figura 9: a) Resultado a inferência do *Atributo*; b) Resultado da inferência do *DesempenhoAtributo*; c) Resultado da inferência da *EstrategiaIndividual*.

Para apresentar os resultados, bem como o conteúdo da estratégia recomendada, foi criada uma aplicação *web*. Essa aplicação teve como finalidade validar o agente junto aos tutores, uma vez que não se conseguiu integrá-lo ao sistema desenvolvido por Fontes (2017) e, conseqüentemente, a um AVA. A próxima subseção descreverá o desenvolvimento dessa aplicação.

## 7.2 Aplicação Desenvolvida para Amostragem dos Resultados do Agente

No intuito de ajudar na amostragem das estratégias pedagógicas recomendadas pelo agente aos tutores, foi desenvolvida uma aplicação *web*.

Na tela inicial, o tutor poderá selecionar uma turma e um tutor para visualizar sua avaliação nos atributos (ações) nos quais há impacto de interação dos alunos e as recomendações geradas pelo agente. As turmas escolhidas para essa amostragem não são fictícias, já que elas fazem parte de um banco de dados histórico cedido por uma universidade pública. Tanto esse trabalho como os anteriores utilizaram os mesmos dados históricos. Esse passo é ilustrado pelas Figuras 10 e 11.

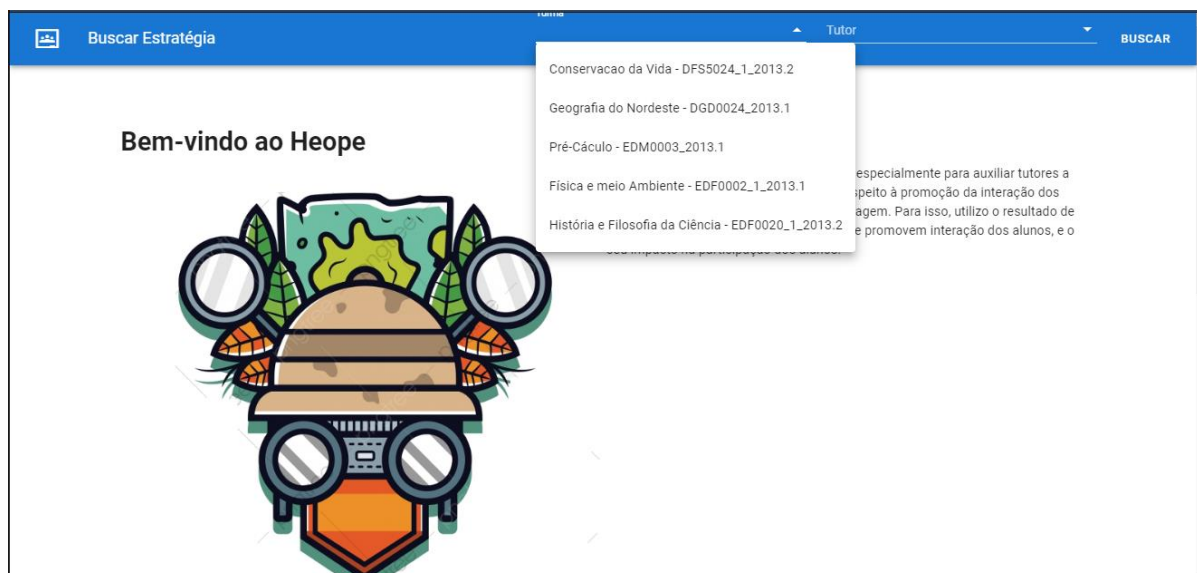


Figura 10: Escolha da turma.

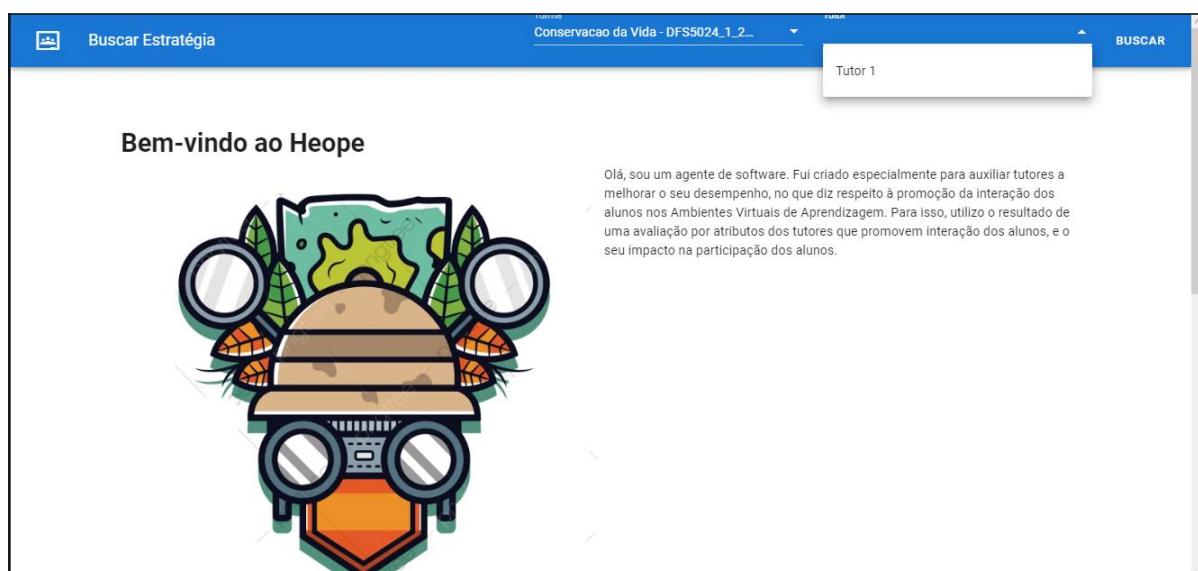


Figura 11: Escolha do tutor.

Após escolher a turma e o tutor a ser trabalhado pelo agente, basta clicar no botão “buscar” que o agente começa a atuar. Serão buscados os atributos (ações) dos tutores, suas avaliações e o impacto daqueles atributos na interação dos alunos. Sendo assim, o agente recomendará as estratégias adequadas para cada atributo (ações) e suas respectivas ferramentas de atuação. A Figura 12 ilustra esse resultado.



Figura 12: Resultado da recomendação do agente para atributo classificado como Moderado ou Ruim.

A tela ilustrada na Figura 13, está dividida da seguinte forma:

- Vermelho: Atributos (ações) dos tutores que promovem interação que são avaliados, descoberto por Fontes (2017) após analisar uma base histórica de 10 anos de informações;
- Verde: Resultado da avaliação daquele atributo, realizado por Fontes (2017), por meio de técnica de aprendizado de máquina não supervisionado *K-Means* e *Farthest First*;
- Preto: Impacto do atributo (ação) avaliado nos atributos de interação dos alunos, também realizado por Fontes (2017), obtido por meio de cálculos matemáticos que conseguem identificar o grau de relação entre duas variáveis (coeficiente de correlação de Pearson);



- Laranja: Estratégias recomendadas pelo agente, levando em consideração todas as informações dos pontos anteriores. Tais estratégias foram levantadas por meio de questionários aplicados com tutores e profissionais da área e por meio de uma RSL.

Como ilustra a Figura 18, o atributo avaliado como moderado ou ruim recebe por parte do agente as estratégias sugeridas, a quantidade dessas estratégias é delimitada pelo impacto do atributo, que é representado na figura no quadrado preto. Isso se repete para todos os 11 atributos analisados. Por fim, o agente define a ordem de exibição das estratégias para o tutor pela diferença do número de “likes” e “deslikes”, ou seja, a estratégia que tiver maior número de “likes” e menor “deslikes” é exibida primeiro ao tutor, e assim sucessivamente. Ressalta-se que os “likes” não influenciam na recomendação das estratégias.

Por fim, caso o atributo avaliado seja considerado “Bom” nos dois algoritmos utilizados para essa medição, o agente exibe uma mensagem de parabéns, como ilustra a Figura 13.



Figura 13: Recomendação para atributo avaliado como bom.

## 8 Conclusões

Este trabalho apresentou a construção de um agente de *software* capaz de recomendar estratégias pedagógicas a tutores a distância em AVA. Para a recomendação, o agente verifica qual o desempenho do tutor nos atributos (ações) que promovem interação nos AVA e no impacto (correlação) dos mesmos.

Para o levantamento do conteúdo das respectivas estratégias, foi realizada a aplicação de questionários com profissionais da área da EaD (tutores, professores e pesquisadores), bem como a realização de uma revisão sistemática da literatura.

O agente proposto foi validado com a inserção de dados históricos, simulando assim sua atuação. Esses dados foram cedidos por uma universidade pública e a base de dados contém 3 anos de dados históricos dessa instituição. Sendo assim, foi inserido para o agente a avaliação de tutores em 5 disciplinas. Essas avaliações continham o desempenho do tutor em cada PAR atributos/ações e seus respectivos impactos. A partir disso, o agente simulou as recomendações das estratégias para cada atributo avaliado como moderado ou ruim (como mostra a subseção 7.1).

Os resultados da simulação mostram a efetividade do agente, recomendando corretamente as estratégias. Isso também é mostrado na explicação da ferramenta (subseção 7.2).

Por fim, como trabalho futuro, pretende-se realizar a integração do agente ao sistema desenvolvido em Fontes (2017), bem como ao Moodle. Pretende-se também realizar uma nova avaliação da sua eficácia, bem como captar mais estratégias pedagógicas para alimentar o modelo de conhecimento.

## Agradecimentos

Aqui estende-se os agradecimentos a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), bem como à Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) e a Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN).

## Referências

- Barvinski, C., Ribeiro, A. C. R., Longhi, M., & Behar, P. A. (2017, October). Proposta de Modelo Socioafetivo de Aluno para a Recomendação de Estratégias Pedagógicas. *In Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)* (Vol. 28, No. 1, pp. 1637-1646). Recife, PE. doi: [10.5753/cbie.sbie.2017.1637](https://doi.org/10.5753/cbie.sbie.2017.1637) [GS Search]
- Behar, P. A., Passerino, L. M., & Bernardi, M. (2007). Modelos Pedagógicos para Educação a Distância: pressupostos teóricos para a construção de objetos de aprendizagem. *RENOTE: revista novas tecnologias na educação [recurso eletrônico]*. Porto Alegre, RS. doi: [10.22456/1679-1916.14242](https://doi.org/10.22456/1679-1916.14242) [GS Search]
- Brasil. (2017). Decreto nº 9.057, de 25 de maio de 2017. Regulamenta o art. 80 da Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. *Diário Oficial da União*. [GS Search]
- Breitman, K. K. (2000). *Web semântica: a internet do futuro*. Grupo Gen-LTC.
- Bremgartner, V., Netto, J. F., & de Menezes, C. (2015, October). Explorando arquiteturas pedagógicas recomendadas por meio de agentes e ontologia de modelo do aluno em ambientes virtuais de aprendizagem. *In Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)* (Vol. 26, No. 1, pp. 1157-1166). doi: [10.5753/cbie.sbie.2015.1157](https://doi.org/10.5753/cbie.sbie.2015.1157) [GS Search]
- Cohen, Jacob (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. 2ª Edição. Routledge. Nova York. [GS Search]
- Dickinson, Ian (2009), *Jena Ontology API*, Acesso em: 14 dez 2018. URL: <http://jena.apache.org/>
- dos Santos, V. C. (2018). Agentes inteligentes na educação a distância: uso de sistemas tutores inteligentes como auxiliares no estabelecimento da comunicação dialógica. *LínguaTec*, v.3, n.2. doi: [10.35819/linguatec.v3.n2.a3286](https://doi.org/10.35819/linguatec.v3.n2.a3286) [GS Search]
- Fontes, Laysa Mabel de Oliveira (2017). MONITUM: um sistema proativo para monitoramento e avaliação das atividades de tutoria a distância em AVAs. 139f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica e de Computação) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/23310>. Acessado em 05 mai. 2018. [GS Search]

- Grube, T. (1993). *What is an Ontology*. Disponível em [https://queksiewkhoon.tripod.com/ontology\\_01.pdf](https://queksiewkhoon.tripod.com/ontology_01.pdf). Acesso em: 14 dez 2018.
- Inep, Ministério da Educação. (2019). Notas Estatísticas – Censo da Educação Superior 2018., Brasília. Disponível em: [https://download.inep.gov.br/educacao\\_superior/censo\\_superior/documentos/2019/censo\\_da\\_educacao\\_superior\\_2018-notas\\_estatisticas.pdf](https://download.inep.gov.br/educacao_superior/censo_superior/documentos/2019/censo_da_educacao_superior_2018-notas_estatisticas.pdf). Acesso em: 10 mai. 2020
- Masetto, M. T. (2012). Competência pedagógica do professor universitário. *Summus editorial*. São Paulo, SP. [GS Search]
- McKimm, J., Jollie, C., & Cantillon, P. (2003). ABC of learning and teaching: Web based. *BMJ*, 326, 870-873. [GS Search]
- Moodle. (2019). *Moodledocs*. Acesso em: 10 fer 2019. URL: [https://docs.moodle.org/310/na/Main\\_page](https://docs.moodle.org/310/na/Main_page)
- Morais II, M. J. O. (2010). Mas-CommonKads+: Uma extensão a metodologia Mas-CommonKads para suporte ao projeto detalhado de sistemas multiagentes racionais. *Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, Universidade Estadual do Ceará*, Fortaleza, Brasil. Disponível em: <http://www.uece.br/ppgcc/wp-content/uploads/sites/51/2020/02/MARCAL-JOSE-DE-OLIVEIRA-MORAIS-II.pdf>. Acessado em 06 jun. 2018. [GS Search]
- Noy, N. F., & McGuinness, D. L. (2001). Ontology development 101: A guide to creating your first ontology. Disponível em: [https://corais.org/sites/default/files/ontology\\_development\\_101\\_aguide\\_to\\_creating\\_your\\_first\\_ontology.pdf](https://corais.org/sites/default/files/ontology_development_101_aguide_to_creating_your_first_ontology.pdf). Acessado em 08 ago. 2018. [GS Search]
- Protégé. (2019). A free, open-source ontology editor and framework for building intelligent systems. Disponível em: <https://protege.stanford.edu/>. Acessado em 18 fev. 2019.
- Paiva, R., Bittencourt, I. I., & da Silva, A. P. (2013). Uma ferramenta para recomendação pedagógica baseada em mineração de dados educacionais. In *Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação* (Vol. 2, No. 1, pp. 111-120). doi: [10.5753/cbie.webie.2013.111](https://doi.org/10.5753/cbie.webie.2013.111) [GS Search]
- Paranhos, R., Figueiredo Filho, D. B., da Rocha, E. C., da Silva Júnior, J. A., Neves, J. A. B., & Santos, M. L. W. D. (2014). Desvendando os mistérios do coeficiente de correlação de Pearson: o retorno. *Leviathan* (São Paulo), (8), 66-95. [GS Search]
- Santana, M. A., dos Santos Neto, B. F., & de Barros Costa, E. (2014). Avaliando o uso das ferramentas educacionais no ambiente virtual de aprendizagem moodle. In *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)* (Vol. 25, No. 1, pp. 278-287). doi: [10.5753/cbie.sbie.2014.278](https://doi.org/10.5753/cbie.sbie.2014.278) [GS Search]
- Sevarac, Z., Devedzic, V., & Jovanovic, J. (2012). Adaptive neuro-fuzzy pedagogical recommender. *Expert Systems with Applications*, 39(10), 9797-9806. doi: [10.1016/j.eswa.2012.02.174](https://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.02.174) [GS Search]
- Silva, A., & Delgado, J. (1997). Agentes de software: conceitos e tecnologias. *Anais do Terceiro Encontro Nacional do Colégio de Engenharia Electrotecnica. Ordem dos Engenheiros*. Portugal. Disponível em: <http://isg.inesc-id.pt/alb/static/papers/1997/n6-as-encei-OE-1997.pdf>. Acessado em 08 ago.2019. [GS Search]
- Sridharan, B., Deng, H., & Corbitt, B. (2009, January). Na ontology-driven topic mapping approach to multi-level management of e-learning resources. In *ECIS 2009: Information systems in a globalising world: challenges, ethics and practices: Proceedings of the 2009 European Conference on Information Systems* (pp. 1294-1306). ECIS. Disponível em:

- <https://dro.deakin.edu.au/eserv/DU:30064201/sridharan-ontologydriven-2009.pdf>. Acessado em 10 set. 2019. [GS Search]
- Travassos, G., & Biolchini, J. (2007). Revisões sistemáticas aplicadas a engenharia de software. In *XXI SBES-Brazilian Symposium on Software Engineering*. João Pessoa, PB. Disponível em: [https://www.cin.ufpe.br/~in1037/leitura/sbes2007\\_revisaosistemica.pdf](https://www.cin.ufpe.br/~in1037/leitura/sbes2007_revisaosistemica.pdf). Acessado em 10 jan.2020. [GS Search]
- Uschold, M., King, M., Moralee, S., & Zorgios, Y. (1996). The enterprise ontology. *The knowledge engineering review*. University of Edinburgh. Edinburgh. Disponível em: [http://gcc.uni-paderborn.de/www/wi/wi2/wi2\\_lit.nsf/663247270b635985c1256bc900519bef/53d57c380a693e4c4125654c001eb686/\\$FILE/tr195-ent-ont.pdf](http://gcc.uni-paderborn.de/www/wi/wi2/wi2_lit.nsf/663247270b635985c1256bc900519bef/53d57c380a693e4c4125654c001eb686/$FILE/tr195-ent-ont.pdf). Acessado em: 10 abr. 2019. [GS Search]
- Vygotsky, L. S. (1978). Interação entre aprendizagem e desenvolvimento. *VIGOTSKI, LS.* (vol. 23, n. 3, p. 34-41). [GS Search]
- Weinberg, S. L., Abramowitz, S. K. *Data Analysis for the Behavioral Sciences Using SPSS*. Cambridge University Press, 2002. [GS Search]
- Wooldridge, M. (1999). Intelligent agntes. *Multiagent systems* (vol. 35, n. 4, p. 51). [GS Search]
- Zamboni, A., Thommazo, A. D., Hernandez, E. C. M., & Fabbri, S. C. P. F. (2010, September). StArt uma ferramenta computacional de apoio à revisão sistemática. In Proc.: *Congresso Brasileiro de Software (CBSOft'10)*, Salvador, Brazil (pp. 91-96). Disponível em: [http://lapes.dc.ufscar.br/tools/start\\_tool](http://lapes.dc.ufscar.br/tools/start_tool). Acessado em: 10 out. 2018. [GS Search]