

Um framework para concepção de Smart Learning Environments

Pedro David Netto Silveira^{1,3}, Davidson Cury¹, Crediné Silva de Menezes^{1,2}

¹Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) - PPGI - Vitória - ES

²Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) - PPGIE - Porto Alegre - RS

³Instituto Federal do Espírito Santo (IFES) - NI - Alegre - ES

Resumo: A consequência da imersão da sociedade na cultura digital, é uma tendência em avançarmos rumo a uma escola digital apoiada pela aprendizagem informal e personalizada. Os ecossistemas de aprendizagem, se devidamente fomentados, são um potencializador desta escola em meio a esse processo de transformação. Propomos neste artigo um framework para apoiar a modelagem de ambientes de aprendizagem inteligentes capazes de estimular as interações nos diversos ecossistemas que participamos e dessa forma favorecer a construção do conhecimento. Também apresentamos três instâncias do framework, a primeira para demonstrar a concepção de um ambiente inteligente de recomendações de nossa autoria para apoiar a aprendizagem enquanto as outras duas são para fins de validação, demonstrando que o framework é capaz de atender as especificações de sistemas previamente existentes que notadamente se comportem como um ambiente de aprendizagem inteligente.

Palavras-chave: Ecossistema de aprendizagem, Framework, Smart Learning Environment

A framework for designing Smart Learning Environments

Abstract: The result of the immersion of society in digital culture, is a tendency to move towards a digital school supported by informal and personalized learning. Learning ecosystems, if properly promoted, are an ally for this school in the midst of this transformation process. In this paper, we propose a framework to support the modeling of smart learning environments capable of stimulating interactions at the diverse ecosystems in which we participate and thus favor the knowledge construction. We also present three instances of the framework, the first to demonstrate the design of an intelligent recommendation environment of our authorship to support learning while the other two are for validation purposes, demonstrating that the framework is capable of meeting the specifications of previously existing systems that notably behave as an intelligent learning environment.

Key-words: Learning Ecosystem, Framework, Smart Learning Environments

1. Introdução

A cultura digital nos propõe a oportunidade de flexibilizar nossas interações. Estamos cada vez mais ambientados às facilidades dadas por nossos *smartphones* e computadores. Com movimentos simples, pagamos contas, escolhemos a melhor rota para um destino, interagimos. Nessas operações geramos diversos dados que poderão ser usados no futuro para melhorar o desempenho na realização de tarefas diversas. A educação e a forma como aprendemos também se beneficiarão disso.

Temos dirigido esforços para a pesquisa em ecossistemas de aprendizagem os quais, acreditamos que fornecerão a base conceitual para o uso de agentes sintéticos capazes de atuar como assistentes pessoais e coletivos de aprendizagem, não apenas na

escola, mas em diferentes contextos sociais e ao longo da vida. Em Silveira et al. (2019a) abordamos os limites da escola instrucionista e suas fragilidades para lidar com as mudanças que a educação sofrerá nesta década, dado que a personalização, a colaboração e a aprendizagem informal estarão terão papel destacado nos processos de aprendizagem da aprendizagem, potencializada pela ubiquidade das TICs. Esta percepção é corroborada pelo relatório prospectivo da Comissão Europeia sobre a aprendizagem em 2030 (Redecker et al, 2011).

Nosso empenho está em favorecer o processo de aprendizagem com o aporte ubíquo da tecnologia e da inteligência artificial para nos auxiliar a: (i) evitar tarefas desnecessárias, (ii) perceber onde focar em cada ecossistema sob análise, (iii) reunir e registrar os conhecimentos em produção nesses contextos e (iv) permitir a recuperação de informações de forma personalizada. Isto requer ferramentas inteligentes que estejam a serviço dos aprendentes, facilitando e gerenciando suas interações, dado que, numa ótica piagetiana, aprender não consiste apenas em copiar o real, mas em agir sobre ele e transformá-lo, dentro de um sistema de interações (Piaget, 2016). Quanto mais controle temos sobre este sistema de interações, mais podemos potencializar a aprendizagem.

Propomos então, um framework para auxiliar a concepção e modelagem de ambientes inteligentes para aprendizagem (Smart Learning Environments - SLE). Estes sistemas destinam-se a gerenciar nossas interações e favorecer a reunião de dados espalhados, possibilitando perceber e trabalhar os elementos de ecossistemas de aprendizagem de forma integrada, e assim apoiar a construção do conhecimento.

O artigo está organizado da seguinte forma: a Seção 2 contém a fundamentação teórica; na 3 apresentamos alguns trabalhos correlatos; na 4 falamos sobre o contexto de atuação, o framework e como instanciá-lo. Na seção 5 apresentamos dois experimentos de validação e na Seção 6, as considerações finais e trabalhos futuros.

2. Fundamentação teórica

Nesta seção discutimos alguns conceitos necessários para o entendimento do que propomos, enfatizando os ecossistemas de aprendizagem, a importância das interações no processo de aprendizagem e SLEs.

A. Ecossistemas de aprendizagem e a importância das interações na construção do conhecimento

Arthur Tansley, em 1935, definiu "ecossistema" como uma comunidade e seu ambiente associado e, para enfatizar as conexões entre componentes agentes, escolheu o termo "sistema" para realçar as interações existentes (Ficheman, 2008). Ou seja, um ecossistema é a união de indivíduos com um ambiente onde ocorrem diferentes interações entre os indivíduos ou deles com o ambiente.

Sem interações não existem ecossistemas, assim como sem interação não é possível aprender. O trabalho de Perret-Clermont (1978), apoiado na epistemologia genética de Piaget, explorou a influência das interações sociais no desenvolvimento cognitivo. A teoria apresentada por ela supõe que a aprendizagem acontece no interior de cada indivíduo, mas é dependente das trocas interacionais. Ou seja, as interações têm um papel preponderante no desenvolvimento cognitivo do sujeito.

Richardson (2002) quando escreve "*Toward an Ecology of Learning*" apresenta algumas características que determinam como se estabelece um ecossistema de aprendizagem: (i) um sistema adaptativo, aberto e complexo que engloba elementos interdependentes, (ii) algo que é adaptável a novos contextos devido seu estímulo à

diversidade e (iii) uma coleção de comunidades de interesse sobrepostas (virtuais), em constante evolução e auto-organizada.

A partir dessas concepções, definimos um ecossistema de aprendizagem na cultura digital como o contexto que contempla três elementos: (i) agentes (que podem ser humanos ou sintéticos), (ii) ambiente, onde acontecem as produções e possíveis aprendizagens, a partir da realização de (iii) interações dos agentes entre si e/ou com o ambiente (Silveira et al., 2019a).

B. *Smart Learning Environments (SLE)*

Spector (2016) afirma que um ambiente de aprendizagem pode ser considerado “smart” quando é projetado para incluir recursos e capacidades inovadoras que melhoram a compreensão e o desempenho dos usuários.

Com base nas características da inteligência humana que podem ser simuladas nas tecnologias e ambientes de aprendizagem, um SLE é aquele que possui várias das seguintes características: (i) Gerenciamento do conhecimento - acesso a informações pertinentes e a capacidade de adicionar ou modificar essas informações; (ii) Suporte a tarefas - executar uma tarefa ou fornecer ao indivíduo as ferramentas necessárias para executá-la; (iii) Sensibilidade do aprendiz - manter e usar um perfil do aprendiz para fornecer suporte adaptativo; (iv) Sensibilidade ao contexto - a capacidade de reconhecer situações específicas, incluindo aquelas em que um aprendiz pode precisar de assistência; (v) Reflexão e feedback - a capacidade de criticar uma solução e fornecer feedback significativo e oportuno aos aprendizes (Spector, 2016).

3. **Trabalhos correlatos**

Com o objetivo de situar este trabalho dentro do tema “frameworks para ecossistemas de aprendizagem”, consultamos em português e em inglês, bibliotecas científicas como IEEE Explorer, SpringerLink, ACM e Google Scholar. Encontramos alguns trabalhos, que discutiremos a seguir.

Fragou et al. (2017) apresentam um processo de design instrucional para criação de ecologias de aprendizagem ubíquas para educação multidisciplinar. Esse trabalho discute a execução de um processo (framework) fornecendo uma visão geral sobre ferramentas que dão suporte à prototipagem de sistemas para apoiar a aprendizagem utilizando recursos promovidos por técnicas como *Internet of Things* e *Ubiquitous Mobile Learning*. A proposta aborda um ecossistema de aprendizagem específico. A nossa, ao contrário, é genérica e propõe elementos para construir sistemas computacionais para apoiar aprendizagens em qualquer ecossistema.

García-Holgado e García-Penalvo (2017) apresentam um metamodelo de ecossistemas baseado no padrão *Meta-Object Facility* da engenharia orientada a modelos. A proposta é útil para modelar diferentes perspectivas de ecossistemas de aprendizagem. O metamodelo foi usado para criar um ecossistema de aprendizagem para um programa de doutorado que foi transferido para outros domínios, posteriormente. Apesar da proposta apresentar um arcabouço conceitual para projetar a construção de ecossistemas de aprendizagem, e de sua devida instanciação, o metamodelo não apresenta as bibliotecas (tecnologias) necessárias para a construção de ambientes computacionais que apoiem os ecossistemas projetados.

Giannakos et al. (2016) apresentam um framework de ecossistemas de aprendizagem para apoiar métodos de ensino específicos. São duas suas contribuições: (i) um framework conceitual de um ecossistema de aprendizagem que hospeda o ensino em sala de aula invertida e (ii) alguns indícios sobre sua eficácia e aceitabilidade. O

framework incorpora ferramentas básicas de *e-learning* e práticas tradicionais de ensino e é acessível para quem deseja implementar uma experiência de sala de aula invertida. Esta é uma proposta que apesar de se aproximar da nossa, se limita às práticas de sala de aula invertida e não abarca ensino-aprendizagem em um contexto mais amplo.

4. Framework para ecossistemas de aprendizagem

Buscamos contemplar em nossa proposta, as características que um framework deve prover de acordo com Jabareen (2009), a saber: (i) Um framework conceitual não é apenas uma coleção de conceitos, mas uma construção na qual cada conceito desempenha um papel. (ii) Um framework conceitual fornece não um cenário causal, mas uma abordagem interpretativa da realidade total; (iii) Os frameworks conceituais são de natureza indeterminista e, portanto, não nos permitem prever um resultado.

O nosso framework objetiva auxiliar desenvolvedores de ambientes digitais, a modelar ferramentas que potencializam a construção do conhecimento em ecossistemas de aprendizagem. Nesta seção vamos falar sobre: (i) O contexto de operacionalização do framework, do genérico ao específico; (ii) A metodologia para sua construção; (iii) O framework em si e (iv) um exemplo de instanciação com a modelagem de um SLE.

A. *Ecossistema de aprendizagem*

Seres humanos, em seus cotidianos, participam de diversos ambientes desenvolvendo inúmeras e variadas interações que podem gerar aprendizagens e ideias que acabam se perdendo por ausência de suporte adequado. Isto acontece não apenas em contextos específicos para a aprendizagem (como as escolas) mas ao longo de nossa vida, nas muitas atividades que desempenhamos. A Figura 1 mostra um exemplo onde isso acontece. A literatura aborda este tema de variadas formas como, por exemplo, *Lifelong Learning* (Field, 2000), (Knapper e Cropley, 2000) e Educação Continuada (Cervero, 1988), (Jarvis, 1995).

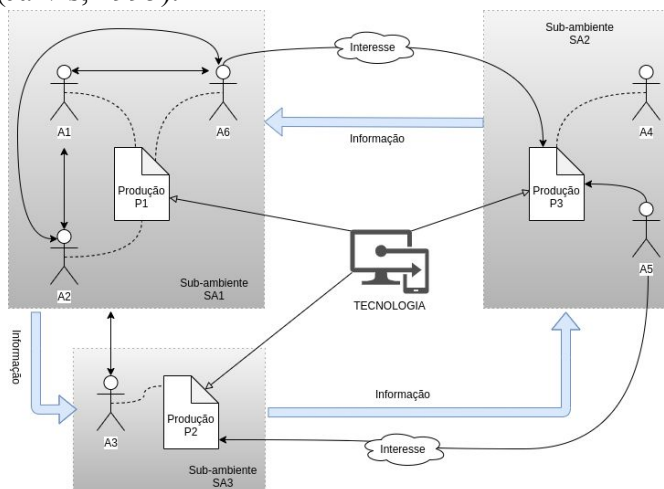


Figura 1 - Ecossistema de aprendizagem.

No diagrama da Figura 1 representamos um ecossistema genérico que é composto por seis nichos, formado por elementos dos subambientes: (i) SA1, (ii) SA2, (iii) SA3. Pode ocorrer a junção de nichos por aproximação de interesses, formando outros subambientes, por exemplo: (iv) SA1 + SA2 e (v) SA2 + SA3. As diversas tecnologias existentes podem dar suporte para que as interações aconteçam e para a aproximação de indivíduos a partir da identificação de similaridade de conteúdos das produções, mas isso não é garantia que haja integração nos dados gerados a partir das

interações, que é um dos problemas que existem nesse cenário. Por causa disso, a informação que circula entre os subambientes, que é incrementada pelas experiências dos participantes em cada nicho, é pouco aproveitada.

Para entender isso melhor, vamos especificar o cenário com o contexto de um laboratório de pesquisa composto por alguns subambientes tais como o laboratório físico, um grupo de aplicativo móvel para conversação, as salas de aula das disciplinas que alguns pesquisadores podem frequentar juntos e plataformas online de conversação a distância. Esses pesquisadores geram produções a partir das interações que realizam, como teses, artigos, currículos etc. Este contexto é um ecossistema de aprendizagem com diversos nichos e participantes. Agora queremos um ambiente digital capaz de fomentar aprendizagens gerindo interações e integrando dados neste ecossistema.

É desejável nesse caso, tecnologias que nos apoiem com tarefas mecânicas, do dia a dia ou escolares, nos ajudando com lembretes e recomendações. Mais ainda, um aparato tecnológico que contribua com os professores (em ecossistemas escolares) com o uso aplicado de dados e raciocínio sistemático, fundamentais para tomadas de decisão. Nosso framework pode ser usado para modelar este ambiente inteligente (SLE).

B. Metodologia para construção do framework

Construímos o framework por um processo iterativo e incremental, seguindo a metodologia proposta por Jabareen (2009), passando pelas seguintes fases: (1) Mapeamento das fontes de dados; (2) Leitura e categorização dos dados selecionados; (3) Identificação de conceitos; (4) categorização dos conceitos; (5) Integração dos conceitos; (6) Síntese e busca de sentido; (7) Validação do modelo conceitual e (8) Repensamento do framework.

Em cada iteração, para as fases 1 e 2, utilizamos ferramentas de consulta web em bibliotecas científicas para aprimorar o conhecimento, criar uma base de informações e, então, passar para as próximas fases. As etapas (3, 4 e 5) são as fases onde, de fato, desenhamos o framework, escrevendo os conceitos identificados, buscando a ligação entre eles e agrupando-os de acordo com a similaridade conceitual. No nosso caso, esse agrupamento é refletido nas camadas do framework. Na fase 6 do processo, realizamos uma pré-análise do desenho obtido, teorizando sobre a produção ocorrida, e conjecturamos sobre possíveis instâncias. Na fase 7, implementamos conceitualmente (e em alguns casos, empiricamente) uma ou mais instâncias obtidas na fase anterior.

Finalmente, no término de cada iteração, repensamos o framework construído. Esta é a fase 8. Neste momento observamos os erros de validação apresentados na etapa anterior e possíveis situações não contempladas e, então, iniciamos uma nova iteração. A seguir, mostraremos e explicaremos o framework obtido após algumas iterações e que, neste ponto de nossa pesquisa, consideramos satisfatório.

C. Modelo conceitual do framework

A Figura 2 mostra o modelo conceitual do framework que é dividido em quatro camadas: (i) Dados, (ii) Inteligência, (iii) Infra-estrutura e (iv) Apresentação. Uma das inspirações para concepção do framework é o padrão de projeto MVC, que descreve uma arquitetura em três camadas, agregando valor na clareza da visualização e no entendimento do processo de desenvolvimento de software (Leff e Rayfield, 2001). Vamos entender então o que é cada camada separadamente, como transitar entre elas e como obter um produto final.

A primeira camada, de dados, é a base de conteúdos, produções e informações pessoais para onde o SLE vai olhar, visando produzir as soluções para os usuários. A

camada traz uma representação conceitual de forma que os bancos de dados existentes nela, não estarão disponíveis necessariamente em um único local físico ou sob a administração de algum sistema gerenciador de banco de dados. Esses dados podem estar, por exemplo, em uma plataforma online de currículos, ou em um ambiente virtual de aprendizagem que seriam fontes de dados externas ao SLE modelado. Ou ainda, esses dados podem ser provenientes de uma fonte de dados interna, em um sistema gerencial atrelado ao SLE (camada de apresentação), no qual podem ser realizados cadastros pessoais e/ou conteúdos diversos do e sobre o usuário.

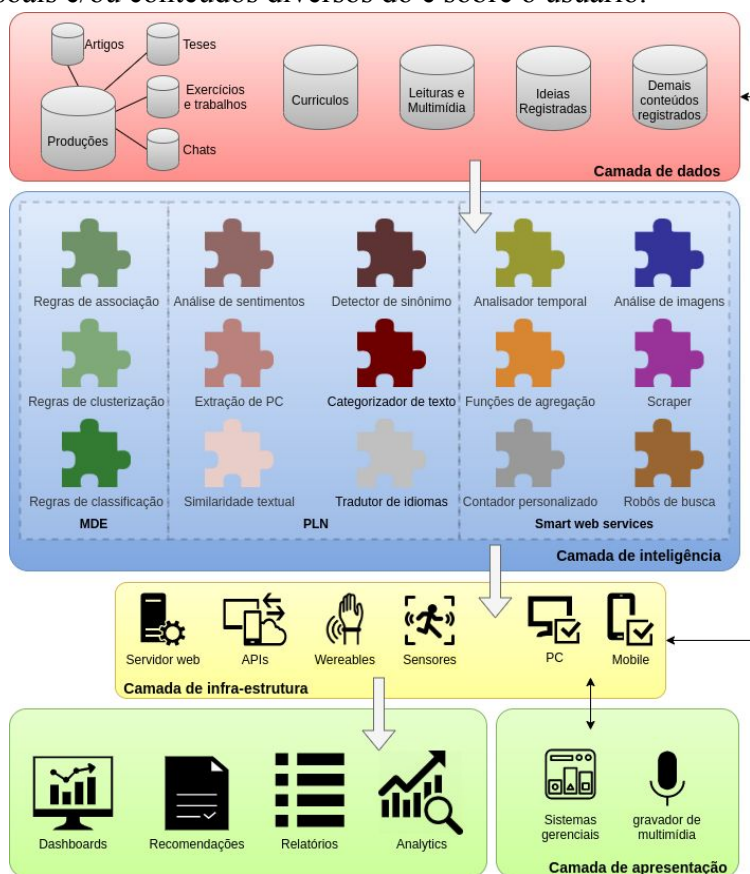


Figura 2. Modelo conceitual do framework

A camada de inteligência apresenta algumas funcionalidades ou bibliotecas que podem ser mutuamente acopladas para gerar uma ou mais funcionalidades para o SLE. Por exemplo, uma aplicação que gere relatórios periódicos (que é uma das opções da camada de apresentação) de produções dos estudantes, feitas no ambiente virtual de aprendizagem, para professores ou gestores da educação. Para isso é necessário acoplar os módulos “Analisador temporal”, “*Scraper*” e “Sumarizador de texto”, para garantir a periodicidade, a retirada de informações em ambientes externos à aplicação produzida e a geração do conteúdo do relatório, respectivamente. A partir daí, outra solução pode ser agregada a esse sistema inteligente, p.e., ajudar professores a aproximar estudantes e assim estimular cooperações, a partir de um agrupamento realizado com a biblioteca de “Regras de clusterização”, nas produções já coletadas pela solução anterior.

As bibliotecas observadas na camada de inteligência, atualmente têm sido suficientes para a modelagem dos SLEs que temos trabalhado. Elas estão agrupadas em três grandes áreas da IA para educação: mineração de dados educacionais, processamento de linguagem natural e *smart web services*, esta última com as bibliotecas que podem auxiliar na produção de aplicações sensíveis ao contexto. No

entanto, não há impedimentos para que esta camada seja estendida no futuro com novas bibliotecas e inclusive com novas áreas como redes neurais e computação evolucionária.

A camada de infra-estrutura é necessária para qualquer sistema computacional. Ela oferece os meios de hardware e software para que o SLE execute e, se for o caso, permitir a retroalimentação das bases de dados do sistema modelado, usando artefatos que também geram dados que podem ser analisados, como os chamados *wearables* que estão sempre produzindo informações sobre, por exemplo, a saúde de seus usuários.

Finalmente, na camada de apresentação estão os elementos que disponibilizam para os usuários: (i) as soluções implementadas pelos SLEs modelados na camada anterior e (ii) os artefatos complementares à utilização do SLE como, por exemplo, sistemas gerenciais para cadastros diversos. Esta camada manifesta as produções geradas pelo SLE para o usuário, bem como a interface de comunicação entre eles. Os elementos incluídos na camada de apresentação, por um lado, podem apoiar os estudantes com recomendações para auxiliá-los nas aprendizagens e, por outro lado, podem apoiar professores e/ou gestores da educação, promovendo visualização personalizada sobre dados e produções dos estudantes com *dashboards* e relatórios e também com técnicas de *learning analytics* para acompanhamento geral dos indivíduos, identificando, por exemplo, estudantes em situação de risco.

Apesar dos exemplos dados estarem no contexto da escola, o SLE pode ser usado para modelar aplicações em qualquer contexto, na busca por sistemas que apoiem a aprendizagem ao longo de nossas vidas, seja no âmbito educacional, profissional ou social. Dessa forma, torna-se responsável pela realização das tarefas mecânicas e repetitivas, liberando o aprendiz a se concentrar na produção do conhecimento.

Nossa contribuição vai além da proposição do framework. Durante o processo construção, algumas bibliotecas foram implementadas e estão disponíveis para a comunidade na plataforma github¹, a saber: extração de palavras-chave, detector de sinônimos, calculador de similaridade entre textos, algumas técnicas de processamento de linguagem natural em português (pt-br), dentre outros.

Muitas combinações podem ser feitas com as bibliotecas para criar diferentes funcionalidades para diversos SLEs. Poderíamos inclusive instanciar ferramentas já existentes, muito difundidas no mercado e na academia. Faremos isso na seção 5 para fins de validação do framework.

D. *Concebendo um SLE com o framework*

Um dos objetivos do SLE que vamos demonstrar é o de favorecer a integração de dados espalhados pelos ambientes de um ecossistema (problema relatado na seção 4-A), fornecendo aos participantes uma maneira articulada de enxergar as produções deles a partir de suas interações. A Figura 3 apresenta o modelo conceitual desse SLE.

Este SLE trata-se de um assistente ubíquo de aprendizagem, pessoal e coletivo, para os componentes de um laboratório de pesquisa em informática na educação. Daí o nome LIEdUbíquo. Esta ferramenta foi apresentada em Silveira et al. (2019b) e sua principal funcionalidade é gerar recomendações a partir da análise realizada por agentes inteligentes sobre produções registradas pelos participantes, bem como sobre o currículo lattes² deles. O LIEdUbíquo possui um sistema gerencial (acessível tanto pela web quanto por dispositivos móveis) onde podem ser registradas as produções e carregados os currículos, teses, dissertações, artigos etc. dos integrantes do laboratório.

¹ <https://github.com/pedrodnsilveira/PLNPTBR>

² <http://lattes.cnpq.br/>

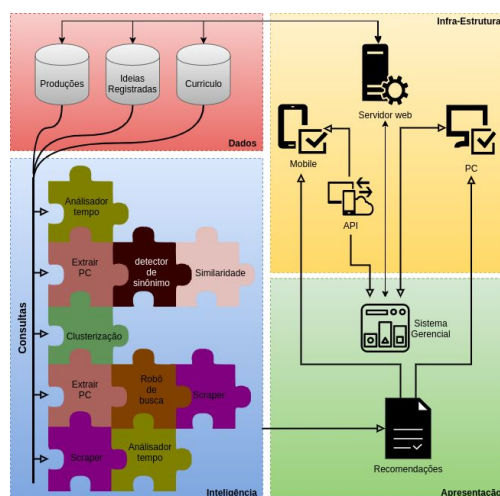


Figura 3. Instância do framework - LIEdUbíquo.

Observando a camada de inteligência do modelo do LIEdUbíquo, diferentes bibliotecas são acopladas para produção das seguintes funcionalidades: (i) Recomendação de acesso a conteúdos: Um agente observa as produções dos indivíduos e a partir delas e dos interesses de aprendizagem previamente cadastrados no sistema gerencial, usa um robô de busca para recomendar artigos científicos e mídias digitais. (ii) Recomendação de interação: Um outro agente, observando os mesmos dados da funcionalidade anterior, usa técnicas de recuperação inteligente da informação para identificar similaridade entre os conteúdos observados e assim sugerir interações de indivíduos que tenham os mesmos interesses de aprendizagem. (iii) Recomendação de participação: Um terceiro agente controla o tempo que um integrante está sem interagir com o grupo ou sem registrar conteúdos e então faz intervenções (Silveira et al., 2019b).

5. Validação do framework

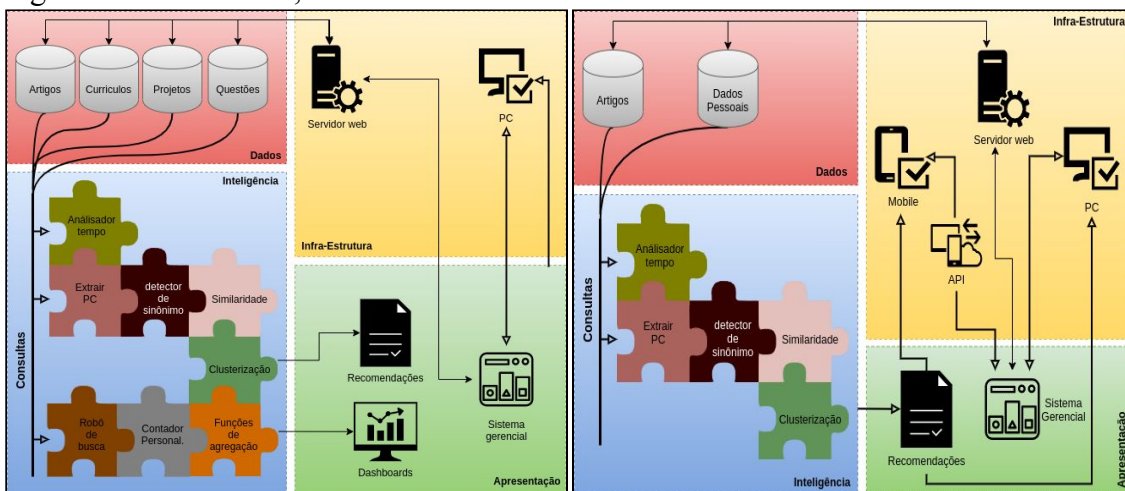
Uma metodologia comum para validar frameworks é com a realização de testes exploratórios e/ou empíricos com objetos resultantes da aplicação prática deles (Yussiff et al., 2015) (Basri et al., 2019). Nesse momento, o LIEdUbíquo (apresentado na seção anterior) está em fase de testes e validação, sendo utilizado por estudantes com diferentes níveis de conhecimento, em um curso com duas turmas distintas.

Outra forma de validar o framework, é assegurando que ele seja capaz de atender as especificações de um SLE, instanciando ambientes que notadamente se comportem como tal. Faremos isso, de acordo com a metodologia proposta por (Ficheman, 2008) que demonstra a aplicabilidade da definição de modelos aventados (em nosso caso, o framework) com estudos de caso gerados a partir do uso deles.

Alguns ambientes, muito difundidos no meio acadêmico, são usados como plataformas de colaboração por pesquisadores do mundo inteiro. Como exemplos, temos o *Researchgate* e o *Mendeley*. Essas ferramentas são capazes de prover vários dos auxílios relatados na seção 2-B, incluindo suporte à tarefas, sensibilidade ao contexto e provimento de base de conhecimento, o que os caracteriza como SLEs. A Figura 4 ilustra como instanciar conceitualmente esses ambientes com o framework.

Para a representação conceitual desses ambientes, estamos considerando na camada de inteligência apenas as funções relacionadas com a parte “*smart*” de ambos os SLEs, que em nosso instanciamento, pedem o aporte de inteligência artificial. Toda parte administrativa da ferramenta, relacionada a cadastros e gerência de persistência de dados, fica a cargo do elemento “Sistema Gerencial” da camada de apresentação.

A Figura 4-A desenha a implementação de um SLE, nomeado *FResearchgate*, que apresenta algumas das mesmas funcionalidades do ambiente *Researchgate*. Na camada de inteligência desse SLE, faz-se o uso de algumas bibliotecas para construir a conhecida função de geração de recomendações de leitura de artigos que é executada de tempos em tempos. A partir dos artigos, projetos, currículos e questões cadastrados, usamos as bibliotecas para extrair palavras-chave considerando sinônimos, e assim calcular a similaridade com outros artigos também cadastrados na plataforma para então sugerí-los aos usuários, de acordo com as similaridades obtidas.



A - Instância: *FResearchgate*.

B - Instância: *FMendeley*.

Figura 4 - Validação do Framework por instâncias

O *Researchgate* também possui um painel de informações ao usuário, que agrega os dados acadêmicos de cada um deles, como por exemplo número de publicações, participação em projetos e trabalhos em co-autoria com parceiros de pesquisa. O *FResearchgate* faz isso com um *dashboard* na camada de apresentação a partir de consultas realizadas com um robô de busca dentro do próprio ambiente.

Em relação às sugestões de leitura, algo muito parecido ocorre com o *FMendeley* (nossa instância do *Mendeley*) na Figura 4-B, diferindo-se pelos dados de origem e pela apresentação do produto final que se dá em mais de uma plataforma (PC e *Mobile*). Em ambos os casos, a funcionalidade é potencializada por uma atividade de clusterização, que cria perfis de usuários a partir de mineração de texto. Desta forma as sugestões se tornam ainda mais personalizadas.

6. Considerações finais

Neste artigo, propomos um framework para modelar ambientes inteligentes a fim de favorecer a construção do conhecimento em ecossistemas de aprendizagem. Mostramos como utilizar o framework, modelando um SLE que já está implementado e atualmente em teste. Além disso, fizemos a validação do framework com a instanciação de dois SLEs que representam ambientes reais aceitos e difundidos no meio acadêmico.

Os SLEs modelados com o framework podem ser colocados em frente a dois principais desafios: Favorecimento (i) da gestão das interações dos indivíduos; e (ii) da integração de informações espalhadas pelos diferentes ecossistemas nos quais o indivíduo participa. Evidenciamos isso com os resultados apresentados na validação.

Como trabalhos futuros, consideramos a construção de um framework de desenvolvimento que permita gerar implementações de SLEs por meio da montagem e seleção de bibliotecas pré-programadas. Também pensamos na expansão do framework

com a criação de novas camadas permitindo uma especificação mais detalhada, por exemplo, uma camada de aplicação entre as camadas de infra-estrutura e apresentação.

Referências

- BASRI, S.; MURUGAN, T.; DOMINIC, D. D. Validating the Conceptual Framework with Exploratory Testing. In: **Computer Science On-line Conference**. 2019. p. 305-317. Springer.
- CERVERO, R. M. **Effective continuing education for professionals**. ERIC Press. 1988.
- FICHEMAN, I. K. **Ecosistemas digitais de aprendizagem: autoria, colaboração, imersão e mobilidade**, São Paulo. Universidade de São Paulo. 2008. Phd Thesis.
- FIELD, J. **Lifelong learning and the new educational order**. ERIC Pub. 2000.
- FRAGOU, O.; KAMEAS, A.; ZAHARAKIS, I. D. An instructional design process for creating a u-learning ecology. In: **2017 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)**. 2017. p. 1817–1823. IEEE.
- GARCÍA-HOLGADO, A., GARCÍA-PEÑALVO, F. J. A. Metamodel proposal for developing learning ecosystems. In: **International Conference on Learning and Collaboration Technologies**. 2017. p 100–109. Springer
- GIANNAKOS, M. N.; KROGSTIE, J.; AALBERG, T. Toward a learning ecosystem to support flipped classrooms: A conceptual framework and early results. In: **State-of-Art and future directions of smart learning**. 2016. p. 105–114. Springer.
- JABAREEN, Y. Building a conceptual framework: philosophy, definitions, and procedure. **International journal of qualitative methods**. 2019. p. 49–62.
- JARVIS, P. **Adult and continuing education: Theory & practice**. Psycho Press. 1995.
- KNAPPER, C.; CROPLEY, A. J. **Lifelong learning in higher education**. Psycho Press. 2000
- LEFF, A.; RAYFIELD, J. T. Web-application development using the model / view / controller design pattern. In: **Proceedings of 5th IEEE international enterprise distributed object computing conference**. 2001. p. 118–127. IEEE.
- PERRET-CLERMONT, A. **Desenvolvimento da inteligência e interação social** (e. godinho, trans.). Lisboa: Instituto Piaget. 1978.
- PIAGET, J. **L'epistemologia genetica**. Edizioni Studium Srl. 2016.
- REDECKER, C.; LEIS, M.; LEENDERTSE, M.; PUNIE, Y.; GIJSBERS, G.; KIRSCHNER, P.; STOYANOV,S.; HOOGVELD, B. **The future of learning: Preparing for change**. JRC. Luxembourg: Publications - European Union. 2011.
- RICHARDSON, A. **An ecology of learning and the role of elearning in the learning environment**. Global Summit of Online Knowledge Networks. 2002. p. 47–51.
- SILVEIRA, P. N.; CURY, D.; DE MENEZES, C. Superando fronteiras da educação com ecossistemas de aprendizagem. In: **Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE**. 2019a. p. 209-218.
- SILVEIRA, P. N.; CURY, D.; DE MENEZES, C. S. From VLE to Learning Ecosystems: Exploring a Conceptual Model. In: **XIV Latin American Conference on Learning Technologies (LACLO)**. 2019b. p. 154-161. IEEE.
- SPECTOR, J. M. Smart learning environments: Concepts and issues. In: **Society for Information Technology & Teacher Education International Conference**, 2016. p. 2728–2737. AACE.
- YUSSIFF, A. S., AHMAD, W. F. W.; MUSTAPHA, E. E. Testing and validating a conceptual framework for e-collaboration in an undergraduate course. In: **International Symposium on Mathematical Sciences and Computing Research** 2015. p. 249-254. IEEE.