

# Uma Ontologia de Representação de Materiais de Apoio e Adaptações Baseadas em Informações de Contexto

Vinícius Maran<sup>1,2</sup>, Giliane Bernardi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centro de Tecnologia – Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)  
Av. Roraima, 1000 – Santa Maria – RS – Brasil

<sup>2</sup> Departamento de Ciências Exatas e Engenharias – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUÍ)  
Rua São Francisco, 501 – Ijuí – RS – Brasil  
{viniciusm,giliane.bernardi}@inf.ufsm.br

**Abstract.** *Virtual Learning Environments have been used constantly to help learning in classroom courses. UNIJUÍ University uses Conecta environment to do this task. It was developed at the university itself as aid tool to teachers and students. According to a survey on a group of students, the interaction between them and the Conecta is lower on mobile devices and supporting materials are not submitted in accordance with its dominance in the themes of the disciplines. Thus, this paper proposes the definition of an ontology, which connected to the integrated system, can be able to recommend support materials to students from disciplines of database according to context information. With the representation of ontology and inferences, it was possible to carry out the recommendation of support materials based on device capabilities and experience of students in the disciplines.*

**Resumo.** *Ambientes Virtuais de Aprendizagem têm sido utilizados constantemente no auxílio ao aprendizado em cursos presenciais. A universidade UNIJUÍ utiliza o ambiente Conecta, desenvolvido na própria universidade, como ferramenta de auxílio a professores e alunos. De acordo com uma pesquisa feita em um grupo de alunos, a interação entre estes e o Conecta é baixa em dispositivos móveis e os materiais de apoio não são apresentados de acordo com o seu domínio nos temas das disciplinas. Deste modo, propõe-se neste trabalho a definição de uma ontologia, que integrada ao sistema Conecta seja capaz de recomendar materiais de apoio a alunos das disciplinas da área de banco de dados de acordo com informações de contexto. Com a representação da ontologia e a realização de inferências, foi possível realizar a recomendação de materiais de apoio baseada nos recursos de dispositivos e experiência do aluno nos conteúdos das disciplinas.*

## 1. Introdução

A educação vem evoluindo constantemente em relação aos processos de ensino. Nos últimos anos, tecnologias como a computação móvel e internet vem contribuindo para uma maior disseminação de informações e materiais de apoio ao estudo (Iahnke et al, 2013).

Diante deste vasto conteúdo, proporcionado pelo fácil acesso à internet por parte de alunos e professores, torna-se cada vez mais necessária a existência de filtros de informação, para que seja possível obter informação de forma confiável e restrita ao domínio sobre o qual o usuário está estudando ou trabalhando.

Atualmente, professores distribuem materiais em sala de aula de forma manual, ou seja, eles são os responsáveis pela escolha dos materiais e pela distribuição (de forma física ou digital) destes materiais. A distribuição destes materiais, ou objetos de aprendizagem, é feita geralmente com a utilização de AVAs (Ambientes Virtuais de Aprendizagem), como por exemplo, Moodle (2014), ATutor (2014), Teleduc (2014) e Conecta (2014).

Esta abordagem, comum em universidades brasileiras, apresenta um conjunto de problemas, que são evidenciados pelas características da sociedade atual, baseada na disseminação de informação. Entre estes problemas, pode-se destacar: (a) a falta de uma distribuição ou recomendação personalizada de materiais de acordo com o perfil do aluno, e (b) às vezes, a falta de material disponibilizado pelo professor em sala de aula faz com que o aluno busque informações em fontes externas, muitas delas não confiáveis ou não compatíveis com o nível de conhecimento do aluno na área.

Assim, faz-se necessária a existência de formas de recomendação de materiais a alunos baseando-se em informações de contexto, ou seja, em informações provenientes do ambiente e de usuários que possam ser utilizadas por sistemas de recomendação para a tomada de decisão sobre qual é a melhor recomendação a se fazer em um determinado momento. Ontologias têm sido utilizadas na computação para a representação de objetos de aprendizagem e na representação de elementos de contexto.

Desta forma, este artigo descreve a definição de uma ontologia que representa objetos de aprendizagem e materiais de apoio frequentemente utilizados na universidade Unijuí através do ambiente virtual Conecta. Além disso, a ontologia proposta representa elementos de contexto comuns no ambiente universitário e que podem, de alguma forma, influenciar na recomendação de materiais de apoio.

O artigo está estruturado da seguinte forma: na Seção 2 são apresentados os principais conceitos e tecnologias da área de *u-learning* (*ubiquitous learning*). Na Seção 3 é apresentado o cenário motivador que deu origem à necessidade de criação da ontologia proposta. Na Seção 4 é apresentado o processo de construção da ontologia de representação de materiais de apoio e recomendação baseada em contexto. Na Seção 5 é apresentado o processo de validação da ontologia e uma proposta de arquitetura de *software* para a implementação da ontologia em conjunto com o ambiente Conecta e uma aplicação móvel de consulta de informações. Por fim, na Seção 6 são apresentadas as conclusões deste trabalho.

## **2. U-Learning e Recomendação de Materiais de Apoio Baseada em Contexto**

Mark Weiser (1991) descreveu um conjunto de cenários onde a computação auxiliava pessoas na realização de suas atividades cotidianas de forma onipresente, ou seja, sistemas computacionais auxiliavam usuários mesmo sem que estes conseguissem perceber a computação envolvida na realização de suas tarefas. A partir dos cenários definidos por Weiser, e pesquisas realizadas posteriormente, surgiu a Computação

Ubíqua, uma área de pesquisa que pretende inserir a computação da forma mais natural e onipresente no cotidiano das pessoas. A área de *U-Learning (Ubiquitous Learning)* busca aplicar tecnologias consideradas ubíquas no ambiente de aprendizado, integrando-se as metodologias de ensino. As principais características da área de *U-Learning* são: gerenciamento de trabalhos permanentes, acessibilidade, imediatismo e interatividade (IAHNKE et al, 2013).

Algumas tecnologias que integradas podem fornecer ambientes ubíquos são: dispositivos móveis, sensibilidade ao contexto e tecnologias de comunicação sem fio (Jácome et al, 2012). A maioria das pesquisas atuais sobre aprendizagem ubíqua tem como foco o desenvolvimento de interfaces amigáveis e integradas a objetos do uso cotidiano das pessoas, a padronização de transmissão de dados entre dispositivos e arquiteturas heterogêneas, através de *web services* e utilização de ontologias, tratamento de variações de contexto e recomendação baseada em contexto, entre outros (Iahnke et al, 2013).

Parise et al (2014) realizaram um estudo de trabalhos recentes relacionados a arquiteturas ubíquas aplicadas na área de educação. Neste comparativo, foram consideradas oito características e verificado se as arquiteturas possuem todas as características listadas. A Tabela 1 apresenta o resultado da comparação.

**Tabela 1. Comparação entre arquiteturas ubíquas (Parise et al, 2014)**

|                           | Sensível ao Contexto | Sensível à Localização | Redes Móveis | Escalabilidade Localizada | Acesso Móvel à Informação | Extensível | Segurança Distribuída | Descentralizado |
|---------------------------|----------------------|------------------------|--------------|---------------------------|---------------------------|------------|-----------------------|-----------------|
| <b>Sistema Odin</b>       | ☐                    | Não Consta             | -            | Não Consta                | -                         | ☐          | Não Consta            | -               |
| <b>MobiLE</b>             | ☐                    | ☐                      | -            | -                         | -                         | -          | Não Consta            | -               |
| <b>CidadeEduca</b>        | ☐                    | -                      | -            | -                         | -                         | -          | ☐                     | -               |
| <b>Global</b>             | ☐                    | ☐                      | ☐            | ☐                         | ☐                         | ☐          | -                     | ☐               |
| <b>Extensão do Moodle</b> | ☐                    | ☐                      | -            | -                         | -                         | Não Consta | Não Consta            | -               |
| <b>AdaptWeb</b>           | ☐                    | ☐                      | -            | -                         | -                         | ☐          | Não Consta            | -               |

Como pode-se observar, sensibilidade ao contexto é um item chave para arquiteturas ubíquas. Além disso, a maioria dos sistemas oferece algum mecanismo de sensibilidade à localização. Porém, é possível observar que a extensibilidade dos sistemas ainda é um problema, principalmente porque eles não oferecem uma modelagem que possa ser reutilizada por outros sistemas (Parise et al, 2014).

## 2.1. Computação Sensível ao Contexto

Em geral, espera-se na computação ubíqua que a computação se torne onipresente. Para realizar tal tarefa, é necessário que sistemas computacionais sejam capazes de se adaptar ao ambiente e ao que está ocorrendo no ambiente. As informações sobre entidades do ambiente, em um determinado nível de abstração, são chamadas de informações de contexto (Dey et al, 2001).

Informações de contexto podem ser representadas computacionalmente de várias formas. Dentre elas estão: (i) chave-valor, (ii) esquemas de marcação, (iii) modelos gráficos, (iv) modelos orientados a objetos, (v) modelos baseados em lógica, e (vi) modelos baseados em ontologias (Maran; Palazzo, 2014). Trabalhos recentes (Strang; Popien, 2004) (Makris et al, 2013) realizaram comparativos entre formas de representação de contextos, e concluiu-se que a modelagem baseada em ontologias oferece estruturas que permitem a representação mais rica de contexto se comparada a outras formas de representação. A Tabela 2 apresenta o resultado de um destes comparativos.

**Tabela 2. Comparativo entre formas de representação de contexto (Strang; Popien, 2004)**

| Modelo / Requisito             | Composição Distribuída | Validação Parcial | Qualidade da Informação | Ambiguidade | Nível de Formalidade | Aplicação em Aplicações |
|--------------------------------|------------------------|-------------------|-------------------------|-------------|----------------------|-------------------------|
| Chave-Valor                    | -                      | -                 | -                       | -           | -                    | +                       |
| Esquemas de Marcação           | +                      | ++                | -                       | -           | +                    | ++                      |
| Modelos Gráficos               | -                      | -                 | +                       | -           | +                    | +                       |
| Modelos Orientados a Objetos   | ++                     | +                 | +                       | +           | +                    | +                       |
| Modelos Baseados em Lógica     | ++                     | -                 | -                       | -           | ++                   | -                       |
| Modelos Baseados em Ontologias | ++                     | ++                | +                       | +           | ++                   | +                       |

De acordo com Borst et al (1997), ontologia pode ser definida como uma especificação formal e explícita de um conjunto de conceitos de forma compartilhada. Como contexto pode ser definido como uma área de conhecimento, nada mais natural que a utilização de ontologias para a representação de informações de contexto.

Na área de educação, conceitos provenientes da computação ubíqua têm sido utilizados em diversos trabalhos para diferentes finalidades. Uma destas finalidades é a recomendação de materiais a alunos de acordo com informações de contexto e de perfis de alunos. Pesquisas recentes propuseram a criação de sistemas de recomendação de objetos de aprendizagem. Alguns destes trabalhos são apresentados na próxima Seção.

## 2.2. Trabalhos Relacionados

Trabalhos recentes têm proposto a criação de ontologias para a representação de objetos de aprendizagem, materiais de apoio e informações de contexto utilizadas para a recomendação de materiais.

Yu et al (2007) desenvolveram um protótipo de recomendação de materiais para alunos baseado em ontologias. Este protótipo considera duas variantes para recomendar materiais: (i) dificuldade do aluno em uma determinada área e, (ii) interatividade do aluno com os materiais recomendados. O protótipo foi desenvolvido apenas para realizar a recomendação, mas não foi integrado com nenhum AVA ou testado com alunos.

O m-LOCO (Siadaty et al, 2008) é um *framework* baseado em ontologias que é derivado do *framework* LOCO. Foi definido para tratar de informações de contexto no ambiente de computação móvel e recomendação de objetos de aprendizagem em

repositórios externos. A validação do protótipo foi feita através da aplicação de um cenário de uso.

Dragan et al (2006) integraram um curso de *e-learning* via web com uma ontologia provida pela ACM (*Association of Computer Machinery*) para a representação de áreas da ciência da computação. Com esta integração, os materiais utilizados no curso foram catalogados e puderam ser associados a outros cursos a partir de uma consulta baseada nas áreas associadas aos materiais de apoio.

Muitas pesquisas resultaram na definição de ontologias que representam, ou informações de contexto, ou objetos de aprendizagem. Porém, as definições encontradas foram construídas considerando cenários diferentes do cenário motivador (descrito na seção a seguir), ou acopladas a AVAs específicos, que utilizam definições de materiais diferentes das utilizadas no ambiente *Conecta*.

### 3. Cenário Motivador

Na Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUÍ), a utilização de AVAs acontece tanto em cursos à distância (EAD), quanto em cursos presenciais. O ambiente virtual utilizado na universidade é o *Conecta*, desenvolvido na própria universidade, integrado ao portal do aluno e que oferece diversas ferramentas para professores e alunos. A Figura 1 apresenta um exemplo de interface do AVA *Conecta*.

Em cursos presenciais, professores inserem conteúdos relacionados a suas aulas no ambiente, e os alunos utilizam estes conteúdos ou ferramentas, como por exemplo, questionários, sugestões de leituras e apresentações.



**Figura 1. Interface de uma comunidade associada a uma disciplina no *Conecta***

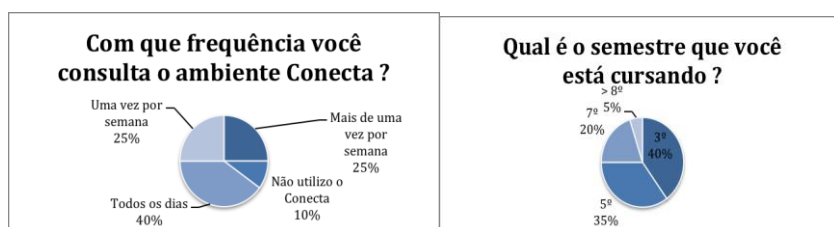
Um problema que este tipo de abordagem apresenta é que os materiais e ferramentas são apresentados somente quando o aluno acessa o AVA, e estes materiais são apresentados da mesma forma a todos os alunos de uma mesma disciplina, sem considerar seu domínio nos conteúdos das disciplinas ou dispositivos onde estes acessam o ambiente.

Estes problemas foram evidenciados através de uma pesquisa feita com alunos que utilizam o ambiente *Conecta*. Ela foi realizada em 4 turmas de graduação em ciência da computação, 2 (duas) do campus na cidade de Ijuí e 2 (duas) do campus na cidade de

Santa Rosa, nas disciplinas de Banco de Dados 1 (3º semestre) e Tópicos Avançados em Banco de Dados (5º semestre). 40 alunos responderam ao questionário (68 alunos foram convidados a participar), sendo que 100% deles responderam *sim* à pergunta “*Na sua opinião, o uso do ambiente virtual e suas ferramentas auxiliam no processo de aprendizado?*”.

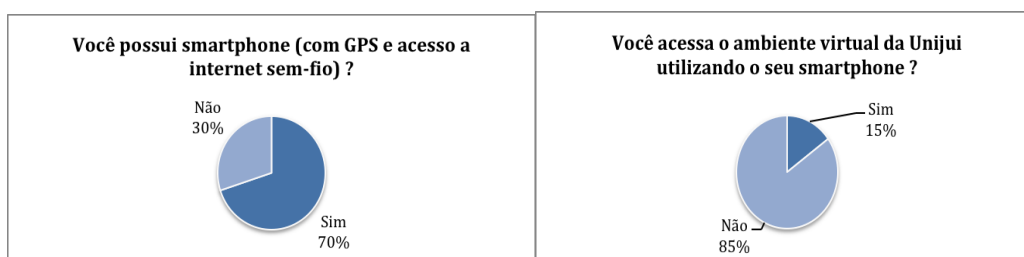
A Figura 2 apresenta os resultados da pesquisa sobre a frequência de acesso ao ambiente Conecta e o semestre o qual o aluno está cursando. Em relação à frequência de uso, 40% dos alunos responderam que utilizam o ambiente todos os dias, 25% utilizam o ambiente uma vez por semana, 25% utilizam o ambiente mais de uma vez por semana e 10% não utilizam o ambiente.

Em relação à semestralização, 40% estão frequentando o 3º semestre, 35% estão frequentando o 5º semestre, 20% estão frequentando o 7º semestre e 5% estão frequentando o 8º semestre ou superior.



**Figura 2. Pesquisa de frequência de acesso ao ambiente Conecta e semestralização dos alunos que participaram da pesquisa**

Os resultados apresentados na Figura 3 mostram que o ambiente não é frequentemente utilizado por usuários de *smartphones*. 70% dos alunos afirmaram possuir *smartphones* com recursos de GPS e acesso à internet sem fio, enquanto 30% afirmaram não possuir *smartphones* com estas tecnologias. Em relação ao acesso dos alunos ao ambiente via *smartphone*, 85% responderam que não utilizam o ambiente via *smartphones* e 15% afirmaram que utilizam.



**Figura 3. Pesquisa sobre acesso dos alunos no ambiente Conecta com smartphones**

Não foi possível determinar diretamente porque isto acontece, pois não foi questionada a causa deste fato no questionário. Porém, acredita-se que isto acontece principalmente porque o ambiente não possui uma versão específica para *smartphones*. Por último, foi realizada a seguinte pergunta: “*Na sua opinião, as listas de exercícios e materiais de apoio são apresentados de forma adequada em relação a sua experiência na área de conhecimento ou de acordo com o seu domínio nos assuntos discutidos em aula?*”, para avaliar se os materiais são apresentados pelo professor de forma adequada

ao andamento dos conteúdos nas disciplinas. Neste caso, 60% responderam que sim, e 40% responderam que não.

Desta forma, considerando que 40% é um número expressivo em relação ao total de alunos, é possível afirmar que é necessária a definição de uma forma que facilite a adaptação de conteúdos aos alunos. O projeto da ontologia para representar materiais de apoio e informações de contexto relevantes na adaptação de conteúdo é apresentado a seguir.

#### 4. Definição Ontológica de objetos de Aprendizagem e Informações de Contexto para Adaptação de Conteúdo

Uma ontologia, em ciência da computação, é uma “*especificação formal e explícita de uma conceituação compartilhada*” (Studer et al, 1998). Esta definição implica em:

- **Especificação formal e explícita:** deve-se utilizar uma linguagem formal, capaz de ser entendida por máquinas para a representação do conhecimento. Neste trabalho, utilizamos a linguagem OWL-DL (McGuinness et al, 2004), uma linguagem padronizada e muito utilizada para a representação de ontologias. Além disso, as definições devem ser explícitas, ou seja, todas as representações devem ser explicitamente representadas utilizando a linguagem de representação;

- **Conceituação compartilhada:** para ser considerada válida, uma ontologia deve representar através de conceitos uma porção da realidade. Estas definições precisam ser aceitas (e compartilhadas) por um grupo de especialistas no assunto. Neste trabalho, o grupo de especialistas é um grupo de professores que atuam no curso de ciência da computação na universidade UNIJUÍ.

Para definir a ontologia, foi utilizada a metodologia *Ontology Development 101* (Noy et al, 2001). Esta metodologia define um conjunto de passos para a construção de ontologias. A Figura 4 (a) descreve os passos sugeridos pela metodologia e a Figura 4 (b) descreve um exemplo da concatenação dos passos, no processo de construção de uma ontologia.

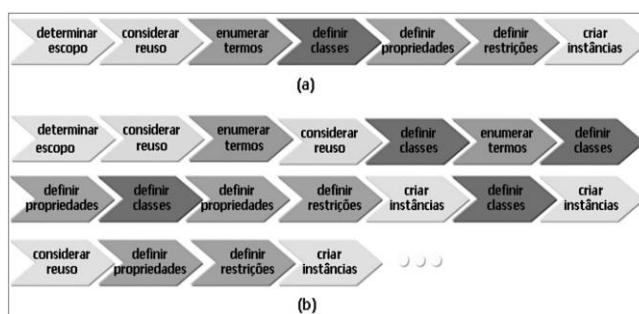


Figura 4. Processo de desenvolvimento proposto pelo guia *Ontology Development 101* (Noy et al, 2001)

Isto acontece porque o processo de construção de uma ontologia com a utilização desta metodologia é iterativo, composto por várias iterações que são compostas por sua vez por um conjunto de passos. Estas iterações terminam quando os projetistas consideram que a ontologia representa de forma satisfatória o domínio. Para modelar a ontologia, foi utilizado o editor Protégé v.4.3, em conjunto com o motor de

inferência Pellet (OSFWiki, 2014). O escopo da ontologia proposta foi identificado como “*Definição ontológica dos materiais de apoio frequentemente utilizados no ambiente virtual Conecta pelos alunos do curso de ciência da computação*”.

Para modelar a ontologia, reconsideramos o reuso de conceitos e relações propostos em outras ontologias. Os conceitos reutilizados são apresentados durante a criação de conceitos, propriedades e relações.

#### 4.1. Enumeração de Termos e Criação de Classes

Inicialmente, definimos uma taxonomia de conceitos que representam a principal estrutura de conceitos da ontologia. Estes conceitos foram definidos a partir de entrevistas com professores da instituição. Como cenário para a modelagem, coletamos informações referentes a duas disciplinas: Banco de Dados I e Tópicos Avançados em Bancos de Dados. A Figura 5 apresenta a taxonomia de classes criadas na ontologia.

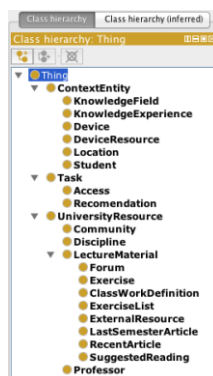


Figura 5. Taxonomia de classes criadas na ontologia

As principais classes da ontologia representam:

- **ContextEntity**: representa todas as entidades que podem ser consideradas de alguma forma para a recomendação de materiais de apoio para alunos;

- **KnowledgeField**: representa as áreas de conhecimento envolvidas na graduação. Como o foco da ontologia representada é a área de ciência da computação, utilizamos as áreas definidas no documento “*ACM Computing Classification System*” (ACM, 2014), que classifica as áreas da computação;

- **KnowledgeExperience**: representa o nível de conhecimento de um aluno em uma determinada área de conhecimento. Classificamos os níveis de experiência possíveis em: *very\_high*, *high*, *medium*, *low* e *very\_low*. Medir o domínio de um aluno em uma área de conhecimento é uma tarefa complexa, e que não é o foco principal deste trabalho. Deste modo, a medida utilizada neste trabalho baseia-se somente em um somatório de exercícios respondidos corretamente;

- **Device**: esta classe representa os dispositivos que podem ser utilizados por alunos para a realização de atividades no ambiente virtual Conecta. Podem ser dispositivos móveis (tablets ou smartphones) ou convencionais (notebooks ou computadores desktop);

- **DeviceResource**: representa os recursos que um dispositivo pode possuir. A recomendação é feita de acordo com os recursos de dispositivos. Por exemplo, a



recomendação de questionários é feita para usuários de dispositivos celulares, enquanto a leitura de artigos é recomendada apenas em dispositivos que possuem recursos que permitam a leitura de arquivos *pdf*;

- **Location**: define uma localização de usuários e dispositivos. No escopo deste trabalho, são considerados somente dois tipos de localização: *dentro\_da\_universidade* e *fora\_da\_universidade*;

- **Student**: define o perfil do estudante, com informações básicas sobre o aluno e o seu registro acadêmico.

- **Task**: define o conjunto de tarefas possíveis que são realizadas no ambiente virtual;

- **Access**: define o registro de acessos aos recursos do ambiente virtual;

- **Recommendation**: define a atividade de recomendação de materiais. Esta recomendação é feita pela arquitetura na qual a ontologia está inserida (Seção 5.2);

- **UniversityResource**: define um recurso provido pela universidade (seja de forma real ou virtual) aos estudantes;

- **Community**: representa as comunidades virtuais que podem ser criadas no ambiente virtual Conecta. Estas comunidades são apenas estruturas do sistema que integram uma turma a um conjunto de materiais de apoio;

- **Discipline**: representa as disciplinas do curso de graduação em ciência da computação. Cada disciplina é relacionada a um conjunto de áreas de conhecimento;

- **LectureMaterial**: representa materiais utilizados em aula e que são disponibilizados no portal do aluno. Geralmente representam os slides disponibilizados pelos professores aos alunos;

- **Forum**: representa a ferramenta de fórum de discussão, disponível no ambiente Conecta;

- **Exercise**: representa a ferramenta de exercícios, disponível no ambiente Conecta;

- **ClassWorkDefinition**: representa a ferramenta de definição de trabalhos a serem realizados, disponível no ambiente Conecta;

- **ExerciseList**: representa a ferramenta de listas de exercícios, disponível no ambiente Conecta;

- **ExternalResource**: representa a ferramenta de integração de recursos externos, disponível no ambiente Conecta;

- **LastSemesterArticle**: representa a ferramenta de disponibilização de artigos feitos por alunos em disciplinas passadas (utilizados em disciplinas de tópicos avançados), disponível no ambiente Conecta;

- **RecentArticle**: representa a ferramenta de disponibilização de artigos relacionados com a disciplina, disponível no ambiente Conecta;

- **SuggestedReading**: representa a ferramenta de sugestão de leitura de textos externos, disponível no ambiente Conecta;

- **Professor**: representa o professor da instituição, que possui conhecimento em determinadas áreas. A partir da definição destas classes, foi possível iniciar o processo de definição das propriedades e restrições relacionadas a estas classes. Estas características visam representar o maior número de informações possíveis sobre a realidade sobre a qual desejamos modelar.

## 4.2. Criação de Propriedades

Em ontologias, propriedades podem ser representadas em forma de atributos – dados que representam informações sobre as classes; e relacionamentos – ligações entre as classes.

Para a recomendação de materiais, foi necessária a criação de apenas um atributo, nomeado *KnowledgeExperience\_measure*, e que pertence a classe *KnowledgeExperience*. Este atributo define a experiência em uma área do conhecimento. Os valores admitidos para este atributo são: *VeryHigh*, *High*, *Medium*, *Low*, *VeryLow*. A Tabela 3 apresenta os relacionamentos criados entre as classes, as classes de origem e destino, e uma descrição sobre a finalidade do relacionamento.

**Tabela 3. Relacionamentos criados na ontologia**

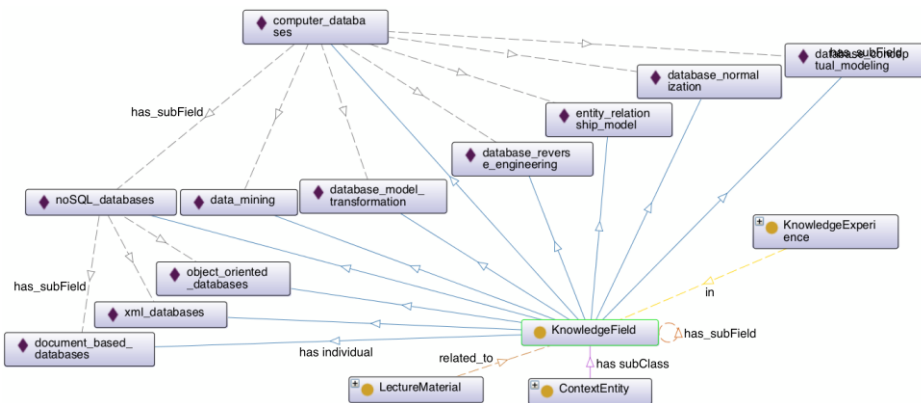
| Nome do Relacionamento                               | Classe de Origem           | Classe de Destino          | Descrição  |
|--|----------------------------|----------------------------|--|
| <i>Recommended_to</i>                                | <i>LectureMaterial</i>     | <i>Student</i>             | Relação de recomendação de um material de apoio a alunos   |
| <i>Device_has_deviceresource</i>                     | <i>Device</i>              | <i>DeviceResource</i>      | Relação entre os dispositivos e seus recursos  |
| <i>Discipline_has_community</i>                      | <i>Discipline</i>          | <i>Community</i>           | Relação entre uma disciplina e suas comunidades (cada comunidade é associada a uma turma)                            |
| <i>knowledgeExperience_in_KnowledgeField</i>         | <i>KnowledgeExperience</i> | <i>KnowledgeField</i>      | Relação entre um nível de conhecimento e uma determinada área do conhecimento  |
| <i>knowledgeField_has_subField</i>                   | <i>KnowledgeField</i>      | <i>KnowledgeField</i>      | Relação entre uma área do conhecimento com outras áreas do conhecimento  |
| <i>lectureMaterial_needs_resource</i>                | <i>LectureMaterial</i>     | <i>DeviceResource</i>      | Relação entre materiais de apoio e recursos (quando um material precisa de um determinado recurso para sua execução) |
| <i>lectureMaterial_relatedTo_knowledgeExperience</i> | <i>LectureMaterial</i>     | <i>KnowledgeExperience</i> | Relação entre um material de apoio e um nível de experiência em uma área do conhecimento                             |
| <i>lectureMaterial_relatedTo_KnowledgeField</i>      | <i>LectureMaterial</i>     | <i>KnowledgeField</i>      | Relação entre um material de apoio e uma área do conhecimento  |
| <i>professor_teaches_Discipline</i>                  | <i>Professor</i>           | <i>Discipline</i>          | Relação entre os professores e as disciplinas que eles ministram   |
| <i>student_has_KnowledgeExperience</i>               | <i>Student</i>             | <i>KnowledgeExperience</i> | Relação entre os estudantes e seus níveis de experiência em áreas do conhecimento                                    |
| <i>student_uses_device</i>                           | <i>Student</i>             | <i>Device</i>              | Relação entre os estudantes e os dispositivos que eles utilizam para acesso aos materiais                            |

Após a criação das propriedades de classes, foi iniciado o processo de criação de instâncias na ontologia.

## 4.3. Criação de Instâncias na Ontologia

A criação de instâncias deve ser feita baseando-se em elementos da realidade sobre a qual a ontologia se refere. Inicialmente, criamos as instâncias de áreas do conhecimento

baseadas nas ementas das disciplinas de Banco de Dados I e Tópicos Avançados em Bancos de Dados, do curso de bacharelado em Ciência da Computação. A Figura 6 apresenta as áreas do conhecimento criadas e suas relações com outras classes e indivíduos.



**Figura 6. Representação de áreas do conhecimento**

Foram criadas ainda instâncias que representam as disciplinas de Banco de Dados 1 (*databases\_1*) e Tópicos Avançados em Bancos de Dados (*advanced\_topics\_in\_db*). Foi criada uma instância para representar o professor destas disciplinas (*professor\_1*), e materiais de apoio referentes a estas disciplinas: (i) *exercise\_list\_1\_er\_high*, (ii) *exercise\_list\_2\_er\_high*, (iii) *exercise\_list\_1\_er\_low*, e (iv) *exercise\_list\_2\_er\_low*.

## 5. Avaliação da Ontologia Proposta

### 5.1. Validação da Ontologia

Para validar a ontologia proposta neste trabalho, devemos representar uma situação hipotética que representa a realidade modelada e devemos verificar quais foram as inferências feitas na ontologia para recomendar materiais de apoio. A representação de uma situação real para a validação da representação da ontologia é a técnica mais difundida na área (Maran; Palazzo, 2014)

Para fazer isso, utilizamos a população inserida na ontologia (descrita na Seção 4.3) em conjunto com um conjunto de regras de inferência. Criamos duas regras principais utilizando uma linguagem chamada SWRL (W3C, 2014). Com esta linguagem, é possível criar um conjunto de regras compostas de condições, que se verdadeiras resultam em uma ação. As regras criadas são descritas a seguir:

a) Um material associado a um nível de conhecimento de uma área deve ser recomendado a um aluno que está no mesmo nível do material de apoio. A Figura 7 apresenta a regra criada na linguagem SWRL.

```
KnowledgeExperience(?ke), KnowledgeField(?kf), LectureMaterial(?el), Student(?s),
knowledgeExperience_in_KnowledgeField(?ke, ?kf),
lectureMaterial_relatedTo_KnowledgeField(?el, ?kf),
lectureMaterial_relatedTo_knowledgeExperience(?el, ?ke),
student_has_KnowledgeExperience(?s, ?ke) -> recommended_to(?el, ?s)
```

**Figura 7. Recomendação baseada no nível de conhecimento da área**

A partir da criação desta regra, foi possível criar as ligações de recomendação (*recommended\_to*) entre os materiais de apoio e os alunos. No exemplo apresentado abaixo (Figura 8), o estudante *student\_1* possui uma experiência baixa (*low\_er*) na área de modelagem de diagramas (*entity\_relationship\_model*). Desta forma, como existem exercícios correspondentes a este nível de experiência (*exercise\_list\_1\_er\_low* e *exercise\_list\_2\_er\_low*), nesta área de conhecimento, eles são recomendados ao aluno.

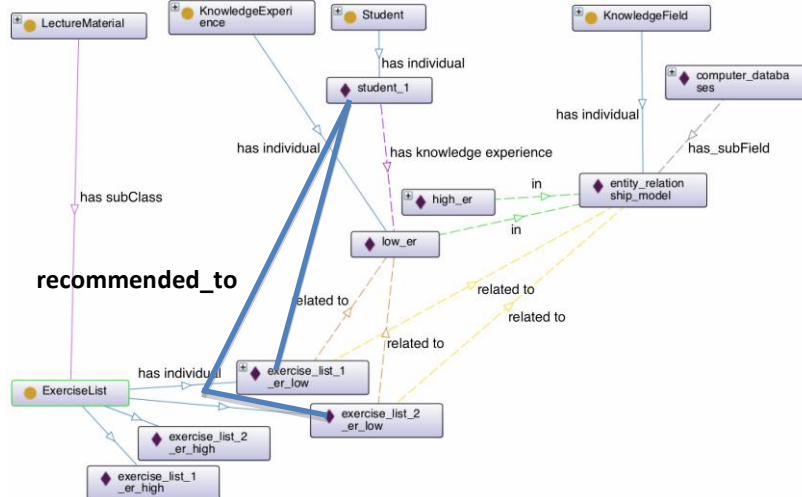


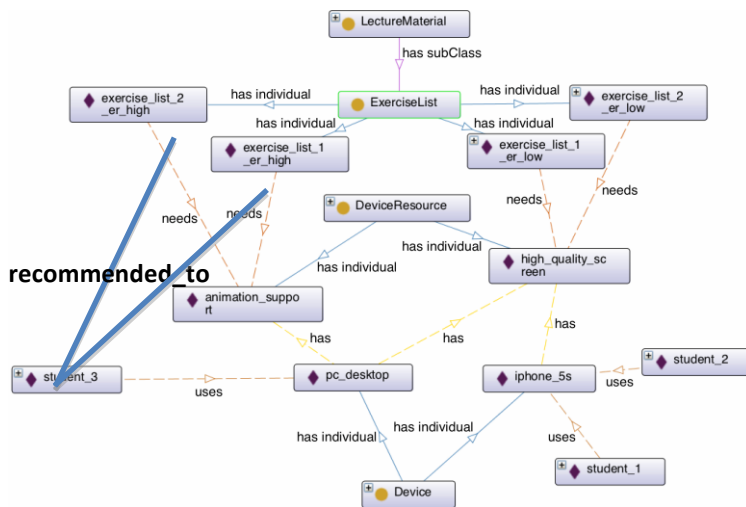
Figura 8. Exemplo da recomendação inferida na ontologia

b) Um material que necessita de um determinado recurso de dispositivo só pode ser recomendado a alunos que acessem o ambiente virtual utilizando dispositivos que possuem tais recursos. A Figura 9 apresenta a regra criada na linguagem SWRL.

```
Device(?d), DeviceResource(?dr), LectureMaterial(?el), Student(?s),
device_has_deviceResource(?d, ?dr), lectureMaterial_needs_resource(?el, ?dr),
student_uses_device(?s, ?d) -> recommended_to(?el, ?s)
```

Figura 9. Recomendação baseada em recursos de dispositivos

A partir da criação desta regra, foi possível criar as ligações de recomendação (*recommended\_to*) entre os materiais de apoio e os alunos. No exemplo apresentado abaixo (Figura 10), o estudante *student\_3* utiliza um dispositivo (*pc\_desktop*) que possui suporte a animações (*animation\_support*). Desta forma, como existem exercícios que exigem estes recursos para a execução (*exercise\_list\_2\_er\_high* e *exercise\_list\_1\_er\_high*), eles são recomendados ao aluno.



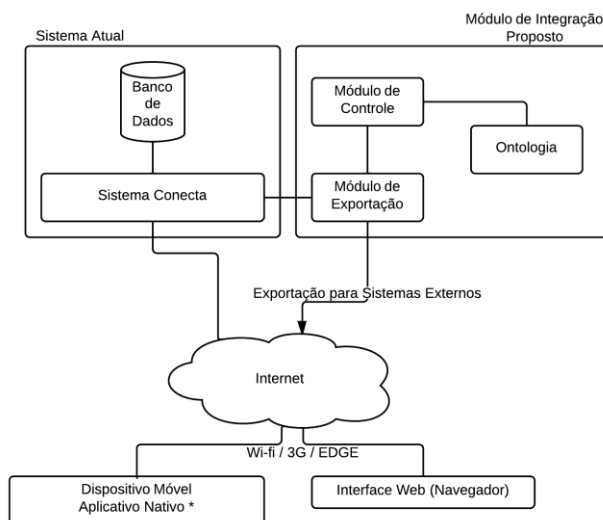
**Figura 10. Exemplo da recomendação inferida na ontologia**

Com os testes de inferência realizados (em uma pequena porção da realidade modelada, podemos concluir que a recomendação de materiais foi realizada de forma satisfatória. Porém, há a necessidade de integração da ontologia proposta com o sistema *Conecta* para a realização de testes de usabilidade com alunos.

## 5.2. Proposta de Arquitetura de Aplicação da Ontologia

Para integrar a ontologia proposta neste trabalho com o ambiente virtual *Conecta* definimos uma proposta de arquitetura de software, apresentada na Figura 11.

A arquitetura é composta pelo sistema atual do ambiente virtual *Conecta*, composto pelo sistema *Conecta* em si e o banco de dados que armazena as informações utilizadas pelo sistema. Atualmente, o sistema *Conecta* é disponibilizado para acesso somente via interface web, porém há uma versão nativa para o sistema operacional Android em desenvolvimento.



**Figura 11. Arquitetura proposta para integração da ontologia**

Para realizar a integração da ontologia proposta com o sistema atual, é necessária a criação de um módulo de integração, composto de três componentes principais:

- **Ontologia:** o arquivo OWL-DL referente à ontologia modelada neste trabalho, armazenada em um servidor e utilizada pelo módulo de integração;

- **Módulo de Controle:** um conjunto de algoritmos, que combinados com *softwares* de terceiros são capazes de realizar inferências sobre as definições da ontologia e executam determinados serviços de acordo com as inferências feitas;

- **Módulo de Exportação:** módulo responsável por permitir com que aplicações externas sejam capazes de utilizar as definições da ontologia proposta. Além disso, realiza a integração de comunicação com o ambiente virtual Conecta.

## 6. Conclusões

AVAs têm sido utilizados por professores na educação superior de forma integrada ao ensino presencial. Geralmente, eles são utilizados desta forma como ferramenta de suporte ao ensino.

Atualmente, no ambiente Conecta, utilizado na Unijuí, materiais de apoio são disponibilizados por professores de acordo com o andamento das disciplinas. Esta abordagem apresenta alguns problemas: (i) o professor precisa preparar materiais e modificá-los de acordo com o andamento das aulas, e (ii) os materiais de apoio e ferramentas são apresentados da mesma forma a todos os alunos, desconsiderando o nível de aprendizado dos alunos nos conteúdos e o dispositivo no qual os alunos estão acessando o ambiente virtual.

Deste modo, foi proposta a definição de uma ontologia que representou os elementos necessários para a realização de recomendações de materiais de acordo com informações de contexto.

Como validação da proposta, foram realizadas inferências para representar a recomendação de materiais baseada em informações de contexto. Uma validação experimental não pôde ser realizada, pois necessita da implementação do módulo de integração proposto na Seção 5.2.

Apesar do foco técnico da proposta, o objetivo final foi oferecer um método de recomendação de materiais de apoio a alunos de forma flexível e adaptada às necessidades dos alunos. Desta forma, espera-se que a integração deste método com o ambiente Conecta permita uma melhora na interação dos alunos com os materiais de apoio e que em geral exista uma melhora no processo de ensino-aprendizagem.

Como trabalhos futuros, sugere-se a implementação do módulo de integração da ontologia proposta com o ambiente virtual Conecta, a realização de testes experimentais com alunos de disciplinas na área de Banco de Dados, comparando as informações de utilização e avaliação da adaptação com as informações levantadas no cenário motivador descrito neste trabalho e a inclusão de novas informações de contexto no processo de recomendação de materiais.

## Referências Bibliográficas

- ACM. The 2012 ACM Computing Classification System. Disponível em: <<http://www.acm.org/about/class>>. Acesso em: 03 fev. 2014.
- ATutor. ATutor Learning Management. Disponível em: <[atutor.ca](http://atutor.ca)>. Acesso em: 03 fev. 2014.
- Borst, W. Construction of Engineering Ontologies for Knowledge Sharing and Reuse. PhD thesis, University of Twente, P.O. Box 217 - 7500 AE Enschede - The Netherlands, 1997.
- Dey A. K., Abowd G. D., Salber D., "A conceptual framework and a toolkit for supporting the rapid prototyping of context-aware applications," *Hum.-Comput. Interact.*, vol. 16, pp. 97–166, Dezembro, 2001. <http://dx.doi.org/10.1207/S15327051HCI16234>
- Dragan, and Marek Hatala. "Ontology mappings to improve learning resource search." *British Journal of Educational Technology* 37.3 (2006): 375-389.
- Iahnke, Silvana L.P.; Botelho, Silvia S. da Costa; Oliveira, Rodrigo R.; DOS Santos, Rafael A. Penna; Carvalho, Jônata T. "Educação Ubíqua: a tecnologia dando suporte ao processo de ensino-aprendizagem em qualquer lugar, em qualquer instante." Rio Grande do Sul: Rio Grande: FURG. 2013
- Jacome Junior, Luiz, et al. "Uma Extensão do Moodle para Recomendação Ubíqua de Objetos de Aprendizagem." *Revista Renote* 10.3 (2012).
- Makris, P., Member, S., and Skoutas, D. N., "A Survey on Context-Aware Mobile and Wireless Networking : On Networking and Computing Environments ' Integration," vol. 15, no. 1, pp. 362–386, 2013.
- Maran, Vinícius, and José Palazzo M. de Oliveira. "Uma Revisão de Técnicas de Distribuição e Persistência de Informações de Contexto e Inferências de Situações em Sistemas Ubíquos." *Cadernos de Informática* 8.1 (2014): 1-46.
- McGuinness, Deborah L., and Frank Van Harmelen. "OWL web ontology language overview." *W3C recommendation* 10.2004-03 (2004): 10.
- Moodle. Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment. Disponível em: <[moodle.org.br](http://moodle.org.br)>. Acesso em: 03 fev. 2014.
- Noy, Natalya F., and Deborah L. McGuinness. "Ontology development 101: A guide to creating your first ontology." (2001).
- OSFWiki. Ontology Technologies. Disponível em: <[http://wiki.opensemanticframework.org/index.php/Inferencing\\_with\\_Protégé](http://wiki.opensemanticframework.org/index.php/Inferencing_with_Protégé)>. Acesso em: 03 fev. 2014.
- Parise, Douglas, et al. "U-Learning—O futuro do EAD?." Em: Seminário Nacional de Inclusão Digital (SENID). Passo fundo – RS. (2014).
- Siadaty, Melody, et al. "m-LOCO: An ontology-based framework for context-aware mobile learning." Em: *Proc. of the 6th Int. Workshop on Ontologies and Semantic Web for Intelligent Educational Systems at the 9th Int. Conf. on Intelligent Tutoring Systems*. 2008.

- Strang, Thomas, and Claudia Linnhoff-Popien. "A context modeling survey." *Workshop Proceedings*. 2004.
- Studer, Rudi, V. Richard Benjamins, and Dieter Fensel. "Knowledge engineering: principles and methods." *Data & knowledge engineering* 25.1 (1998): 161-197.
- Teleduc. Website do Teleduc. Disponível em: <teleduc.org.br>. Acesso em: 03 fev. 2014.
- Unijuí-Conecta. Unijuí Virtual. Disponível em: <<http://www.unijui.edu.br/servicos-de-informatica/unijui-virtual>>. Acesso em: 03 fev. 2014.
- Weiser, Mark. "The computer for the 21st century." *Scientific american* 265.3 (1991): 94-104.
- Yu, Zhiwen, et al. "Ontology-based semantic recommendation for context-aware e-learning." Em: *Ubiquitous Intelligence and Computing*. Ed. Springer Berlin Heidelberg, 2007. 898-907.