



**UNISINOS**

**Programa Interdisciplinar de Pós-Graduação em**

# **Computação Aplicada**

**Mestrado Acadêmico**

Marcos de Meira Góis

**MELHORIAS PARA UM SISTEMA DE RECOMENDAÇÃO  
BASEADO EM CONHECIMENTO A PARTIR DA  
REPRESENTAÇÃO SEMÂNTICA DE CONTEÚDOS**

São Leopoldo, 2015

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS  
UNIDADE ACADÊMICA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA INTERDISCIPLINAR DE PÓS-GRADUAÇÃO  
EM COMPUTAÇÃO APLICADA  
NÍVEL MESTRADO

MARCOS DE MEIRA GÓIS

MELHORIAS PARA UM SISTEMA DE RECOMENDAÇÃO  
BASEADO EM CONHECIMENTO A PARTIR DA  
REPRESENTAÇÃO SEMÂNTICA DE CONTEÚDOS

São Leopoldo

2015

Marcos de Meira Góis

MELHORIAS PARA UM SISTEMA DE RECOMENDAÇÃO  
BASEADO EM CONHECIMENTO A PARTIR DA  
REPRESENTAÇÃO SEMÂNTICA DE CONTEÚDOS

Trabalho de Dissertação de Mestrado, apresentado ao Conselho, Departamento, Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada da Universidade do Rio dos Sinos, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciências da Computação. Exemplar apresentado para defesa da dissertação.

**Linha de pesquisa: Informática na Educação**

**Orientador: Prof. Dr. Sandro José Rigo**

São Leopoldo

2015

G616m Góis, Marcos de Meira.  
Melhorias para um sistema de recomendação baseado em  
conhecimento a partir da representação semântica de conteúdos /  
Marcos de Meira Góis. – 2015.  
125 f. : il. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) – Universidade do Vale do Rio dos  
Sinos, Programa Interdisciplinar de Pós-Graduação em  
Computação Aplicada, 2015.

"Orientador: Prof. Dr. Sandro José Rigo."

1. Sistemas de recomendação. 2. Filtragem baseada em  
conteúdo. 3. Web semântica. I. Título.

CDU 004

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
(Bibliotecário: Flávio Nunes – CRB 10/1298)

Marcos de Meira Góis

MELHORIAS PARA UM SISTEMA DE RECOMENDAÇÃO BASEADO EM  
CONHECIMENTO A PARTIR DA REPRESENTAÇÃO SEMÂNTICA DE  
CONTEÚDOS

Dissertação apresentada à Universidade do Vale do Rio dos  
Sinos – Unisinos, como requisito parcial para obtenção do  
título de Mestre em Computação Aplicada.

Aprovado em 03 de agosto de 2015

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Sandro Jose Rigo - Unisinos

---

Prof. Dr. Jorge Luis Victoria Barbosa - Unisinos

---

Sílvio César Cazella - UFCSPA

Prof. Dr. Dr. Sandro Jose Rigo (Orientador)

Visto e permitida a impressão

São Leopoldo

Prof. Dr. Cristiano André da Costa  
Coordenador PPG em Computação Aplicada

*Dedico este trabalho a todos que de alguma forma outra contribuíram para que fosse possível concluí-lo, mesmo após muitas horas de desgaste e cansaço. Também para aqueles que mesmo nas horas difíceis externaram palavras de confiança e atitudes que me estimularam a continuar em frente.*

*Em especial registro meu agradecimento ao meu orientador que sempre me motivou e incentivou a prosseguir nas pesquisas a fim de ampliar o conhecimento. Isto culminou no meu maior interesse, aproveitamento e dedicação durante os momentos da pesquisa.*

*Também dedico em especial a minha esposa que sempre me incentivou nos estudos e me deu a base familiar necessária para alcançar mais esta conquista.*

## **AGRADECIMENTOS**

Ao realizar mais um importante passo em minha formação acadêmica, percebo o grande valor das pessoas que me auxiliaram na realização desta etapa.

Assim, declaro agradecimento;

... Aos meus pais e irmãs que sempre me incentivaram nesta jornada;

... A minha esposa, pelo amor, compreensão, paciência e incentivo nos momentos difíceis;

... Aos professores, em especial Sandro Jose Rigo, meu orientador e aos demais pelos conselhos e pela liberdade proporcionada durante a realização deste trabalho.

... Agradeço também de forma geral a todos que de alguma forma contribuíram para que fosse possível mais esta conquista na minha vida.

## RESUMO

Os Sistemas de Recomendação já estão consolidados como ferramentas que apoiam os usuários a superar as dificuldades geradas pelo volume excessivo de conteúdos disponíveis em formato digital, tendo sido projetados para realizar de forma automatizada as tarefas de classificação de conteúdos e de relacionamento deste com interesses e necessidades dos usuários. Um dos problemas ainda observados nestes sistemas está relacionado com a fragilidade de algumas abordagens de classificação e relacionamento de conteúdo que se baseiam principalmente em aspectos sintáticos dos conteúdos tratados. Os sistemas de recomendação baseados em conhecimento buscam mitigar este problema a partir da incorporação de elementos semânticos nos processos de indexação e relacionamento dos materiais. Apesar de bons resultados observados, ainda são identificadas necessidades de investigação, tanto nas atividades de classificação dos conteúdos, como na representação e tratamento dos relacionamentos entre conteúdos e possíveis interessados.

Este trabalho busca colaborar com o desenvolvimento nesta área a partir da proposta de um sistema de recomendação baseado em conhecimento e voltado para a recomendação de materiais educacionais em um contexto de pequenos grupos de estudantes. O diferencial deste sistema se dá através de um processo de incorporação da semântica associada com os assuntos tratados e também com a utilização de aspectos semânticos para representar as necessidades e relacionamentos originados pelos usuários do sistema. O principal diferencial deste sistema está localizado na utilização de um algoritmo de recomendação híbrido, no qual tanto aspectos sintáticos como semânticos são empregados. Para avaliar o sistema de recomendação proposto, foi realizada a sua prototipação e teste em um ambiente controlado.

Palavras-chave: Sistemas de Recomendação; Filtragem baseada em conteúdo; Web Semântica.



## ABSTRACT

The Recommendation systems are already established as tools that support users to overcome the difficulties caused by the excessive volume of content available in digital format and was designed to conduct automated the content classification tasks and relationship of this with wins users. One of the problems observed in these systems is related to the weakness of some classification approaches and content relationship rely mainly on methodical aspects of the discussed subjects. Recommendation systems based on knowledge seek to mitigate this problem from the incorporation of semantic elements in the indexing processes and material relationship. Despite good results observed, research needs are also identified, both used to classify content activities, such as the representation and treatment of relationships between content and potential stakeholders.

This paper seeks to contribute to the development in this area from the proposal for a recommendation system based on knowledge and facing the recommendation of educational materials in a context of small groups of students. The spread of this system is through a semantics of the merger process associated with these types of concerns and also with the use of semantic aspects to represent the needs and relationships originated by system users. The main distinguishing feature of this system is located in the use of a hybrid recommendation algorithm in which both syntactic and semantic aspects are employed. To evaluate the proposed recommendation system, it is due for prototyping and testing in a controlled environment.

**Keywords:** Recommender Systems; content based filtering, semantic web.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Filtragem baseada em conteúdo .....	28
Figura 2 - Filtragem Colaborativa .....	32
Figura 3 - Proposta para a estrutura da Web Semântica.....	34
Figura 4 - Arquitetura do modelo proposto EDUADAPT .....	42
Figura 5 - Ontologia para competências e habilidades do professor.....	44
Figura 6 - Recursos de inferência.....	46
Figura 7 - Resposta do sistema.....	46
Figura 8 - Arquitetura do Sistema de Recomendação.....	47
Figura 9 - Perfil do Usuário e Material didático .....	49
Figura 10 - Lista de postagem .....	50
Figura 11 - Manutenção do conteúdo para discussão.....	51
Figura 12 - Arquitetura do sistema.....	52
Figura 13 - Integração do modelo LOCAL e o modelo RECMOBCOLABORATIVA.....	53
Figura 14 - Arquitetura do UbiGroup.....	55
Figura 15 - Arquitetura do modelo.....	67
Figura 16 - Fluxo de recomendação .....	69
Figura 17 - Diagrama de caso de uso geral do modelo .....	74
Figura 18 - Recomendação de material .....	76
Figura 19 - Diagrama de classes do protótipo .....	77
Figura 20 - Diagrama de sequência .....	78
Figura 21 - Manutenção de Professores .....	80
Figura 22 - Disciplinas do professor .....	81
Figura 23 - Avaliação de material .....	82
Figura 24 - Manutenção dos alunos .....	84
Figura 25 - Disciplinas do aluno .....	85
Figura 26 - Avaliação de material   Aluno .....	86
Figura 27 - Dados das disciplinas.....	87
Figura 28 - Habilidades dos materiais .....	88
Figura 29 - Habilidades da disciplina.....	89
Figura 30 - Cadastro do Material .....	90
Figura 31 - Processo da Recomendação.....	91

Figura 32 - Ontologia de banco de dados.....	100
Figura 33 - Ontologia de materiais.....	102
Figura 34 - Ontologia para aluno   Elementos.....	103
Figura 35 - Ontologia para aluno .....	104

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comparação dos trabalhos relacionados .....	57
Tabela 2 - Requisitos do modelo proposto .....	58
Tabela 3 – Fases do RUP .....	73
Tabela 4 - Detalhamento da recomendação .....	92
Tabela 5- Volume da carga de dados .....	108
Tabela 6 - Comparativo de recomendações .....	109
Tabela 7 - Itens avaliados .....	110
Tabela 8 - Competências dos materiais .....	111
Tabela 9 - Itens recomendados com suas competência .....	111
Tabela 10 - Itens avaliados pelo aluno de maior similaridade .....	112
Tabela 11 – Vínculo das competência .....	113
Tabela 12 - Itens da Recomendação por semântica .....	113

## LISTA DE ABREVIATURAS

LMS	<i>Learnig Manager System</i>
TIC	Tecnologia da Informação e Comunicação
OA	Objetos de Aprendizagem
IES	Instituições de Ensino Superior
TIC	Tecnologias de comunicação e informação
SR	Sistemas de recomendação
IEEE-LOM	<i>IEEE Standard for Learning Object Metadata</i>
TF-IDF	<i>Term-frequency Inverse-Document-Frequency</i>
W3C	<i>World Wide Web Consortium</i>
RDF	<i>Resource Description Framework</i>
SPARQL	<i>SPARQL Query Language for RDF</i>
OWL	<i>Web Ontology Language</i>
SKOS	<i>Semantic Web Standards</i>
URI	<i>Uniform Resource Identifier</i>
DI	<i>Description Logic</i>
OAI-PMH	<i>Open Archives Initiative Protocol for Metadata Harvesting</i>
PNS	<i>Push Notification Service</i>
Rodac	<i>Recommendation Of Digital Academic Content</i>
ERD	<i>Entity Relationship Diagram</i>
SGBD	<i>Data Base Management System</i>
RUP	<i>Rational Unified Process</i>
LOM	<i>Learning Object Metadata</i>
DDL	<i>Data Definition Language</i>
DML	<i>Data Manipulation Language</i>
DCL	<i>Data Control Language</i>
SQL	<i>Structured Query Language</i>

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Vantagens e desvantagens das filtragens baseada em conteúdo e colaborativa .....	33
Quadro 2 - Tabela dos elementos da proposta para a Web Semântica.....	34
Quadro 3 - Classificação das ontologias .....	39
Quadro 4 - Trecho de código da recomendação por conteúdo.....	95
Quadro 5 - Trecho de código   Colaboração.....	97
Quadro 6 - Trecho de código   Semântica .....	99

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>17</b>
1.1	Motivação .....	20
1.2	Caracterização do problema .....	21
1.3	Questão de Pesquisa .....	23
1.4	Objetivos e aspectos metodológicos.....	23
1.5	Objetivo Geral.....	23
1.6	Objetivos Específicos .....	23
1.7	Aspectos metodológicos preliminares .....	24
1.8	Contribuição proposta.....	24
1.9	Organização do Documento .....	25
<b>2.</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>27</b>
2.1	Sistemas de Recomendação.....	27
2.2	Filtragem baseada em conteúdo.....	28
2.3	Filtragem colaborativa .....	30
2.4	Filtragem híbrida .....	33
2.5	<b>Web Semântica</b> .....	<b>33</b>
2.6	RDF .....	36
2.7	RDF SCHEMA.....	36
2.8	OWL .....	37
2.9	Ontologias.....	37
2.10	Objetos de aprendizagem .....	39
2.11	Competência na educação superior .....	40
<b>3.</b>	<b>TRABALHOS RELACIONADOS</b> .....	<b>41</b>
3.1	EDUADAPT .....	41
3.2	Sistema de recomendação na gestão de competências.....	43
3.3	Recomendações de Materiais Didáticos para Ambientes Virtuais de Aprendizagem.....	47
3.4	PHOAKS .....	49
3.5	SisRecCol.....	50
3.6	RECMOBCOLABORATIVA .....	52
3.7	A semantic social network-based expert recommender system .....	53
3.8	Codina e Cacaroni.....	54
3.9	UbiGroup.....	55
3.10	Avaliação dos Ambientes Pesquisados .....	56
<b>4.</b>	<b>O MODELO RODAC</b> .....	<b>61</b>
4.1	Visão geral .....	61
4.2	Arquitetura do Modelo .....	66
4.3	Abordagem de recomendação baseada em conhecimento .....	70
<b>5.</b>	<b>PROTÓTIPO</b> .....	<b>73</b>
5.1	Ferramentas e artefatos .....	73
5.2	Telas principais do protótipo .....	79
5.3	Aspectos ligados ao professor .....	79
5.4	Aspectos relacionados ao Aluno .....	83
5.5	Aspectos disponíveis ao Administrador .....	87
5.6	Aspectos da recomendação.....	91
5.7	Detalhamento descritivo das principais tabelas do protótipo .....	93
5.8	Detalhamento dos cálculos para recomendação utilizados no protótipo .....	94
5.8.1	Recomendação por conteúdo .....	95
5.8.2	Recomendação por colaboração .....	96
5.8.3	Recomendação por conhecimento .....	98
5.8.4	Ontologias empregadas .....	100
<b>6.</b>	<b>AVALIAÇÃO DO MODELO</b> .....	<b>105</b>
6.1	Abordagem adotada para a avaliação.....	105
6.2	Etapas da simulação de uso do sistema .....	107
6.3	Resultados obtidos e análise.....	108

6.4	Análise individual das recomendações.....	110
6.5	Análise geral das recomendação.....	114
<b>7.</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>117</b>
<b>8.</b>	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>121</b>



## 1. INTRODUÇÃO

A ampla utilização e a frequente convergência das tecnologias de informação e comunicação (TIC) vêm diversificando as formas de obtenção e troca de informações. A comunicação através de dispositivos variados como notebooks, *tablets*, *smartphones* e os novos dispositivos móveis, vem modificando o modo como às informações são utilizadas no meio acadêmico. Neste contexto assiste-se ao aumento crescente do volume das informações disponíveis para acesso em meio digital. Isso é provocado não só pela massificação do acesso às tecnologias de informação e da globalização do acesso à Internet, mas também como consequência do aumento do número de usuários que utilizam a Internet a partir de dispositivos móveis.

Esta grande expansão tecnológica apoiada às novas práticas adotadas em ambientes educacionais torna o uso destes recursos um aliado para os educadores. Uma vez que em sua grande maioria, os alunos já estão habituados e adaptados no uso destes dispositivos, faz-se necessário aliar esta grande massa de informações, de conteúdo educacional, através do uso através destes dispositivos.

Além destes aspectos, atualmente existe uma grande facilidade de publicação de novos conteúdos e de materiais variados, como textos, vídeos, áudio, apenas para citar alguns exemplos. Esta facilidade de publicação é complementada pela facilidade de acesso, tanto com dispositivos como por meio de sistemas variados, tais como as mídias sociais, as comunidades de relacionamento, ambientes virtuais de aprendizagem, os repositórios de materiais e os sistemas de recuperação de informação. Uma grande quantidade de materiais educacionais está disponível na Internet, mas mesmo assim, encontrar materiais que contribuam com o aprendizado é um processo trabalhoso e muitas vezes cansativo (BARCELLOS, MUSA, BRANDÃO, & WARPECHOWSKI, 2007).

A facilidade de uso, a grande disseminação e a adoção de tecnologias de comunicação e informação na sala de aula faz com que educadores e instituições de ensino adotem progressivamente uma maior utilização de material digital nos processos de ensino e aprendizagem (Kensky, 2008). Os Objetos de Aprendizagem (OA) são uma destas possibilidades, sendo definidos como uma entidade digital que pode ser utilizada, reutilizada ou referenciada durante o processo de ensino apoiado pela tecnologia (WILEY, 2000). É relevante

ressaltar que, com o passar do tempo, a grande quantidade de material didático disponível pode dificultar a interação entre usuário e o material desejado, pois, de acordo com (CAZELLA & REATEGUI, 2006), a grande quantidade de informação em meio digital às vezes atrapalha as pessoas que estão à procura de conhecimentos sobre um determinado tema e essa dificuldade se agrava quando o usuário apresenta pouca ou nenhuma experiência sobre o que está sendo pesquisado.

Os sistemas de recomendação (Burke, 2002) vêm se consolidando como ferramentas que permitem mitigar esta dificuldade na busca por materiais digitais desejados e adequados a um determinado interesse ou usuário. Estes sistemas auxiliam nas buscas por materiais através da relevância atribuída por outros leitores que acabam por prestar recomendações para o público interessado no mesmo assunto. As estratégias de recomendação podem ser realizadas com base em conteúdo ou com base em colaboração. Quando as recomendações são baseadas em conteúdo, o usuário receberá recomendações de itens similares a itens preferidos no passado. Já no caso de recomendações colaborativas o usuário receberá recomendações de itens que pessoas com gostos similares aos dele preferiram no passado. Existe também uma terceira forma de atuação que se dá através de métodos híbridos. Estes métodos combinam tanto estratégias de recomendação baseadas em conteúdo quanto a estratégias baseadas em colaboração (BALABANOVIC & SHOHAM, 1997).

Apesar de seus resultados positivos e da ampliação de sua utilização, os sistemas de recomendação possuem limitações, mesmo quando integram técnicas diversas, como no caso das abordagens híbridas. As limitações mais conhecidas são associadas com as situações como a partida a frio, quando o sistema ainda não coletou dados suficientes para realizar recomendações; com dados esparsos, quando a distribuição das informações não possibilita uma cobertura adequada das opções a avaliar e sugerir; a super especialização, que se manifesta quando o sistema segue tendências de recomendação em nichos e, portanto, não adequadas; ou a dependência de domínio de conhecimento (Codina, 2010).

Estes problemas vêm sendo tratados em abordagens que investigam melhorias possíveis com a inclusão de aspectos semânticos no tratamento dos dados. A utilização de recursos da web semântica para representar os dados tratados pelos sistemas de recomendação pode ser observada em diversos trabalhos (Pasquale Lops, 2011); (Cai-Nicolas Ziegler, 2005); (Gediminas Adomavicius, 2005); (Blanco-Fernández, Pazos-Arias, Gil-Solla, Ramos-Cabrer, & Lopez-Nores, 2008). Algumas das vantagens relatadas são as possibilidades de

contextualização dinâmica dos interesses dos alunos em domínios de conhecimento específicos; a utilização de dados incompletos para a geração de inferências, a superação de problemas de precisão observados nos modelos que atuam apenas no nível sintático dos documentos tratados.

Portanto os sistemas de recomendação baseados em conhecimento e baseados na utilização de tecnologias da web semântica buscam mitigar os problemas observados em sistemas de recomendação que usam filtragem baseada em conteúdo ou colaborativa, a partir da incorporação de elementos semânticos nos processos de indexação e relacionamento dos materiais. Apesar de bons resultados observados, ainda são identificadas necessidades de aprofundamento de investigações, tanto nas atividades de catalogação e classificação dos materiais, como na representação e tratamento dos relacionamentos entre materiais e possíveis interessados. Alguns dos pontos de investigação identificados na leitura de materiais relacionados estão associados com a representação semântica dos documentos, com o uso de metadados para identificação dos assuntos; uso de anotação semântica indicando os assuntos e o tipo de material; uso de anotação semântica identificando as situações em que o documento deve e pode ser usado de forma mais proveitosa; relacionamento de disciplinas e suas necessidades, para relacionar com documentos de apoio. Além disso, de especial interesse para este trabalho é o fato de que estes sistemas de recomendação baseados em conhecimento ainda não são observados de forma prática aplicados em domínios diversos, como se observa com os demais sistemas de recomendação. Desta forma, identifica-se uma oportunidade de realização de um estudo envolvendo em especial o atributo de aplicação na área de educação, conforme será detalhado na motivação (item 1.1).

Este trabalho busca colaborar com o desenvolvimento nesta área a partir da proposta de ampliação de um sistema de recomendação baseado em conhecimento e voltado para a recomendação de materiais educacionais em um contexto de pequenos grupos de estudantes. A ampliação deste sistema se dá pela inclusão de um processo de incorporação da semântica associada com os documentos tratados e também com a utilização de aspectos semânticos para representar as necessidades e relacionamentos originados pelos usuários do sistema.

O principal diferencial deste sistema está na utilização de um algoritmo de recomendação híbrido, no qual tanto aspectos sintáticos como semânticos são empregados. Este algoritmo de recomendação híbrido irá utilizar recursos de filtragem por conteúdo, recursos de filtragem colaborativa e recursos de filtragem por conhecimento, cujos resultados individuais serão combinados para a obtenção da recomendação final, de acordo com atributos que possam

identificar e compensar as fragilidades de cada tipo de filtragem. Para avaliar o sistema de recomendação proposto, foi realizada a sua implementação em um protótipo e executados testes em um ambiente controlado.

## 1.1 Motivação

Quando a quantidade de conteúdo disponibilizada em um ambiente de aprendizagem virtual expande-se consideravelmente, torna-se necessário utilizar alguma ferramenta que permita ao usuário encontrar o material que satisfaça aos seus interesses, suas necessidades e preferências. Esta é a demanda que motiva a presente proposta da criação de um sistema de recomendação voltado para o uso no contexto de ambientes virtuais de ensino e aprendizagem, envolvendo um ambiente acadêmico.

Ambientes virtuais de ensino e aprendizagem se apresentam num grande e crescente uso em âmbito educacional, como apoio ao processo de ensino-aprendizagem na educação. Nesses ambientes geralmente são armazenados materiais didáticos utilizados nos cursos, tais como documentos de texto, apostilas e até mesmo arquivos de áudio e vídeo. Com o passar do tempo, o número de materiais didáticos tende a crescer, tornando-se importante a existência de uma ferramenta que efetue recomendações personalizadas aos usuários do ambiente. Além disso, em geral estes ambientes não utilizam as informações geradas pelo uso dos materiais e nem pela indicação dos estudantes quanto à sua percepção dos materiais, informações estas que poderiam ser de proveito para a geração de recomendações colaborativas de material instrucional.

A criação de sistemas para a gestão de conteúdos educacionais é fundamental para auxiliar as atividades do professor na criação e na atualização de materiais digitais. Também oferecem aos alunos acesso a materiais de acordo com seus interesses, permitindo complementar os conhecimentos adquiridos sobre um tema. Esses sistemas devem oferecer ferramentas e mecanismos para integrar as atividades de autoria de materiais e anotação semântica de OAs, assim como para integração e a busca semântica de OAs.

Para que um sistema de recomendação possa desempenhar a sua função é necessário que este represente e trate os problemas do utilizador, as suas necessidades, as suas dificuldades, os seus objetivos e as suas preferências. Deste modo é necessário que estes sistemas possuam uma representação de todas estas características. Mais ainda, é necessário

que o sistema possua também conhecimento sobre o domínio de conhecimento no qual vai auxiliar o utilizador.

O sistema proposto visa atender a necessidade de recomendações de materiais didáticos, em formato digital, para os alunos de modo a envolver também a comunidade de docentes, considerando que estes compartilharão os materiais e farão recomendações para seus alunos no decorrer do semestre letivo. O contexto considerado é o contexto das Instituições de Ensino Superior (IES).

Portanto, tomando como base o contexto no qual os Sistemas de Recomendação são considerados como relevantes para o tratamento do problema de acesso aos materiais digitais atualmente abundantes (CAZELLA & REATEGUI, 2006); (BURKE, 2012); (Jesús Bobadilla, 2013) e considerando as suas limitações, a motivação do presente trabalho está associada com a indicação de diversos autores (SEMERARO, 2011) que os resultados das recomendações podem ser ampliados com o uso de recursos semânticos.

## 1.2 Caracterização do problema

A cada início do semestre o professor se depara com uma velha questão: os materiais que utilizarei para as aulas estão adequados e atualizados para os alunos neste semestre?

Diante desta problemática, em todo o início e também no andamento de cada semestre os professores investem tempo considerável de dedicação em busca de atualização ou da procura de novos materiais digitais com o intuito de auxiliar suas aulas.

Mediante a proposta pedagógica da IES e de posse da ementa da disciplina cada professor realiza suas pesquisas com a intenção de encontrar os melhores e mais atualizados materiais e variedade de tipos de conteúdo no formato digital que possa utilizar para recomendar aos alunos da disciplina em andamento. Nesta busca exaustiva, os professores encontram grandes dificuldades, pois com a imensa disponibilidade de conteúdo publicado, torna-se uma difícil missão realizar a leitura, avaliação e a eventual adequação destes conteúdos a fim de ajustar para a realidade da sua disciplina.

Cada material destacado pelo professor deverá também ser avaliado para verificar se o conteúdo exposto auxiliará em alguma das habilidades necessárias para a disciplina em questão. Sendo assim, além da leitura, avaliação e recomendação do material digital o professor

também deverá observar se o conteúdo do material está de acordo com a ementa da disciplina e também quais habilidades propostas na ementa este material atenderá.

O professor também tem a missão de observar qual o grau de profundidade em que o material está tratando o, pois isto definirá em qual grau de recomendação este material poderá ser utilizado, pois não há como recomendar conteúdo com nível de aprofundamento em demasia para alunos com pouco ou nenhum conhecimento da causa. Da mesma forma não é viável recomendar conteúdo de nível muito básico para alunos que já detenham algum nível de domínio sobre o tema tratado.

Sendo assim percebe-se que uma atividade que pareceria ser simples e rápida, na maioria das vezes torna-se uma busca exaustiva e cheia de nuances que devem ser observadas pelo professor na hora de recomendar um conteúdo para os alunos da sua disciplina.

No contexto do sistema de recomendação proposto, além de realizar todo este trabalho, o professor submeterá sua análise com anotações pessoais sobre as razões da sua recomendação deste material. Somente após a avaliação pelo grupo de docentes da mesma disciplina é o que o material poderá ser posto a disposição para que o sistema realize o processo de recomendação para os alunos da disciplina, observando que o material deverá ser recomendado observado o contexto da disciplina e as habilidades nela desenvolvidas, bem como o nível e o perfil do aluno.

Por outro lado, sem o uso adequado de sistema de recomendação a tarefa do aluno é encontrar o que procura, no local certo, qualidade desejada, e em determinado tempo. Com pouca experiência para escolhas, o aluno se depara diante de muitas alternativas. Os Sistemas de Recomendação auxiliam no aumento da capacidade e na eficácia do processo de busca e identificação dos materiais. As recomendações podem levar à personalização no atendimento do indivíduo. É um desafio para a máquina saber qual o contexto em que uma palavra está sendo utilizada. Hoje, a maioria dos Sistemas de Recomendação utiliza algoritmos para estruturar informações diretamente em uma base dados. Porém, a representação dos dados geralmente não permite a identificação do contexto em que uma palavra está sendo usada. Contudo, o uso de ontologias, tratadas no item 2.4, pode apoiar a melhoria da filtragem baseada em conteúdo ((GUARINO, 1998). Ao trabalhar com ontologias, pode-se fazer uso da Web Semântica e linguagens para expressar informações de forma processável pela máquina. Deste modo é possível descrever itens em um ambiente virtual de aprendizagem de uma forma padronizada e possível de utilização automática pela máquina.

A grande relevância em se recomendar o material adequado no momento certo pode gerar um impacto positivo no aprendizado do aluno, uma vez que cada recomendação seguirá um grau de aprendizagem segundo a evolução da disciplina no semestre. Sendo assim o professor fará suas recomendações de conteúdo digital de acordo com o andamento dos tópicos segundo a grade da disciplina.

### 1.3 Questão de Pesquisa

Com base na caracterização do problema apresentado na seção anterior, a questão de pesquisa que este trabalho busca responder foi definida como segue:

“É possível obter ganhos na recomendação de materiais instrucionais digitais com o uso de uma abordagem híbrida envolvendo aspectos de filtragem por conteúdo, filtragem colaborativa e filtragem por conhecimento adotando técnicas para incorporar a web semântica, em relação às abordagens baseadas em filtragem por conteúdo e colaborativa?”.

### 1.4 Objetivos e aspectos metodológicos

A seguir são descritos o objetivo geral e os objetivos específicos deste trabalho. Também são indicados alguns aspectos gerais e preliminares da metodologia a ser adotada no desenvolvimento do trabalho.

### 1.5 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é avaliar os possíveis ganhos com a adoção de uma abordagem de recomendação híbrida, que envolva aspectos de web semântica, para a recomendação de materiais instrucionais em um contexto de um pequeno grupo de alunos. A abordagem proposta será comparada com duas abordagens tradicionais, a filtragem por conteúdo e a filtragem colaborativa.

### 1.6 Objetivos Específicos

Para alcançar o objetivo geral indicado, os seguintes objetivos específicos são considerados:

- a) Identificar, na literatura, de tendências e abordagens relacionadas ao trabalho aqui proposto;
- b) Descrever de um modelo para a integração de filtragem por conteúdo, colaborativa e por conhecimento em um sistema de recomendação;
- c) Analisar o contexto de aplicação do sistema de recomendação, modelando os principais requisitos e aspectos de um ambiente acadêmico baseado em Ambiente virtual de aprendizagem;
- d) Modelar e implementar o protótipo do sistema de recomendação;
- e) Avaliar e analisar os resultados obtidos com testes em bases sintéticas.

## 1.7 Aspectos metodológicos preliminares

O desenvolvimento do trabalho considera os seguintes aspectos preliminares.

Inicialmente considera-se o levantamento de informações sobre sistemas de recomendação junto à literatura especializada, para compor um cenário de aspectos, tendências e ferramentas disponíveis.

O contexto de aplicação do trabalho foi definido como o ambiente acadêmico composto por grupos não numerosos de estudantes, que estão envolvidos no processo de ensino-aprendizagem a partir da utilização de um ambiente virtual de aprendizagem como base para relacionamento e para distribuição de material instrucional e outros materiais complementares.

O modelo do sistema de recomendação e o respectivo protótipo devem ser definidos e implementados com base na identificação da oportunidade de pesquisa identificada.

Para a avaliação do protótipo e verificação dos resultados serão empregados recursos de bases de dados sintéticas que permitam simular o ambiente real.

## 1.8 Contribuição proposta

Esta dissertação enfocou a problemática do desafio encontrado pelos professores nas atividades de encontrar, classificar e recomendar materiais instrucionais para os alunos das



disciplinas do curso. Atualmente, com grande facilidade os alunos podem postar ou encontrar os mais diversos tipos de materiais instrucionais na web. No entanto, nem sempre estes materiais são os mais adequados para o processo de ensino-aprendizagem.

Neste sentido, no exercício desta pesquisa, buscamos desenvolver um protótipo capaz de realizar as recomendações de conteúdo instrucional focados no processo de ensino-aprendizagem dos alunos, segundo o acompanhamento dos professores das disciplinas do curso.

Neste protótipo a contribuição apoia-se na melhoria para realizar as recomendações dos materiais pré-avaliados pelos professores indicando que estes estejam em conformidade com o nível de aprendizado do aluno. Também, neste protótipo, adotamos a web semântica para ampliar as possibilidades das recomendações dos materiais. Como contribuição utilizamos as relações existentes entre os diversos materiais. Estas relações são determinadas através dos cadastros das competências destacadas em cada material, segundo o conhecimento dos professores das disciplinas que realizam os cadastros dos materiais contendo habilidades relacionadas as disciplinas do curso.

## 1.9 Organização do Documento

Este documento está construído como descrito a seguir. No capítulo 2 são abordados os fundamentos teóricos de Sistemas de Recomendação e Web Semântica, detalhando os conceitos necessários para o entendimento do trabalho. No capítulo 3 é realizada a análise dos trabalhos que abordam o tema desta pesquisa, sendo realizadas análises e comparações destes trabalhos existentes. No capítulo 4 é apresentado o modelo proposto. No capítulo 5 são apresentadas os detalhes do protótipo implementado. O capítulo 6 descreve a abordagem adotada para a avaliação e analisa os resultados obtidos. As considerações finais sobre o trabalho estão descritas no capítulo 7.



## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo estão descritos elementos gerais de importância para o trabalho desenvolvido. Primeiramente, serão abordadas as características de sistemas de recomendação descritas na literatura. Também serão abordadas as principais técnicas de recomendação, apontando suas vantagens, principais problemas e soluções propostas por diversos autores a fim de solucionar essas falhas. Logo em seguida são descritos aspectos da área da Web Semântica.

### 2.1 Sistemas de Recomendação

As raízes dos sistemas de recomendação podem ser encontradas nos trabalhos extensivos das ciências cognitivas, teoria de aproximação, recuperação da informação, teoria de previsões e também possuem influências das ciências de administração e marketing. A área de sistemas de recomendação emergiu como uma área de pesquisa independente, no meio da década de 90. Os proponentes precursores do sistema de recomendação denominado Tapestry (Goldberg, 1992); (Resnick, 1997), cunharam a expressão “filtragem colaborativa”, visando classificar um tipo específico de sistema no qual a filtragem de informação era realizada pela colaboração entre grupos de interessados. Os autores preferem utilizar a expressão sistemas de recomendação, por ser um termo mais abrangente e utilizam este posicionamento por dois motivos: primeiro porque os recomendadores podem não deixar explícita a colaboração com os indivíduos que as recebem, pois podem ser desconhecido dos demais, e por último os recomendadores podem sugerir itens de interesse particular, incluindo itens que poderiam ser desconsiderados para os demais envolvidos. A problemática posta é como verificar o real interesse em compartilhar, pois na verdade as recomendações denotadas pelos recomendadores estão concentradas em interesses particulares. Na verdade o grupo a ser formado para receber as recomendações deveria pelo menos apresentar indivíduos com interesses explícitos ou comportamento comum.

Os sistemas de recomendações combinam técnicas computacionais a fim de selecionar itens classificados com base nos interesses dos usuários conforme o contexto no qual estão inseridos. Tais itens podem assumir formas bem variadas tais como, por exemplo, livros, filmes, notícias, música, vídeos, anúncios, links patrocinados, páginas de internet, produtos de uma loja virtual.

(Gediminas Adomavicius, 2005) classificaram os sistemas de recomendação como:

- Sistemas de recomendação baseado no conteúdo: nesse tipo de sistema os usuários recebem recomendações de itens com características similares às de outros itens adquiridos no passado.
- Sistemas de recomendação baseado na filtragem colaborativa: nesse tipo de sistema os usuários recebem recomendações com base nas preferências de outros usuários que possuem perfis semelhantes.
- Sistemas de recomendação híbridos: esse tipo de sistema utiliza de forma integrada as técnicas de recomendação baseada no conteúdo e as técnicas de recomendação baseada na filtragem colaborativa.

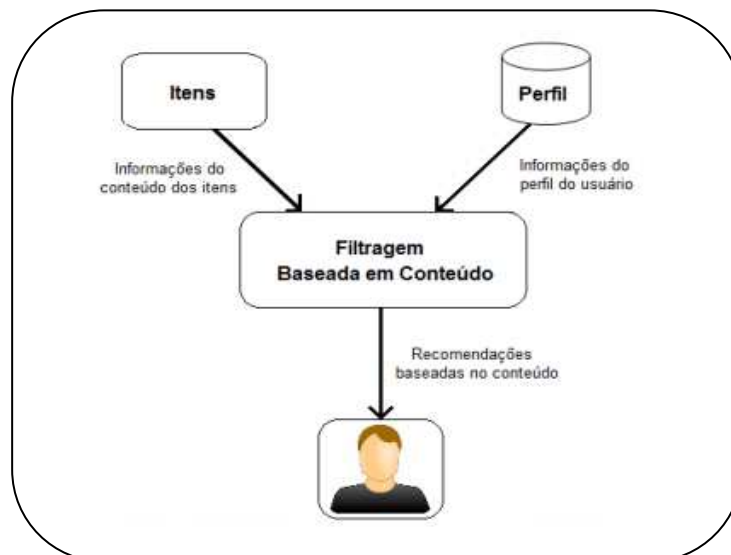
## 2.2 Filtragem baseada em conteúdo

Nesse tipo de recomendação é analisado o histórico da interação entre usuário e ambiente, com o objetivo de se obter a informação de quais produtos foram adquiridos pelos usuários no passado (Alexander Felfernig, 2008).

Sistemas de recomendação baseados no conteúdo tentam prever o grau de utilidade de um determinado produto para um determinado usuário com base em seu histórico. A utilidade de um produto para um usuário tem seu cálculo baseado no grau de utilidade e relevância, para os itens pertencentes ao conjunto de assuntos do interesse, adquiridos em algum momento do passado (Gediminas Adomavicius, 2005).

A seguir a figura 1 apresenta os elementos da filtragem baseada em conteúdo.

Figura 1 - Filtragem baseada em conteúdo



Fonte: (SCHAFER, KONSTAN, & RIEDL, 2001)

Os sistemas de recomendações têm origem nos sistemas de filtragem de informação ou simplesmente nos sistemas de recuperação de informação. O principal objetivo deste (SONG, HUR, & KIM, 2012) é encontrar documentos que correspondam a critério de busca previamente definidos. Em um sistema de recuperação de informação, o usuário informa ao sistema palavras que expressam seus interesses ou necessidades na procura por informação. O sistema executa uma busca por essas palavras em documentos contidos numa base e retorna os documentos mais relevantes para os critérios solicitados. A obtenção da informação, que seleciona documentos de acordo com um critério de pesquisa representa interesses de curto prazo, ou seja, interesses momentâneos traduzidos pelos critérios de busca do usuário.

Uma das técnicas mais populares para representação dos itens em sistemas de filtragem baseada em conteúdo é a TF-IDF (*Term-frequency Inverse-Document-Frequency*) (G, 1989). Esta técnica realiza comparação e cálculo de similaridade a partir da frequência de ocorrência de palavras-chave nos textos. A técnica TF-IDF atribui um peso maior para palavras que aparecem muito em um documento, mas que aparecem em poucos documentos, já que palavras que aparecem em muitos documentos não são úteis para dizer se um documento é relevante ou não. Nesta técnica, para realizar a associação de conteúdo entre os itens, é necessário identificar os atributos em comum entre eles.

Para a criação do perfil do usuário, normalmente são utilizadas técnicas de computação inteligente, que podem extrair informações do comportamento de determinado usuário como, por exemplo, algoritmos de classificação que podem identificar e realizar a divisão entre itens que o usuário gosta e itens que ele não gosta.

O *feedback* é muito importante na fase de aprendizado, podendo ser explícito, quando o usuário qualifica o item que lhe foi oferecido, ou implícito, quando o usuário demonstra interesse no item finalizando com a compra.

Dentre as vantagens da utilização de filtragem baseada em conteúdo, podem-se citar (Filho, 2005) as seguintes:

- Não é necessário que um novo item tenha algum tipo de qualificação, bastando apenas que este seja semelhante ao perfil do usuário.

- Por avaliar a semelhança entre todos os itens, a filtragem baseada em conteúdo não se restringe a itens já avaliados por outros usuários.

Os principais problemas apresentados pela filtragem baseada em conteúdo são:

- As representações de conteúdo de um item não conseguem capturar alguns aspectos, como qualidade de um texto, no caso sistemas de recomendação de documentos, ou informações de multimídia, no caso de sistemas que recomendam páginas da internet.
- Na filtragem baseada em conteúdo pode ocorrer a superespecialização do sistema. A diversidade de itens recomendados fica restrita à similaridade de itens avaliados pelo usuário, sem existir a possibilidade de recomendar itens não relacionados que poderiam ser de interesse do cliente.

O perfil de um usuário é definido a partir dos valores destes atributos dos itens já avaliados por ele. Assim, um novo item pode ser recomendado ao usuário de acordo com a sua similaridade, normalmente calculadas através da medida do cosseno, entre outras possibilidades, com os interesses do usuário extraídos do seu perfil.

### 2.3 Filtragem colaborativa

Abordagens colaborativas de recomendação têm suas origens nas abordagens colaborativas de filtragem de informação introduzidas na década de 90. Desde então, a abordagem colaborativa de recomendação mantém suas características principais e consiste fundamentalmente em recomendar um artefato que foi preferido por usuários similares ao usuário que recebe a recomendação. Segundo (BERKONSKY, EYTANI, & MANEVITZ, 2008), a Filtragem Colaborativa é uma das mais conhecidas técnicas para premeditar e gerar recomendações. Seu algoritmo consiste em montar uma matriz de pontuações, onde as linhas representam os usuários e as colunas os itens, de modo que sejam identificados grupos de usuários com as pontuações aproximadas. Nesse contexto, quanto mais próximas as pontuações, mais semelhantes são os perfis dos usuários.

Uma das tarefas do sistema é identificar os grupos de usuários com características semelhantes, chamados de grupos de pares ou grupos de vizinhos, processo esse chamado de geração da vizinhança (SARWAR, KARYPIS, KONSTAN, & RIEDL, 2000). Esses grupos

devem conter indivíduos com interesses ou comportamentos comuns (CAZELLA, NUNES, & REATEGUI, Estado da arte em Sistemas de Recomendação, 2010).

A priori, neste tipo de técnica nenhuma informação sobre os itens em si é conhecida, sendo que as recomendações são baseadas na semelhança entre os usuários. Nesta técnica de Filtragem Colaborativa tenta-se prever a utilidade do item para o usuário, com base na utilidade do mesmo produto para um conjunto de usuários possuidores de características semelhantes às suas. Um problema dessa técnica surge ao tentar gerar recomendações sem a existência prévia de um histórico do usuário (Burke, 2002). Esse problema, conhecido como “Partida do Novo Usuário” (CAZELLA & REATEGUI, In XXV Congresso da Sociedade Brasileira da Computação, 2006) ou (SCHAFER, FRANKOWSKI, SEN, & HERLOCKER, 2007), acontece quando o sistema de recomendação não possui informações suficientes sobre o usuário para gerar as recomendações.

Um dos primeiros sistemas a utilizar a filtragem colaborativa foi o Tapestry. A proposta do Tapestry é fazer com que as pessoas colaborem entre si para realizar filtragens descrevendo suas percepções referentes a documentos que receberam. Essas percepções são armazenadas em comentários ou anotações que podem ser consultadas por qualquer outro usuário. Uma forma de utilização desse sistema seria um usuário buscar documentos que outro determina do usuário aprovou. Os principais representantes de sistemas que utilizam filtragem colaborativa, além do *Tapestry*, é o *Group Lens*, Ringo e Bellcore.

A filtragem colaborativa também possui vantagens e problemas identificados por diversos especialistas na literatura. Algumas vantagens deste tipo de técnica (CAZELLA & REATEGUI, In XXV Congresso da Sociedade Brasileira da Computação, 2006) são:

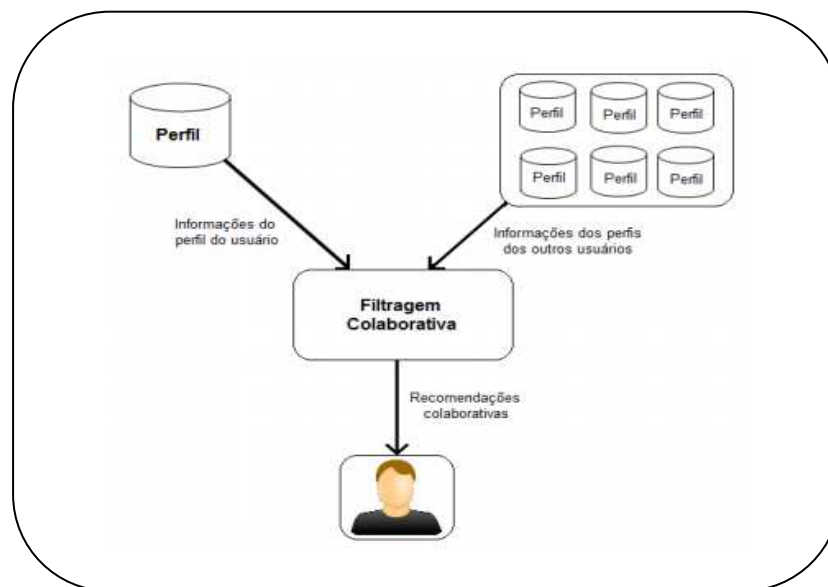
- Como as recomendações são baseadas em avaliações de outros usuários é possível tratar diferentes tipos de conteúdo, não somente documentos textuais.
- A qualidade das recomendações é superior se comparado a sistemas que utilizam filtragem baseada em conteúdo. A justificativa está no fato de sistemas automatizados não serem eficientes em determinar a qualidade de um produto analisando apenas seu conteúdo. A qualidade de um item está implícita na avaliação de outros usuários, sendo possível produzir recomendações de melhor qualidade.

Algumas das desvantagens da filtragem colaborativa (CAZELLA & REATEGUI, In XXV Congresso da Sociedade Brasileira da Computação, 2006) são:

- Se um novo item é introduzido no sistema, não será recomendado até que um dos usuários o avalie. O que traz outra consequência: se o número de usuários do sistema é reduzido em relação à quantidade de itens, ocorre um problema de cobertura, ou seja, a coleção de itens que podem ser recomendados será resumida.
- Outro problema em sistemas utilizando filtragem colaborativa ocorre quando há um usuário cujas preferências diferem dos demais usuários, conhecidos como “ovelhas negras”. Neste caso, não há vizinhos semelhantes ao usuário ativo, ocasionando recomendações que não correspondem às preferências desse usuário.

Há várias técnicas voltadas para a resolução da Partida do Novo Usuário, inclusive a abordagem de Recomendação Híbrida abordada a seguir. A figura 2 apresenta a filtragem colaborativa.

**Figura 2 - Filtragem Colaborativa**



Fonte: Cazella, 2006

Existem dois tipos diferentes de filtragem colaborativa, a baseada em memória e a baseada em modelo. As duas podem ainda se basear nos itens ou nos usuários para a recomendação. As que se baseiam nos usuários usam a similaridade entre um usuário e os seus vizinhos mais próximos para prever a nota que ele daria a itens que ainda não avaliou. As que se baseiam em itens, ao invés de calcularem a similaridade entre os usuários, realizam as previsões a partir da similaridade entre os itens.



## 2.4 Filtragem híbrida

Um sistema de recomendação híbrido (Burke, 2002) é definido como um sistema que combina duas ou mais técnicas de recomendação para poder indicar itens aos usuários. (DONALDSON, 2007) definiu que Sistema de Recomendação Híbrido é aquele que combina a recomendação com base no passado dos usuários e a recomendação com base na colaboração dos usuários, ou seja, com base nas correlações item-item e na correlação pessoa-pessoa. A vantagem de uma abordagem que unifique as outras é ampliar significativamente as chances de obter acertos em suas recomendações e eliminar as limitações de ambas as abordagens.

Observando um resumo das vantagens e desvantagens das filtragens colaborativas e baseadas em conteúdo, apresentado no quadro 1, pode-se perceber que essas duas abordagens são complementares, fato que motivou a criação de sistemas híbridos.

**Quadro 1 - Vantagens e desvantagens das filtragens baseada em conteúdo e colaborativa**

Filtragem colaborativa		Filtragem baseada em conteúdo	
<i>Vantagens</i>	<i>Desvantagens</i>	<i>Vantagens</i>	<i>Desvantagens</i>
É possível tratar diferentes tipos de conteúdo	Primeira avaliação	Não é necessário que um novo item tenha algum tipo de qualificação	Trata somente conteúdo textual
A qualidade de um item está implícita na avaliação	Usuário “ovelha negra”	Não se restringe a itens já avaliados por outros usuários	Superespecialização do sistema

Fonte: (Burke, 2002)

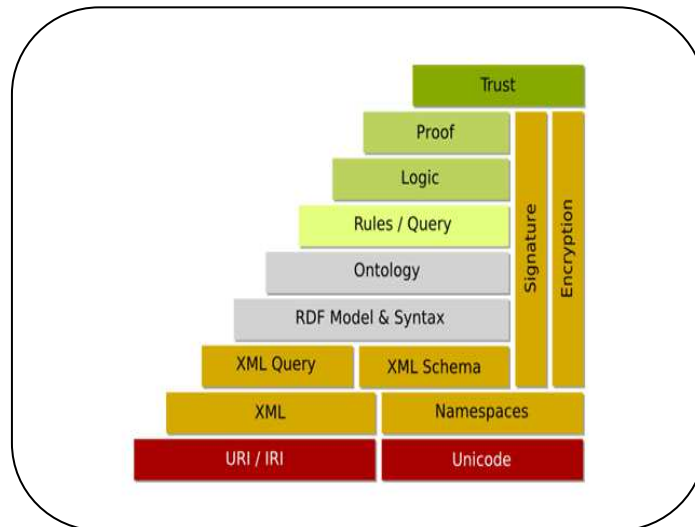
## 2.5 Web Semântica

O crescimento da internet, principalmente nas últimas duas décadas, foi muito grande e o que seria um projeto de compartilhamento de informações em escala mundial acabou tomando proporções inimagináveis. Isto certamente é muito bom por conta da abrangência e da quantidade de fontes com conteúdos diversos, mas acabou ocasionando uma série de dificuldades no acesso às informações. Como qualquer usuário pode publicar suas próprias informações, o volume de informações publicadas é tão grande que acaba dificultando o acesso aos resultados e tornando a navegação cada vez mais dispersa (Floris Bex, 2014).

O termo “Web Semântica” refere-se à visão do W3C. A Web Semântica possibilita a criação de repositórios de dados na Web, a construção de vocabulários e escrita de regras para interoperar com esses dados. A ligação de dados automaticamente é possível com vocabulários como RDF, SPARQL, OWL, SKOS.

Em 2005 Tim Berners-Lee, criador da WWW “*World Wide Web*”, propõem a estrutura para web semântica conforme a figura 3, assim também como seus elementos constitutivos na tabela 2:

Figura 3 - Proposta para a estrutura da Web Semântica



Fonte: W3.ORG, 2014

Na figura 3 podem ser observadas diversas camadas de tecnologias que são destinadas ao tratamento de diversos níveis de anotação dos documentos. Inicialmente são observadas as camadas voltadas para a localização e a codificação dos documentos, sendo em seguida observadas as camadas nas quais a estrutura dos documentos é considerada. Segue esta estruturação o conjunto de camadas voltadas para a descrição de significados dos elementos dos documentos, sua manipulação e relacionamento. A tabela 2 descreve mais detalhes destes elementos.

**Quadro 2 - Tabela dos elementos da proposta para a Web Semântica**

URI	Identificador Único de Recursos que possibilita a definição e adoção, de maneira precisa, de nomes aos recursos e seus respectivos endereços na Internet.
UNICODE	Esquema padronizado de codificação dos caracteres, que diminui consideravelmente a possibilidade de redundâncias dos dados, pois funciona independentemente da plataforma utilizada.
Signature	Conjunto de tecnologias desenvolvidas com o intuito de substituir em ambiente computacional a função exercida pela assinatura formal de uma pessoa em um suporte físico
Encryption	Consiste de um processo em que as informações são cifradas de modo que não possam ser interpretadas por qualquer pessoa ou sistema computacional, garantindo assim a confidencialidade das informações.
XML	É uma linguagem computacional que possibilita a estruturação dos dados por meio da definição de elementos e atributos
Namespace	Coleção de nomes, identificados por um URI, que são utilizados em documentos XML para validar elementos e atributos.

RDF Core	Núcleo que compreende as especificações do modelo e a sintaxe da <i>Resource Description Framework</i> (Estrutura de Descrição de Recursos), possibilitando a descrição dos recursos por meio de suas propriedades e valores.
RDF Schema	Utilizada para a descrição do vocabulário RDF, possibilitando a definição de taxonomias de recursos em termos de uma hierarquia de classes.
SparQL	Segundo alguns pesquisadores pertencentes ao W3C, ( <u>Prud'hommeaux e Seaborne</u> , 2005; <u>Clark</u> , 2005), SparQL é uma linguagem computacional utilizada para realizar consultas a partir de estruturas RDF, favorecendo a recuperação de informações de maneira mais eficaz. Tal linguagem ainda não se encontra completamente padronizada, motivo pelo qual não é recomendada oficialmente pelo W3C, sendo denominada como uma tecnologia candidata à recomendação.
DLP	A DLP também é uma tecnologia candidata à recomendação e constitui a intersecção entre os dois principais paradigmas utilizados atualmente para desenvolver sistemas computacionais baseados em representação do conhecimento, Lógica Descritiva (OWL DL) e Programação Lógica (F-Logic), fornecendo uma estrutura extremamente flexível. ( <u>Grosz</u> , (2003) e <u>Vrandečić</u> . (2005)). Deste modo, a DLP ainda não é considerada uma linguagem de representação do conhecimento, mas sim como uma “ponte” que possibilita a união entre os dois principais paradigmas utilizados.
OWL	Linguagem computacional recomendada pelo W3C para o desenvolvimento de ontologias. Segundo <u>McGuinness e Harmelen</u> (2004), a linguagem OWL permite descrever formalmente, de modo mais eficiente, os aspectos semânticos dos termos utilizados e seus respectivos relacionamentos, possibilitando representações mais abrangentes das linguagens RDF e RDF Schema e favorecendo uma maior interoperabilidade.
Rules	Permite a definição de regras lógicas relacionadas aos recursos informacionais. Segundo <u>Daconta, Obrst e Smith</u> (2003), esta camada possibilita uma espécie de “Introdução Lógica”, enquanto que a camada superior, Logic Framework, possibilita a incorporação de “Lógicas Avançadas”.
Logic Framework	Camada para a definição de regras mais abrangentes, utilizadas no tratamento das informações descritas nos níveis inferiores, possibilitando que agentes computacionais possam realizar inferências automáticas a partir das relações existentes entre os recursos informacionais, podendo inclusive inferir novas informações.
Proof	Espera-se que esta camada possibilite a verificação/comprovação da coerência lógica dos recursos, de modo que os aspectos semânticos das informações estejam descritos de maneira consideravelmente adequada, atendendo a todos os requisitos das camadas inferiores.
Trust	Camada de Confiança, a partir da qual se espera garantir que as informações estejam representadas de modo correto, possibilitando certo grau de confiabilidade.

Fonte: DGZ.ORG, 2014

## 2.6 RDF

A RDF (*Resource Description Framework*) é uma linguagem para representar informações sobre recursos na Web. Essa linguagem usa a notação XML como sintaxe de codificação e de descrição dos metadados. Os metadados são utilizados para descrever as características de um recurso e as suas relações.

A RDF permite associar propriedades a recursos, através de declarações. Uma declaração tem três componentes que expressam os metadados de um recurso, formando uma tripla: recurso ou sujeito, propriedade ou predicado e valor ou objeto. Através das triplas é possível descrever os recursos de informação na rede, definindo recursos e identificando as suas propriedades e valores (GONÇALVES, 2008).

De acordo com a definição da tabela 2, o recurso RDF permite descrever um elemento com propriedades e valores e ser validado com o RDF *Schema*. Atualmente conforme a W3C, este recurso já se encontra na versão RDF 1.1. RDF usa o vocabulário *URI-based* e a sintaxe *XML-based*. A estrutura dos arquivos RDF é composta por ter componentes básicos: *subject node*, *predicate* e *object node*. Node são endereços, podendo estes ser locais, remotos ou até mesmo em branco.

Os *predicates* são IRIs e podem ser interpretados tanto como uma relação entre dois nós ou como a definição de um valor de atributo(*object node*) para algum assunto.

- *Subject node*: Qualquer coisa que pode conter um URI (*Uniform Resource Identifier*), incluindo as páginas da web, assim como elementos de um documento XML.
- *Predicate*: Um recurso que tenha um determinado nome e possa ser utilizado como uma propriedade
- *Object node*: consiste na combinação de um recurso, de uma propriedade, e de um valor.

## 2.7 RDF SCHEMA

O RDF *Schema* (RDFS) é uma extensão semântica da RDF, que oferece um vocabulário padronizado para descrever as classes, as propriedades e os relacionamentos entre os recursos presentes em documentos RDF. Embora o RDFS defina um vocabulário para expressar a estrutura e as restrições dos metadados que descrevem os recursos da Web, esse vocabulário

não permite descrever todas as classes e as relações possíveis entre os recursos. Devido a essas limitações de expressividade foi proposta a OWL como uma extensão ao RDFS.

## 2.8 OWL

A OWL (*Web Ontology Language*) é a linguagem padrão para a definição de ontologias na Web Semântica. Essa linguagem é baseada na lógica descritiva (*DL Description Logic*). Ela dispõe de um conjunto maior de restrições das propriedades que a RDFS, que permite uma expressividade de alto nível e inferência implícita.

O vocabulário da linguagem OWL está organizado em três sub-linguagens de acordo com o nível de expressividade: OWL *Lite*, OWL DL e OWL *Full* (McGuinness, 2015).

A descrição da estrutura dos dados em XML, a representação da semântica simples desses dados em RDFS e a representação formal, geralmente aceita sobre o que significam esses dados, em ontologias mais expressivas como OWL garantem as condições para que os agentes possam raciocinar sobre dados com significado bem definido (GONÇALVES, 2008).

## 2.9 Ontologias

Neste tópico será apresentado o conceito de ontologia no ambiente da computação. Também serão analisadas as principais vantagens, classificações, linguagens, ferramentas, aplicações e desafios.

Historicamente, o termo ontologia tem sua origem na filosofia e faz referência à existência do ser. Atualmente, a expressão é utilizada no ambiente computacional como referência a domínios de informações que podem ser utilizados para representar uma área de conhecimento. Na literatura, é possível encontrar diversos conceitos relacionados à ontologia, contudo, para este trabalho, buscou-se identificar autores que utilizam o ponto de vista computacional. Neste cenário, (GRUBER, 2015) diz que uma ontologia define um conjunto de representações primitivas com o qual se modela um domínio de conhecimento ou discurso.

Para (GÓMEZ-PÉREZ, 1999), ontologia é um conjunto de termos ordenados hierarquicamente para descrever um domínio que pode ser usado como um esqueleto para uma

base de conhecimentos. Percebe-se que os conceitos possuem características similares, entretanto, o segundo complementa o primeiro incluindo a característica da ordenação hierárquica. Em outra proposta, (Guarino, 1995) acrescenta que o estudo da ontologia pode beneficiar os processos de construção de conhecimento produzindo bases de conhecimento de alta qualidade. E em abordagens mais recentes, (ZÚÑIGA, 2001) diz que ontologia para sistemas de informação é uma linguagem formal, projetada para representar um domínio particular do conhecimento e o seu propósito de construção é funcional, enquanto (Daconta, Obrst, & Smith, 2003) asseguram que a ontologia define termos e conceitos comuns na representação e descrição de determinada área de conhecimento e, assim, padroniza o significado.

Inferre-se dos conceitos acima que - em termos gerais - a ontologia pode ser considerada como um modelo que reflete a visão de um domínio de interesse.

A principal vantagem na utilização de ontologias é relacionada ao compartilhamento de conhecimento, pois quando temos uma ontologia criada, representando adequadamente determinado domínio, essa pode ser compartilhada para outros usuários que estejam realizando análises no mesmo domínio. Além disso, também pode ser citado o fornecimento de vocabulário para a representação do conhecimento, sempre escrito em linguagem formal, com a descrição exata do conhecimento.

Existem diferentes propostas e formatos de estruturas de ontologias, contudo, algumas características e componentes são comuns e estão na maior parte dos modelos. Os componentes básicos de uma ontologia são classes (organizadas em uma taxonomia), relações (representam o tipo de interação entre os conceitos de um domínio), axiomas (usados para modelar sentenças sempre verdadeiras) e instâncias (utilizadas para representar elementos específicos, ou seja, os próprios dados) (GRUBER, 2015); (N.F. & MCGUINESS, 2001).

(GUARINO, 1998) propõe a classificação das ontologias, enquanto sua função, nos seguintes itens: Ontologias Genéricas, Ontologias de Domínio, Ontologias de Aplicação, Ontologias de Representação e Ontologias de Tarefa. No quadro 3, é apresentando uma breve descrição de cada uma destas classificações.

Quadro 3 - Classificação das ontologias

ONTOLOGIAS GENÉRICAS	Descrevem conceitos mais amplos. Não dependem de um problema específico (domínio). São mantidas como conceitos genéricos.
ONTOLOGIAS DE DOMÍNIO	Representam conceitos de um domínio (área) específico. Abrangem determinado assunto englobando suas características e definições.
ONTOLOGIAS DE APLICAÇÃO	Descrevem conceitos que estão relacionados com um domínio específico (área) e com uma tarefa específica.
ONTOLOGIAS DE REPRESENTAÇÃO	Descrevem os conceitos que são usados para a representação do conhecimento.
ONTOLOGIAS DE TAREFA	Descrevem conceitos que são usados por processos (tarefas e atividades) de uma maneira geral, sem dependência com um domínio específico.

Fonte: Adaptada pelo autor.

Existem diversos formatos de sistemas e aplicações de inteligência artificial que utilizam ontologias, entre os mais importantes, pode-se citar: Mineração de dados; Processamento de linguagem natural; Educação; Recuperação de informações; Gestão do conhecimento; Web semântica.

## 2.10 Objetos de aprendizagem

Um dos objetivos de um ambiente de ensino aprendizagem é ofertar materiais digitais com conteúdo didáticos, comumente denominados de objetos de aprendizagem (LO – *Learning Objects*), que sejam aderentes ao perfil de aprendizagem do aluno. Um objeto de aprendizagem pode ser definido como uma entidade a ser utilizada dentro do processo de ensino-aprendizagem. Dentre outras coisas, citam-se vídeos, figuras, e/ou simuladores. Dentro do escopo de aprendizagem eletrônica o que se deseja é criar conteúdos em formato digital que possam ser reutilizáveis em diferentes objetivos de aprendizagem; ou mesmo, que possam ser empregados na construção de outros objetos de aprendizagem (LOM, 2015); (McGreal, 2004). Uma das formas de organizar os objetos de aprendizagem para que eles possam ser reutilizados e empregados sistemicamente é por meio do uso de metadados (A. R. Vazquez, 2006). Um metadado é definido como um conjunto de dados que contextualiza as características de um determinado elemento de informação, no caso objetos de aprendizagem (V. Devedžić, 2008).

O padrão LOM (*Learning Object Metadata*) do instituto IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) é um padrão que descreve objetos de aprendizagem segundo um padrão universalmente aceito, o que facilita a interoperabilidade entre diferentes repositórios que o empregam.

## 2.11 Competência na educação superior

O sistema de ensino brasileiro introduz as competências, principalmente, no ensino superior para ajustar e fomentar a competitividade e melhorar a inserção do país na economia internacional. Isso implica elevar a qualidade dos sistemas de educação e a preparação de recursos humanos de alto nível. A esse respeito, (TÜNNERMANN, 2001) assevera que os países que aspiram competir em novos espaços econômicos devem priorizar a formação de seus recursos humanos de mais alto nível, ao desenvolvimento científico, ao progresso técnico e a acumulação de informação, o que significa investir em educação, ciência, tecnologia e investigação. Este autor ainda afirma que a educação deve estar na perspectiva da competição.



### 3. TRABALHOS RELACIONADOS

Nas pesquisas realizadas com a finalidade de reconhecimento e avaliação de sistemas e soluções que atendessem ao interesse deste trabalho foram encontrados trabalhos que serão apresentados a seguir. Uma vez que o propósito deste trabalho é a criação de uma aplicação para realizar recomendações de materiais digitais com conteúdo acadêmico para alunos e professores, este foi um dos critérios utilizados como motivadores da pesquisa. Além deste, outros fatores. Foram estudadas abordagens de recomendação baseadas em conhecimento, com o objetivo de identificar suas vantagens e eventuais lacunas.

Como critério de pesquisa dos trabalhos relacionados foram tomados como itens de observação às características de:

- Recomendar conteúdo digital acadêmico;
- Relacionar aluno e disciplina;
- Vincular professor a recomendação
- Necessidades/habilidades a adquirir pelo aluno

Com base nestes requisitos foram identificados trabalhos que atendem de forma parcial às necessidades propostas para este trabalho.

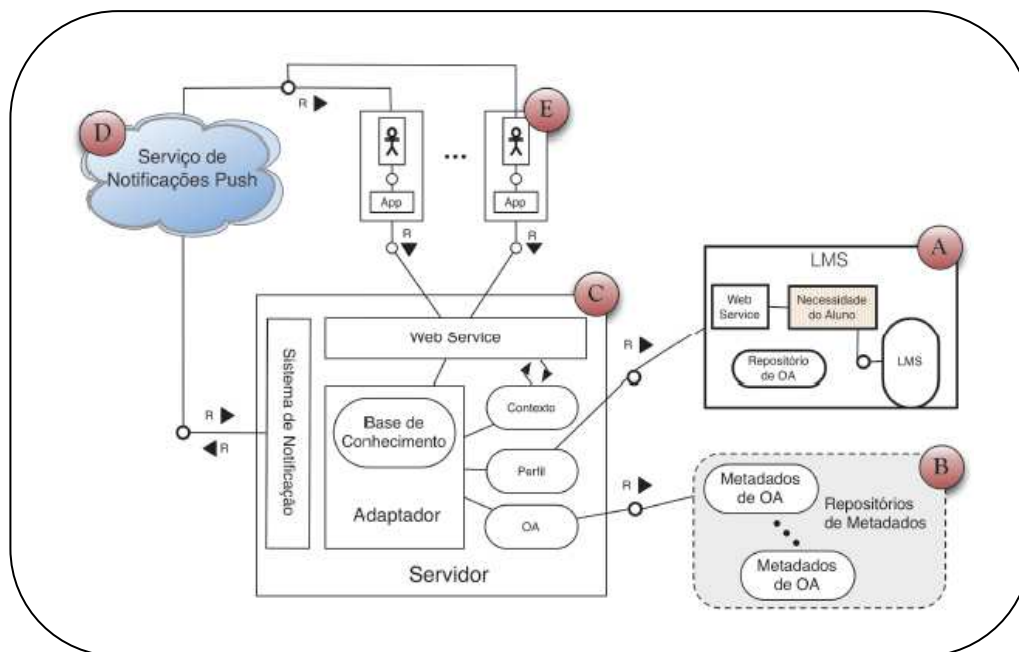
#### 3.1 EDUADAPT

No trabalho desenvolvido por (Abech, 2014), ela descreveu como principal contribuição a sua proposta de um modelo para complementar o ensino do aluno através de dispositivos móveis. O modelo utiliza contexto e perfil do aluno para adequar objetos de aprendizagem para um determinado dispositivo de acesso. Foi apresentando também um protótipo que exhibe os objetos de aprendizagem adaptados para o perfil e contexto do aluno. Além da proposição de um modelo, foi desenvolvido um protótipo para iOS e um servidor Microsoft .NET. Tais implementações foram avaliadas através de um cenário de uso. Os resultados demonstraram a viabilidade de uso do modelo, bem como destacaram a adaptação dos objetos de acordo com alguns contextos.

Para este modelo foi considerado o perfil do aluno como determinado por (Brusilovsky P. a., 2007). Os autores consideram que o perfil do aluno (também chamado “modelo do usuário”) como uma representação da informação sobre um usuário individual que é essencial para um modelo adaptativo realizar a adaptação tendo em consideração que este tem um comportamento específico para os usuários. Esta informação sobre o aluno pode compreender conhecimentos, interesses, objetivos, traços individuais e o ambiente em que ele se encontra (Brusilovsky P. a., 2007).

O modelo EduAdapt suporta uma conexão com o LMS, como apresentado no módulo LMS. Com a integração é possível que mecanismos inseridos no componente “Necessidade do Aluno” façam uso da identificação das necessidades.

**Figura 4 - Arquitetura do modelo proposto EDUADAPT**



Fonte: (Abech, 2014)

Na arquitetura proposta (Figura 4) essa integração é simbolizada através do bloco Repositórios de Metadados, esse bloco realiza a comunicação com um banco de dados onde existem metadados de OAs, obtidos através do uso da técnica OAI-PMH (*Open Archives Initiative Protocol for Metadata Harvesting*). Após a detecção da necessidade de entrega de conteúdo educacional para o aluno, e por consequência a verificação da existência de objetos educacionais para as suas necessidades, o servidor emite uma notificação através do Sistema de

Notificação, responsável por enviar para o dispositivo do aluno um aviso indicando a disponibilidade de conteúdo de uma determinada disciplina.

Já o servidor é responsável por empacotar a mensagem e o *token* do dispositivo que irá recebê-la e enviá-la para o PNS (*Push Notification Service*). Por sua vez, o PNS envia a notificação para a aplicação instalada no dispositivo. Este mecanismo tem como vantagens a segurança e a possibilidade de receber as notificações no dispositivo independente da aplicação (cliente “App”) estar ou não em execução, pois esta funcionalidade é executada em segundo plano (background). Com o recebimento da notificação, o aluno acessa em seu dispositivo o aplicativo cliente (Figura 4). Essa aplicação tem como objetivos coletar o contexto do dispositivo e algumas informações do aluno, como por exemplo, as preferências de mídias a serem visualizadas, bem como, exibir os OAs adaptados.

A principal característica destacada neste modelo é a notificação ao aluno sobre a existência de material recomendado para seu uso, conforme as características do dispositivo móvel em uso.

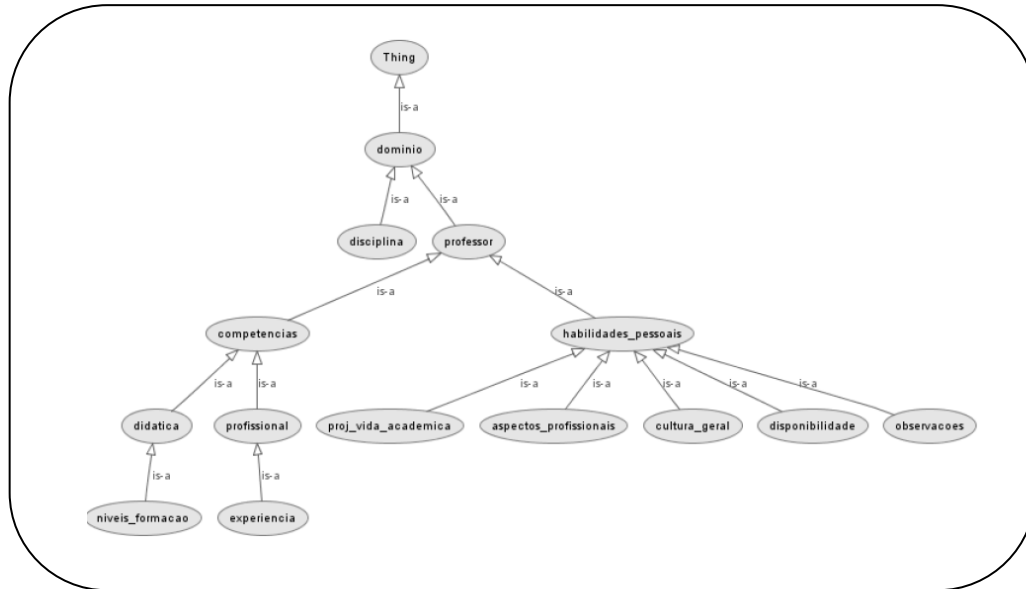
### 3.2 Sistema de recomendação na gestão de competências

As competências em si podem ser consideradas, segundo (DUTRA, 2001), um cluster de conhecimentos, habilidades e atitudes relacionados que afetam a maior parte de um papel profissional ou responsabilidade, que se correlaciona com o desempenho desse papel ou responsabilidade, que possa ser medido contra parâmetros bem aceitos.

Como o objeto de estudo é a Unochapecó, foi investigado a respeito destes parâmetros, em entrevistas com profissionais da área de gestão de pessoas. As técnicas mais usadas para visualizar os atributos dos professores partem de avaliações por meio de entrevistas, provas escritas e pontuação sobre as características já existentes dos candidatos a professores.

Estas avaliações são realizadas de forma prescritiva, sem adoção de um sistema de informação pleno, como suporte a tomada de decisão na escolha, do considerado melhor profissional, para uma determinada disciplina. O protótipo ora apresentado utiliza-se da criação da ontologia apresentada na figura abaixo.

Figura 5 - Ontologia para competências e habilidades do professor



Fonte: (SPEROTTO, 2010)

Geralmente a ontologia descreve classes como sendo os próprios conceitos. Propriedades de dados são os tipos de dados que são inseridos para as classes. Assim, foram classificados os seguintes conceitos:

- *Thing*: classe raiz contém todas as classificações de projeto, faz parte tanto da ferramenta ontológica quanto das documentações da w3c2 para a ontologia, significa simplesmente “alguma coisa”.
- Domínio: o domínio de interesse da ontologia, neste caso refere-se à Unochapecó, mais especificamente centro acadêmico. A escolha da palavra Domínio é apenas uma referência ao domínio da qual o presente protótipo se refere ontologicamente, englobando as disciplinas e os professores.
- Disciplina: no conceito de disciplina, existente normalmente, dois tipos de dados foram classificados internamente: título e ementa.
- Professor: maior conceito dentro do domínio. Define o professor e suas subclasses (conceitos relacionados), sendo os conceitos relacionados às Competências e Habilidades Pessoais. O único tipo de dado concedido a ele é

um “XML Literal”, pois todos os dados são importados de um arquivo XML que, por sua vez, é exportado da plataforma Lattes.

- Competências: dividem-se em Didáticas e Profissionais. A didática se refere às graduações do indivíduo (a aplicação trata desde graduação até pós-doutorado). As Profissionais são referentes às atuações profissionais encontradas no currículo indivíduo, sendo que a norma existente verifica os anos de experiência independente da origem do trabalho.
- Habilidades pessoais: divide-se em conceitos como projeto de vivência acadêmica, aspectos profissionais, cultura geral, disponibilidade de tempo e observações. Estes conceitos foram encontrados em uma relação entre entrevistado e entrevistador. Descrições textuais definem cada grupo destes conceitos, sendo, portanto definido interiormente um tipo de dado como texto.

Para este projeto, a escolha mais considerável é o baseado em conhecimento, pois de um lado existe a ementa das disciplinas, com toda a descrição e as necessidades do desenvolvimento da matéria. De outro lado, têm-se as características dos professores assim como a sua formação acadêmica. Há, por conseguinte, opções de um lado que precisam ser corretamente conectadas nas opções do outro lado.

Um exemplo é o caso em que a ementa se refere à matéria que ensina tópicos de programação para a *web*, temos umas opções que podem ser a linguagem em *script* e estilização de páginas. E temos alguns professores que ensinam linguagem em *script* e outros que entendam o básico de estilização. A necessidade do gestor seria de uma sugestão de que professor pudesse preencher as opções da respectiva ementa.

Essa técnica (baseada em conhecimento) torna-se a mais próxima da arquitetura necessária a ser desenvolvida no protótipo. Já que nas demais, são focadas nas inferências de desejos de vários usuários associados a várias características e avaliações diretas sobre objetos e não sobre a necessidade de definição de que “conhecimento poderá suprir conhecimento” (qual o professor ideal para ministrar determinada disciplina). As características dos usuários, como descrito, não são obrigatórias, não fará parte do desenvolvimento, pois não há uma necessidade de tratar os atributos pessoais dos usuários do sistema. A coleta de dados será feita por meio de informações inseridas pelo gestor, e banco de dados formado dos registros das ementas de disciplinas e formações acadêmicas dos professores.

**Figura 6 - Recursos de inferência**

—Recursos de inferência—

**Disciplina: Algoritmo e Estrutura de Dados I**

**Configure abaixo os pesos**

*Tem como objetivo acentuar o que é mais necessário.  
Para que o motor de inferência possa se ajustar na sugestão mais desejada pelo gestor*

Competências Didáticas:

Competências Profissionais:

Habilidades Pessoais:

Professores com a disciplina marcada?

Fonte: (SPEROTTO, 2010)

A figura 6 apresenta o painel de controle, onde são fornecidos ao gestor alguns itens que podem ser configurados. O objetivo é que o próprio usuário possa parametrizar o tipo de sugestão. Os três conjuntos de características definidas na ontologia (competências didáticas, profissionais e habilidades pessoais) possuem um peso padrão considerado baixo. Entretanto podem ser configurados entre as opções “Nenhum” a “Alto” (0 a 3 respectivamente). Outra opção é com relação à disciplina escolhida: caso a resposta descrita na tela a respeito da marcação de disciplina for positiva, a sugestão será fornecida baseada somente nos professores que foram previamente cadastrados para esta disciplina (vinculados a disciplina, por meio do menu Professores). Após clicar no botão Enviar, o gestor receberá uma resposta, logo abaixo do painel, parecida com o que se pode observar na próxima ilustração.

**Figura 7 - Resposta do sistema**

Professor	Aptidão
Professor1	53.9%
Professora1	24.6%

Fonte: (SPEROTTO, 2010)

A principal característica destacada neste protótipo é a identificação de qual o professor ideal para ministrar determinada disciplina.

### 3.3 Recomendações de Materiais Didáticos para Ambientes Virtuais de Aprendizagem

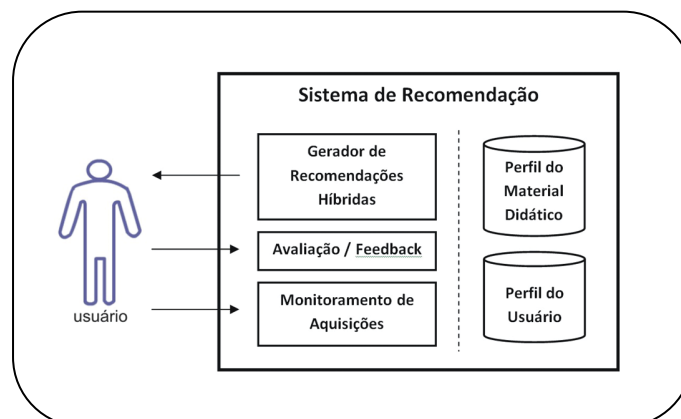
O trabalho de (Ferro, 2011) trata especificamente da discussão e do modelo de arquitetura, do protótipo e de testes de um modelo de sistema de recomendações de materiais didáticos, por meio de um regate teórico sucinto capaz de elucidar um método de recomendações adequado para o desenvolvimento de protótipo, e que possibilitasse além de regate teórico-prático.

O modelo consiste inicialmente em armazenar dados do usuário e de materiais didáticos. Os dados dos usuários armazenados são referentes às preferências de áreas de estudo, histórico de materiais já adquiridos no passado e avaliação das recomendações geradas. O processo de geração de recomendações utiliza as seguintes etapas, de acordo com Ferro (Ferro, 2011):

- É gerada uma lista de materiais didáticos, de itens ainda não adquiridos pelo usuário;
- Os itens dessa lista recebem três valores, que são correspondentes aos valores de prioridades, ou ranking, calculado por meio das técnicas de recomendação:
  - Baseada na Filtragem colaborativa
  - Baseada no Conteúdo
  - Não Personalizada
- Para cada item é calculado o Grau de Utilidade Híbrida

Assim, foi necessário criar alguns módulos, cada um com suas funcionalidades específicas.

**Figura 8 - Arquitetura do Sistema de Recomendação**



Fonte: (Ferro, 2011).

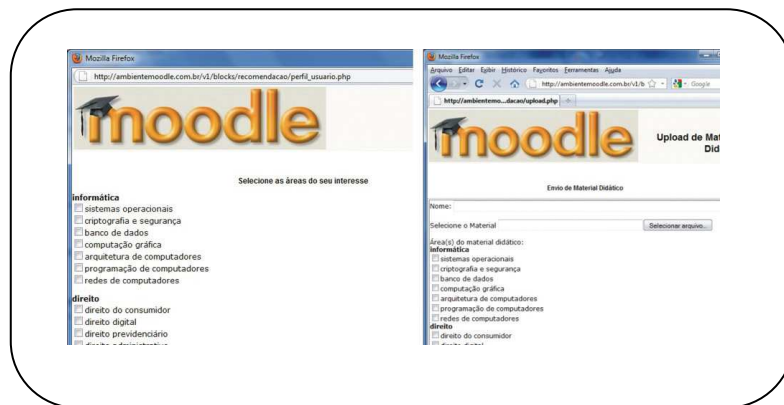
De acordo com a figura 8, a qual mostra a arquitetura do sistema de recomendação proposto, identificam-se:

- Gerador de Recomendações Híbridas - tem como papel efetuar o cruzamento dos dados do Perfil do Usuário com os dados do Perfil do Material Didático para gerar recomendações.
- Perfil do Usuário – dados referentes às características e interesses dos usuários do AVA. A identificação do Perfil do Usuário foi realizada nas seguintes formas:
  - Direta: por intermédio do preenchimento de um formulário pelo próprio usuário durante o seu cadastro.
  - Indireta: pelo monitoramento das interações do usuário com o próprio sistema, que será realizado pelos componentes *Avaliador/Feedback* e Monitoramento de Aquisições.
- Perfil do Material Didático – características do material didático disponibilizado no AVA pelos professores. Essas características referem-se às áreas de conhecimento relacionadas ao conteúdo do material.
- Avaliação / *Feedback* – Trata-se de um componente pelo qual o usuário poderá avaliar as recomendações visualizadas, dando o seu *feedback* sobre a sugestão que lhe foi oferecida. A avaliação consistirá em informar se a recomendação gerada foi útil, ou seja, se o material didático sugerido possuía características similares às características do Perfil do Usuário. Se o usuário informar que a recomendação foi satisfatória, é sinal de que o material didático sugerido possui características que despertaram o seu interesse. Nesse caso, o Perfil do usuário é automaticamente atualizado, de modo a incrementar o peso da área de estudo correspondente ao material didático.
- Monitoramento de Aquisições – o usuário pode, dentro do AVA, obter material didático a qualquer momento, seja esse material composto com as características de interesse dele ou não. Assim, esse módulo tem por finalidade armazenar as informações de aquisição do usuário sejam de materiais recomendados, não recomendados; sejam de materiais com características do seu perfil, ou características que não estavam em seu perfil.



- Gerador de Recomendações Híbridas – tem como papel efetuar o cruzamento dos dados do Perfil do Usuário com os dados do Perfil do Material Didático para gerar recomendações.

**Figura 9 - Perfil do Usuário e Material didático**



Fonte: (Ferro, 2011)

A figura 9 acima apresenta a área de atualização do Perfil do Usuário e local onde professores postam os materiais didáticos, informando o Perfil do Material Didático, respectivamente.

A principal característica destacada neste protótipo é a recomendação do material didático, segundo o perfil previamente cadastrado pelo aluno no início do curso.

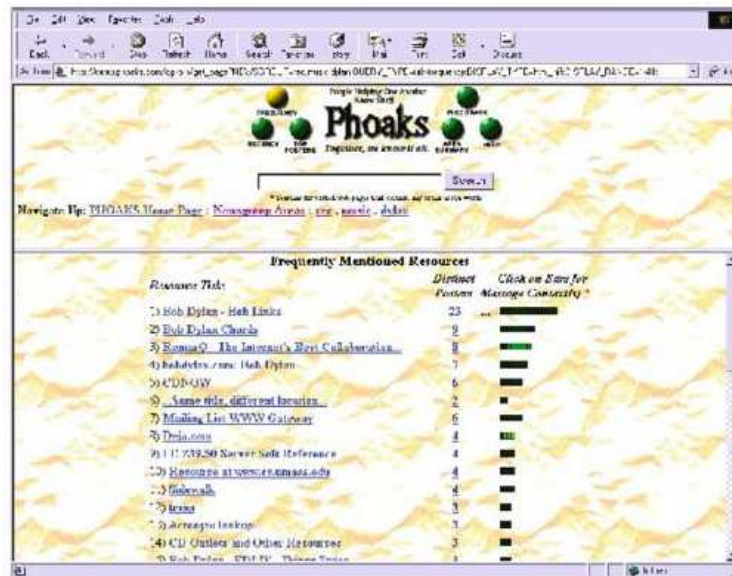
### 3.4 PHOAKS

O PHOAKS (REATEGUI & CAZELLA, 2005) é um sistema de recomendação baseada em filtragem colaborativa que realiza a recomendação de recursos da Web a partir de informações contidas nas mensagens postadas pelos usuários da Usenet, que é um sistema Web que funciona como um quadro de avisos, em que qualquer pessoa pode comentar enviar ou ler um artigo.

A grande inovação introduzida por projetos como o PHOAKS está na exploração dos dados produzidos através da interação social que ocorre mediada pelas tecnologias de informação. Isso significou uma mudança de direção na pesquisa em sistemas de recomendação, que passou a considerar as associações estabelecidas entre as pessoas como

dado de entrada para os mecanismos de recomendação. A figura 10 apresenta uma tela do sistema que mostra uma listagem das postagens.

Figura 10 - Lista de postagem



Fonte: (REATEGUI & CAZELLA, 2005)

A principal característica destacada neste protótipo é: Recomendar conteúdo com base nas mensagens de chat trocadas pelos usuários do sistema Usanet.

### 3.5 SisRecCol

O SisRecCol (UCPel, 2015) é um sistema de recomendação que utiliza a técnica de filtragem colaborativa. Ele foi desenvolvido para apoiar o processo de aprendizagem colaborativa e para facilitar o acesso dos alunos aos materiais de aprendizado, para que possam aprofundar o seu conhecimento.

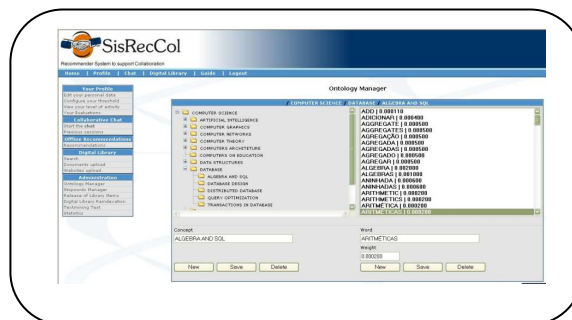
O sistema SisRecCol (UCPel, 2015), um sistema para recomendações em tempo real em discussões eletrônicas. O sistema consiste de uma sala eletrônica de discussão (*chat room*) que, além de permitir a troca de mensagens entre seus usuários, oferece dinamicamente recomendações que estimulam o estudo e a ampliação dos conhecimentos dos participantes. Para tanto, o sistema identifica os assuntos das mensagens trocadas e faz recomendações personalizadas para cada membro da discussão, apontando conteúdos, artigos, sites Web, mensagens de discussões anteriores ou usuários mais experientes no tema em discussão. O

objetivo do sistema é favorecer a aprendizagem coletiva (nível social ou interpessoal) e, ao mesmo tempo, as aprendizagens personalizadas (nível individual ou intrapessoal).

O sistema baseia-se em uma abordagem sócio interacionista. A teoria sócio histórica de (Vygotsky, 1984) caracteriza a elaboração do conhecimento como construção coletiva, ou seja, é na interação das pessoas, em um dado contexto social e cultural, que os membros de um grupo se apropriam, internalizam e geram novos conhecimentos. Segundo (Vygotsky, 1984), a interação social é a base da aprendizagem, sendo que o desenvolvimento intelectual aparece primeiro no nível social (interpessoal) e depois no nível individual (intrapessoal). Sob esta ótica, o processo de comunicação é fundamental para que a aprendizagem se efetive, sendo a linguagem um signo mediador que permite analisar, abstrair e generalizar, e, portanto estabelecer conceitos e categorizá-los. Através da linguagem ocorrem as trocas entre os membros de um grupo e desses com indivíduos mais experientes, que indicam possibilidades para a resolução das situações que se apresentam, atuando como mediadores no processo de apropriação de novos conhecimentos.

O objetivo do SisRecCol (UCPel, 2015) é apoiar a troca de conhecimento entre os usuários, e permitir o armazenamento e recuperação de conhecimento explícito e também tácito através do armazenamento das sessões de chat. O sistema pode ser adaptado para ser utilizado em diferentes áreas, bastando incluir uma nova ontologia, referente ao novo domínio. O protótipo do sistema está disponível em <http://gpsi.ucpel.tche.br>. A figura 11 apresenta uma tela do sistema onde à manutenção do conteúdo para discussão no chat.

**Figura 11 - Manutenção do conteúdo para discussão**

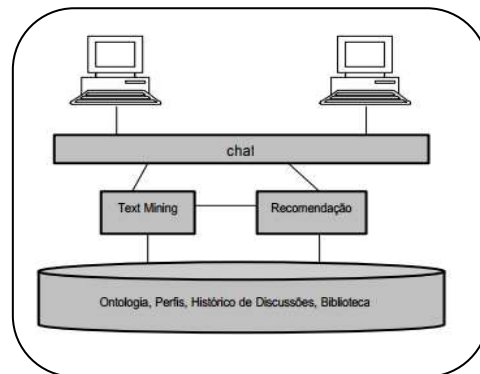


Fonte: (SBC – XXV Congresso, 2005)

A Figura abaixo apresenta a arquitetura do sistema. Há um módulo de chat, onde a discussão acontece, um módulo de mineração de texto para analisar as mensagens enviadas e a discussão toda, um módulo de recomendação que determina que tipo de conteúdo oferecer a cada participante individualmente, e módulos de suporte, como a Biblioteca Digital (com itens

a serem recomendados), um histórico de discussões passadas, uma base de perfis dos usuários e uma ontologia de domínio, que é utilizada para classificar itens da biblioteca, mensagens, discussões e áreas de interesses dos usuários.

**Figura 12 - Arquitetura do sistema**



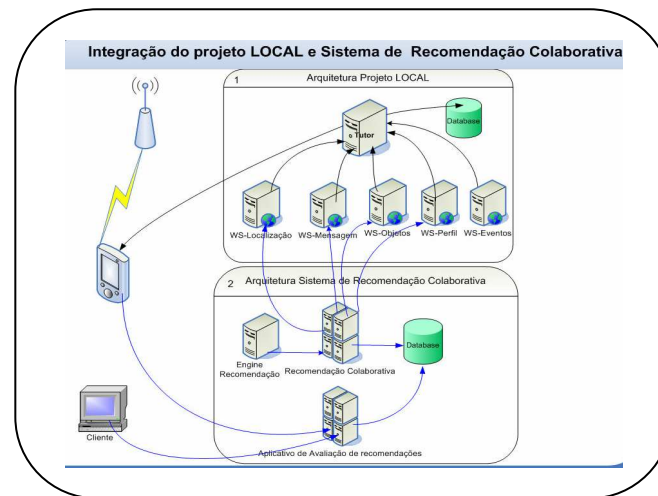
Fonte: (SBC – XXV Congresso, 2005)

A principal característica destacada neste protótipo é: Recomendar conteúdo com base nas mensagens de chat trocadas pelos usuários do sistema.

### 3.6 RECMOBCOLABORATIVA

Este trabalho (Cazella, Correa, Barbosa, & Reategui, 2008) propõe-se a utilização sistemas de recomendação na área da educação, especificamente para a recomendação de conteúdo em dispositivos móveis. A vantagem de se utilizar sistemas de recomendação em dispositivos móveis está na facilidade da entrega da recomendação aos usuários. Com base neste cenário, este trabalho apresenta um modelo de Sistema de Recomendação baseado em Filtragem Colaborativa, também conhecida como Filtragem Social, para ambientes móveis.

**Figura 13 - Integração do modelo LOCAL e o modelo RECMOBCOLABORATIVA**



Fonte: (Cazella, Correa, Barbosa, & Reategui, 2008)

O modelo proposto foi implementado em um protótipo visando a recomendação de artigos científicos. A avaliação das recomendações recebidas foi realizada pelos usuários utilizando uma escala likert de 5 pontos. A figura 13 apresenta a estrutura de integração do sistema. O modelo RECMOBCOLABORATIVA compõe-se de: Módulo de Recomendação – responsável pelo cálculo das similaridades e definição dos vizinhos próximos, bem como a predição de itens a serem recomendados; Recomendação Colaborativa - responsável pela interação com o projeto LOCAL e encaminhamento das recomendações produzidas para que o LOCAL encaminhe as mesmas para os dispositivos móveis; Aplicativo de Avaliação de recomendações - aplicativo voltado à coleta das avaliações dos usuários aos itens recomendados; Base de dados - com os itens a serem recomendados, os usuários cadastrados e seus perfis, bem como as avaliações fornecidas pelos usuários.

A principal característica destacada neste modelo é: Recomendar artigos científicos para dispositivos móveis utilizando-se de informações de posicionamento do dispositivo.

### 3.7 A semantic social network-based expert recommender system

Este trabalho apresenta um framework para um sistema de recomendação híbrido que integra características de sistemas de recomendação baseados em conteúdo e sistemas de

recomendação colaborativa. O principal objetivo do sistema é aumentar a precisão das recomendações através da inclusão de aspectos sociais dos usuários (Davoodi, 2013).

Este trabalho utiliza recursos semânticos para enriquecer o perfil dos usuários do sistema de recomendação, a partir da integração aos temas de domínio destacados pelo usuário, com informações semânticas descritas na Wikipédia, descrevendo outros temas relacionados com os temas indicados pelo usuário.

Este perfil enriquecido por aspectos semânticos é posteriormente utilizado para a construção de uma rede de relacionamento entre os usuários, com base nas habilidades indicadas por cada um inicialmente e pelas habilidades inferidas com uso da Wikipédia. Entretanto, apesar de bons resultados, esta abordagem não faz uso de possibilidades mais amplas de relacionamento, tais como as descritas com base em relações semânticas nos moldes da Dbpedia (Journal, 2014).

### 3.8 Codina e Cacaroni

O trabalho de (Codina V. a., 2010) apresenta uma proposta para um modelo semântico de recomendação, com objetivo de superar limitações de sistemas atuais. O seu principal diferencial é o uso de representação do perfil de usuários com uma taxonomia de conceitos para permitir a personalização de recomendações. Portanto o sistema proposto incorpora aspectos de semântica para dois aspectos principais do sistema de recomendação desenvolvido. O primeiro aspecto é a modelagem do perfil do usuário a partir de conceitos em uma taxonomia e do uso de mecanismos de inferência para definição de aspectos relacionados com os domínios de conhecimento de interesse do usuário. O segundo aspecto é a utilização de recursos semânticos nas etapas de filtragem e de recomendação, com o uso de cálculos de similaridade semântica entre os tópicos tratados pelo sistema.

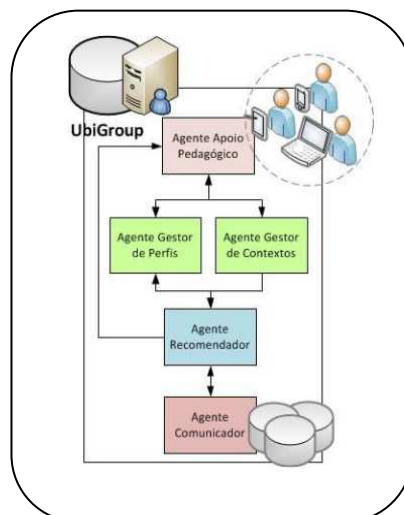
Um dos principais destaques observados nos testes e avaliações realizados é a possibilidade de limitação, com uso de semântica, dos cenários de dados esparsos, que prejudicam de forma relevante os métodos tradicionais de filtragem e recomendação. Além disso, os testes com ambientes de recomendação de filmes, realizados no Ambiente *Netflix*, demonstraram maior precisão nas recomendações com uso de semântica, quando comparados com resultados da recomendação puramente baseada em conteúdo.

### 3.9 UbiGroup

O trabalho de (UbiGroup, 2014), apresenta um modelo de recomendação ubíqua de conteúdo educacional para grupo de aprendizes, que visa auxiliar o professor no processo de busca e seleção de materiais educacionais levando em conta os perfis dos alunos e o contexto onde eles estão inseridos. A estratégia adotada neste trabalho se diferencia por efetuar a recomendação de materiais educacionais considerando de forma conjunta os perfis de um grupo de aprendizes e o contexto no qual eles se encontram. Com base em uma validação por cenários foi possível verificar a viabilidade do modelo, além de propor uma solução para o problema de pesquisa.

A arquitetura do UbiGroup é composta por cinco agentes conforme pode ser visto na figura 14. O Agente Apoio Pedagógico (AP) é o responsável por obter as informações do aprendiz e de informá-lo sobre novas recomendações. O Agente Gestor de Perfis (GP) é o responsável por manter atualizados os perfis dos aprendizes e por gerar a similaridade entre eles. O Agente Gestor de Contextos (GC) é o responsável por gerenciar os contextos do sistema. O Agente Recomendador (RE) é o responsável por manter as regras de recomendação. O Agente Comunicador (CO) é responsável por efetuar a comunicação com os repositórios de OAs.

**Figura 14 - Arquitetura do UbiGroup**



Fonte: (UbiGroup, 2014)

Segundo o autor informa, o UbiGroup pode atender as necessidades do professor como uma ferramenta de apoio pedagógico. Neste sentido, ele pode ajudar a otimizar seu tempo na

busca e seleção de materiais educacionais adequados ao grupo de alunos e ao contexto onde eles estão inseridos. Por meio do cadastramento do contexto e das regras de recomendação, o professor pode direcionar a pesquisa de materiais a ser realizada para atender ao seu plano de ensino.

### 3.10 Avaliação dos Ambientes Pesquisados

A Tabela abaixo apresenta um comparativo dos trabalhos analisados, com o objetivo de avaliar em conjunto as suas características e identificar eventuais relacionamentos com o trabalho aqui desenvolvido.

As seguintes características foram utilizadas para a comparação: a) Recomendação: Neste item é verificado qual método de recomendação a aplicação utiliza. b) Integra com LMS: Neste item é verificado se a aplicação realiza a integração dos dados com algum outro sistema de repositório de dados já existente. c) Integrado ao LMS: Caso o sistema forneça recursos de integração com o LMS da instituição.

Atores e recursos envolvidos: Neste item é verificado se a aplicação realiza a coleta de dados sobre os atores envolvidos no sistema:

- Integra Aluno: Parte integrante do sistema que receberá recomendações e fará avaliação sobre o material
- Integra Professor: Personagem que faz e recebe indicações de conteúdo digital acadêmico para alunos das suas disciplinas;
- Integra Disciplina: Contexto de indicação do conteúdo a ser indicado
- Integra Habilidade: Relação de habilidades/competências que o aluno deverá atingir no final da disciplina ou ao final do ciclo de estudos do conteúdo da matéria.



**Tabela 1 - Comparação dos trabalhos relacionados**

ITEM/MODELO	RECOMENDAÇÃO	LMS	INTEGRA ALUNO	INTEGRA PROFESSOR	INTEGRA DISCIPLINA	INTEGRA HABILIDADES
EDUADAPT	Por Conteúdo	Sim	Sim	Não	Não	Sim
GESTÃO DE COMPETÊNCIAS EM DISCIPLINAS DA ÁREA ACADÊMICA	Por Conteúdo	Não	Não	Sim	Sim	Sim
MATERIAIS DIDÁTICOS EM AMBIENTES VIRTUAIS DE APRENDIZAGEM	Por Conteúdo, Filtragem Colaborativa e Recomendações Híbridas	Sim	Sim	Não	Não	Não
PHOAKS	Filtragem colaborativa	Não	Não	Não	Não	Não
SISRECCOL	Filtragem colaborativa	Sim	Sim	Não	Sim	Não
RECMOBCOLABORATIVA	Filtragem Colaborativa	Não	Não	Não	Não	Não
SEMANTIC SOCIAL	Híbrido	Não	Não	Não	Não	Não
CODINA E CACARNI	Filtragem colaborativa	Não	Não	Não	Não	Não
UBIGROUP	Por Conteúdo, Filtragem Colaborativa	Não	Sim	Sim	Sim	Não

Fonte: Elaborado pelo autor

Podemos observar no quadro acima que cada um dos trabalhos pesquisados abordam de forma parcial algumas das características propostas por este trabalho. No contexto das recomendações, dos trabalhos pesquisados, apenas alguns tratam de forma aproximada os requisitos principais apontados nesta proposta. Onde no trabalho EDUADAPT (Abech, 2014), são trabalhadas as características do perfil dos alunos. Estas não relacionam o perfil com disciplinas em curso ou já cursadas. Tão pouco relaciona professores às disciplinas do curso.

Também no trabalho Gestão de competências em disciplinas da área acadêmica (DUTRA, 2001) as características do professor, disciplina e habilidades estão presentes, mas este trabalho está voltado para a recomendação de professor apropriado para a disciplina, conforme sua formação, habilitação e demais conceitos coletados na hora da entrevista da contratação do profissional.

Já no trabalho Materiais Didáticos em Ambientes Virtuais de Aprendizagem (Ferro, 2011) as recomendações são baseadas em históricos de preferência dos alunos por materiais, assim também como resulta de avaliações sofridas destes materiais pelos alunos. Este trabalho não aborda as relações entre os materiais, suas disciplinas e os professores destas.

No trabalho SisRecCol (UCPel, 2015) as indicações são resultados de conversas capturadas do chat onde no texto contenha palavras que fazem menção a temas ou textos previamente armazenados no banco de dados do sistema. Também neste trabalho não

encontramos a relação pretendida entre alunos, suas disciplinas, seus professores e suas habilidades necessárias para a conclusão da disciplina.

No RECMOBCOLABORATIVA (Cazella, Correa, Barbosa, & Reategui, 2008) nota-se que embora o trabalho aborde o tema das recomendações este não atende as características buscadas para este trabalho.

Os trabalhos *semantic social* (Davoodi, 2013) e Codina e Cacarni (Codina V. a., 2010) tratam de trabalhos voltados para a web semântica no contexto dos sistemas de recomendação, neste caso ambos foram estudados para permitir a identificação de aspectos de filtragem baseada em conteúdo de modo a contribuir para com esta proposta.

No trabalho UbiGroup (UbiGroup, 2014) é o trabalho que mais se aproxima quanto a cobertura das características almejadas para este trabalho, no entanto este ainda não trabalha em especial a relação das habilidades relacionadas a cada disciplina do professor.

Alguns modelos realizam a adaptação da aplicação, em outros, a adaptação ocorre apenas no conteúdo do objeto. Outra característica importante levada em consideração é se a aplicação é capaz de realizar uma integração com o ambiente LMS, que no caso ocorre em alguns casos dos modelos apresentados. Com base nas avaliações realizadas, foi elaborada a Tabela 4, abaixo com os requisitos que se pretende atender no modelo proposta.

**Tabela 2 - Requisitos do modelo proposto**

Item/Modelo	Recomendação	Integra com LMS	Integra Aluno	Integra Professor	Integra Disciplina	Integra Habilidades
RODAC	Por Conteúdo, Filtragem Colaborativa e Recomendações Híbridas	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim

Fonte: Elaborada pelo autor

No modelo proposto, descrito no capítulo 4, são analisadas e encaminhadas as relações apontadas como melhorias. O modelo busca atender as necessidades em relacionar professor com suas disciplinas, os alunos com estas disciplinas e também vincular as habilidades necessárias para cada disciplina. Além disto, também este trabalho contribui para os sistemas

de recomendações ao aplicar técnicas da web semântica no processo das recomendações dos materiais instrucionais no âmbito do contexto das IES.



## 4. O MODELO RODAC

Este capítulo apresenta o modelo de um sistema de recomendação voltado para alunos e professores de Instituições de Ensino Superior (IES), projetado para auxiliar nas atividades do corpo docente, através da recomendação de material de conteúdo acadêmico no formato digital. Este modelo foi construído com base em requisitos associados com as necessidades observadas no relacionamento entre o professor e alunos, no uso de materiais instrucionais digitais que podem ser associados com determinadas habilidades a serem desenvolvidas em disciplinas.

Por material de conteúdo acadêmico no formato digital entende-se todo o tipo de arquivo em meio digital que possa ser armazenado em um repositório central de dados junto do qual o sistema atuará para realizar as operações de recomendação. Por habilidades/competências a serem desenvolvidas em disciplinas entende-se o conjunto de aspectos que possam ser identificados como uma unidade conceitual e associada de forma efetiva à formação do aluno (Le Boterf, 2004).

Como diferencial do modelo e principal contribuição científica deste trabalho destaca-se a iniciativa de integrar modelos de filtragem amplamente utilizados (filtragem por conteúdo e filtragem colaborativa) com a filtragem por conhecimento. No processo das recomendações para a filtragem por conhecimento utilizaremos as relações das habilidades vinculadas aos materiais e disciplinas para ampliar as oportunidades de recomendações por materiais com conteúdos que possuam similaridade ou complemento dos assuntos pertinentes a determinada área do conhecimento da disciplina, do professor e aluno.

A seguir é descrito o modelo desenvolvido. Inicialmente, no item 4.1, é apresentada uma visão geral do seu funcionamento e do contexto projetado para a sua aplicação. Os detalhes da arquitetura do modelo são descritos no item 4.2. No item 4.3 maiores detalhes da proposta para integração de filtragem baseada em conhecimento são apresentados.

### 4.1 Visão geral

O modelo RODAC visa auxiliar os professores nas atividades de busca, classificação, armazenamento e recomendação de material instrucional para apoiar suas práticas pedagógicas no ensino do conteúdo programático das suas disciplinas. Na intenção de auxiliar este processo,

o RODAC objetiva ser um modelo para futura implementação de aplicações, que sejam capazes de prestar o suporte necessário para estes professores.

Uma das principais atividades que um docente realiza a cada início de semestre é a busca por novos materiais instrucionais para melhorar a compreensão dos alunos. Neste sentido os professores investem muitas horas na procura por materiais com melhor apresentação, com uma linguagem clara e objetiva, que atenda a necessidade dos conhecimentos tratados e também seja capaz de transmitir um determinado assunto de forma objetiva e prática para seus alunos.

O RODAC propõe um modelo projetado para realizar as etapas de coleta, classificação, armazenamento e recomendação de material instrucional de conteúdo acadêmico no formato digital. Para isso o modelo define como seus componentes um conjunto de repositórios de dados que serão comentados a seguir.

O repositório de dados de Alunos é dedicado a manter os dados da vida acadêmica dos alunos. Informações como dados pessoais, curso, disciplinas, notas e principalmente materiais recomendados, habilidades/competências adquiridas e a adquirir. O repositório de dados de Professores será utilizado para manter os dados pessoais dos professores e seus cursos, sua formação, as áreas de atuação, as disciplinas que atua e os materiais instrucionais que indicou para uso. O repositório de dados da Disciplina é composto por uma base de dados com as informações sobre as disciplinas dos cursos, sobre as habilidades técnicas necessárias aos alunos, além de materiais recomendados e utilizados para as disciplinas em exercício e anteriores. No repositório de dados das recomendações do professor será localizada a base de dados que armazenará as informações sobre o material a ser recomendado. Nela devem constar as informações como: conteúdo abordado, disciplinas relacionadas, habilidades/competências que contempla, professores que recomendaram ou receberam recomendações sobre o conteúdo. Este repositório é o local onde permanecerão todos os arquivos e links indicados pelos atores deste modelo.

O repositório de dados de habilidades/competências armazena os dados sobre as competências necessárias para os alunos da disciplina. Cada disciplina, em sua ementa, contém a discriminação das competências que deverão ser trabalhadas no decorrer do semestre e estas competências serão cadastradas para que ao ser indicado um novo material o professor possa vincular o material com a disciplina e a sua(s) competência(s). Por fim, o repositório de dados de material recomendado será utilizado para realizar a coleta e cruzamento dos dados dos

demais repositórios de dados, de modo que o modelo seja capaz de classificar quais materiais deverão ser recomendados para os alunos de acordo com a disciplina e as competências previamente vinculadas no modelo. Todos os alunos ao realizarem a matrícula, receberão a recomendação automática destes materiais a partir do resultado da operação de uso deste repositório.

Estes repositórios de dados são utilizados em uma série de procedimentos previstos no modelo. A seguir são descritos estes procedimentos associados com a operacionalização da recomendação.

O procedimento inicial está associado com os cadastros básicos. O primeiro cadastro necessário é o das competências. Uma competência é uma habilidade que o aluno tem necessidade do saber para que obtenha aprovação na disciplina do semestre. As competências encontram-se indicadas nas ementas das disciplinas. Uma ementa é uma descrição discursiva que resume o conteúdo conceitual e procedimental de uma disciplina. Algumas ementas apresentam as habilidades técnicas descritas de forma explícita, enquanto em outras estas habilidades técnicas estão descritas de forma não tão objetiva. O responsável pelo cadastro das habilidades deverá ter o conhecimento necessário para abstrair de cada ementa a listagem de habilidades necessárias. Abaixo, observa-se o trecho de um exemplo de ementa.

Trecho de uma ementa:

Conceitos de Gerenciamento de Banco de Dados. Arquitetura de um SGBD. Modelagem conceitual de dados a partir da descrição de um problema. Modelo relacional. Álgebra Relacional. Normalização. Indexação. Linguagem SQL (DDL, DML e DCL). Projeto Físico de um Banco de Dados. Implementação de Bancos de Dados Relacionais em um SGBD.

No exemplo acima, é possível destacar, explicitamente, algumas habilidades técnicas como: modelar problemas conceituais, modelar ERD, comandos SQL. Enquanto que também temos presente nesta descrição algumas habilidades que não são diretamente observadas como aspectos técnicos, tais como: conceitos de gerenciamento, conhecimento de SGBD. Estas habilidades não são propriamente desenvolvidas através de linguagens, métodos ou metodologias com o uso de abordagens técnicas, mas sim através de exposições de conceitos e exemplos de aplicações práticas.

O segundo processo necessário para o modelo é o cadastro da disciplina. Uma disciplina é um compêndio de objetivos, conteúdo programático e bibliografias necessárias com as quais o professor deverá capacitar os alunos a compreender e aplicar as técnicas citadas a fim de desempenharem adquirirem um conjunto de habilidades. Algumas disciplinas possuem relações de pré-requisitos necessários e quando houver estas limitações o professor deverá ficar atento para realizar os cadastros de conteúdos condizentes ao nível de conhecimento assumido para tal disciplina. Uma disciplina poderá incorporar atividades extras, além do conteúdo previsto em sala de aula, pois através da complementação dos tópicos os alunos ampliam seu conhecimento acerca de determinado tema.

O terceiro processo do modelo é o cadastro do material, que consiste no principal processo do modelo. Um material poderá ser qualquer arquivo, disponível localmente ou na Internet, que contenha o assunto tratado em sala de aula. Durante o processo de cadastro de material, mediante à análise de aderência do material em relação aos tópicos de cada disciplina, o professor realizará a sua recomendação. Neste processo o professor informará para o modelo os dados de relevância. Dentre as principais informações do material estão o tema tratado, as habilidades que contempla e a disciplina para a qual ele recomenda o material. Além das informações indicadas acima o professor também poderá informar outras complementares, tais como autores, datas da pesquisa, entre outras que julgar necessárias. Todo material recomendado pelo professor manterá vínculo com a disciplina e conseqüentemente com as habilidades desenvolvidas.

Os materiais cadastrados passarão pela avaliação do professor que realiza o cadastro e também por outros professores convidados a realizar esta atividade de avaliação. A classificação será feita segundo o critério de dificuldade. Os materiais serão classificados sob três níveis: Nível A: Material classificado como sendo de grande valor e profundo teor acadêmico, com referências relevantes do tema e assunto que agrega conhecimento avançados; Nível B: Material classificado como sendo de médio teor de aprofundamento, com conceitos bem fundamentados; Nível C: Material que contém conceitos básicos sobre o tema e de utilização inicial para prestar conhecimentos básicos introdutórios sobre o tema em questão.

Na próxima etapa do processo, após o professor realizar o cadastro da sua recomendação, o modelo torna disponível o material para que os demais professores da mesma disciplina possam avaliar o conteúdo e aprovar, ou não, a indicação do material. O modelo conta com um mecanismo de solicitação de avaliação entre os professores para avaliarem



documentos selecionados. Estes professores, atuantes nas mesmas disciplinas, receberão indicações do modelo de que se encontra disponível material para sua avaliação. Uma vez sendo aprovado, quando superior a 50%, do número dos professores da disciplina, o material ficará disponível para futuras recomendações na base de dados do repositório de recomendações.

Durante o semestre, com o andamento das aulas, cada professor poderá indicar no sistema um valor percentual contendo o grau de atendimento das competências por parte dos alunos. Desta forma o sistema aprimorará a busca por matérias de melhor classificação para a recomendação. Os professores, mediante análise de evolução de cada aluno da disciplina, informarão sua pontuação para cada uma das competências trabalhadas na disciplina. Segundo o material recomendado para o aluno, este será avaliado de acordo com a evolução no nível de aprendizagem. Cada professor receberá informação do sistema sobre qual material foi recomendado e a avaliação do aluno sobre este material. De posse destas informações o professor deterá conhecimento sobre a eficácia da recomendação. A cada avaliação da recomendação o sistema fará novo cálculo para viabilizar novas recomendações para este aluno. Esta nova recomendação pode ocorrer tanto de materiais com maior ou menor nível de aprofundamento, pois isto dependerá da avaliação do professor sobre a eficácia ou não do material recomendado para o aluno.

Uma vez finalizado o processo dos cadastros básicos o modelo iniciará o procedimento para filtragem e recomendações de materiais. Para a realização da recomendação de materiais o modelo aplicará as técnicas de recomendação conhecidas como filtragem por conteúdo, filtragem colaborativa e também filtragem por conhecimento, com o auxílio da web semântica. Partindo do repositório de dados de recomendações os materiais ali dispostos serão analisados segundo as vinculações com disciplinas e as habilidades técnicas. Todo o material será classificado para que ao receber a informação de nova matrícula de aluno na disciplina os conteúdos classificados possam ser recomendados.

O mecanismo do uso da Recomendação Colaborativa está previsto como é descrito a seguir. Caberá aos alunos, mediante avaliação da qualidade e compreensão quanto ao uso e proveito do material recebido na recomendação, realizar a sua própria avaliação sobre o material. Neste caso os alunos da disciplina realizam suas avaliações prestando depoimentos e informando sua nota para o material recebido na recomendação. A nota do aluno está relacionada com a sua percepção de adequação para o material recebido. O modelo realizará o

calculado da média das avaliações e classificará o material segundo o critério dos níveis A, B e C. Caso a nota fique entre 5,0 e 6,5 o material será classificado como nível C, com a nota 6,6 a 8,5 será classificado como nível B e superior a 8,6 será nível A. Quanto o material for classificado com nota inferior a 5,0 será submetido para o professor responsável pelo seu cadastro reavaliar se mantém ou o exclui da base de dados do modelo. Estas faixas de valores são definidas arbitrariamente, por conveniência e podem ser adaptadas no modelo, de acordo com necessidades verificadas.

As recomendações de conteúdo estarão condicionadas as áreas de atuação, no caso de professores, onde estes farão indicações de conteúdo relacionados as suas disciplinas. Neste sentido todas as indicações de leituras destes professores ficarão disponíveis para avaliação dos seus pares. Quanto aos alunos, estes receberão as recomendações destes materiais digitais também relacionadas com as disciplinas nas quais estão matriculados.

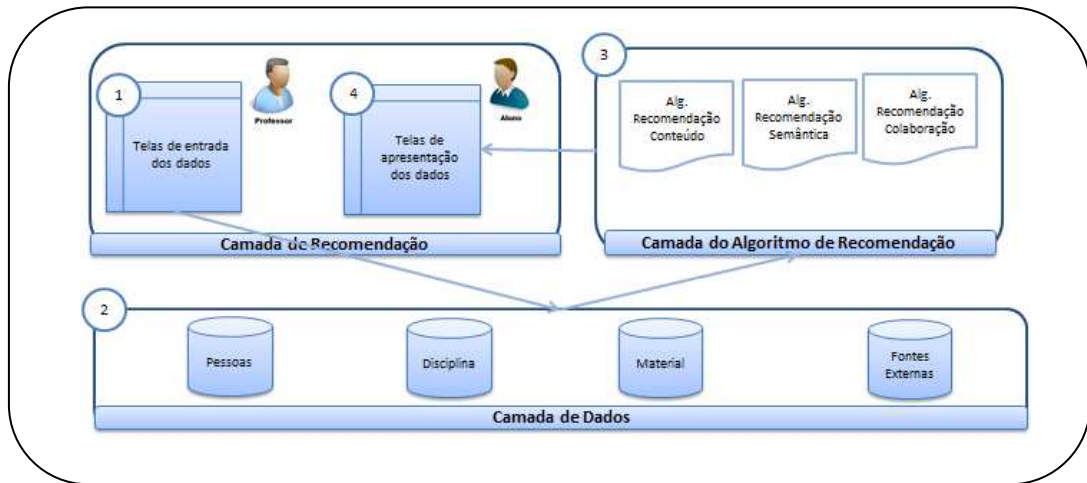
As recomendações baseadas em conhecimento serão geradas a partir de relações descritas em uma ontologia de domínio, que permite ampliar em diversos aspectos as recomendações anteriores. Estão previstas, por exemplo, relações para identificar materiais relacionados entre si por critérios de requisitos ou nível de aprofundamento. Além destes, outras relações sobre aspectos de tipo de material, duração ou formato podem ser descritas. As relações entre materiais e aspectos do perfil do aluno também podem ser identificadas na rede de ontologias prevista.

## 4.2 Arquitetura do Modelo

O modelo adotado para este trabalho utiliza-se da técnica de geração de recomendação híbrida, efetuando a combinação de três técnicas: a recomendação baseada em conteúdo, a recomendação colaborativa e a recomendação baseada em conhecimento.

Este modelo contempla o processo necessário para armazenar, classificar, publicar e refinar os materiais recomendados pelo quadro de docentes. A figura 15 ilustra as camadas previstas no modelo, descritos a seguir.

**Figura 15 - Arquitetura do modelo**



Fonte: Elaborada pelo autor

O modelo acima, na figura 15, apresenta três camadas e quatro etapas que serão a seguir detalhadas. A Camada de Recomendação está constituído pelas telas de entrada e saída dos dados do modelo. É através das telas de entrada dos dados que os professores farão os cadastros, avaliações e demais acessos aos dados dos materiais que pretendam realizar as recomendações para os alunos das suas disciplinas. Também nesta camada consta a parte final do processo previsto no modelo, pois através das telas de apresentação dos dados os alunos receberão as devidas recomendações de material instrucional do sistema, segundo as regras, algoritmos e cálculos que serão realizados para destacar quais materiais deverão recomendados aos alunos.

A Camada de Dados é responsável pelo armazenamento das estruturas dos objetos do banco de dados e seus respectivos dados. Nesta camada o modelo armazenará as informações relacionadas às pessoas (professores e alunos), disciplinas e materiais sobre os quais serão realizadas as operações de armazenamento e recuperação para futuras recomendações de materiais aos alunos.

A Camada do Algoritmo de Recomendação é a camada que realiza o processo de cálculos e identificação das relações entre os elementos tratados (disciplinas, habilidades, alunos, material). Através das relações existentes e dos cadastros dos materiais previamente informados pelos professores é que o modelo será capaz de realizar as recomendações dos materiais digitais catalogados para os alunos.

Na camada de dados está prevista a observação de características de integração dos dados mantidos pelo sistema de recomendação com fontes oriundas de ambientes externos de avaliação, repositórios de dados e até mesmo sites de navegação. Um dos fatores para tal funcionalidade estar prevista é a facilidade de coleta de dados que podem apoiar a manutenção de informações sobre os alunos. Além disso, esta capacidade possibilita que o modelo propicie maior variedade, quantidade e qualidade de materiais para recomendação. Os materiais coletados destas fontes servirão para auxiliar o processo de recomendação automática que será tratado na camada de recomendações.

Na camada de dados serão mantidas as bases de dados relacionadas às informações necessárias para que o modelo persista os dados relativos aos elementos que compõem o sistema. Na base de dados alunos, serão mantidas as informações referentes ao histórico de disciplinas cursadas e em curso onde o aluno deverá receber recomendações de material a fim de aperfeiçoar seus estudos no contexto da disciplina. Na base de dados disciplina serão mantidos os dados das habilidades compreendidas para cada etapa/módulo do andamento do semestre nesta disciplina. Com as informações da ementa da disciplina e suas competências/habilidades será possível abstrair os requisitos necessários para que o aluno seja conduzido a receber recomendações referentes às habilidades contidas neste cadastro. Na base de dados Materiais serão mantidos todas as referências para os objetos de aprendizagem já catalogados pelos professores ou fruto de coletas vindas de outras fontes de dados.

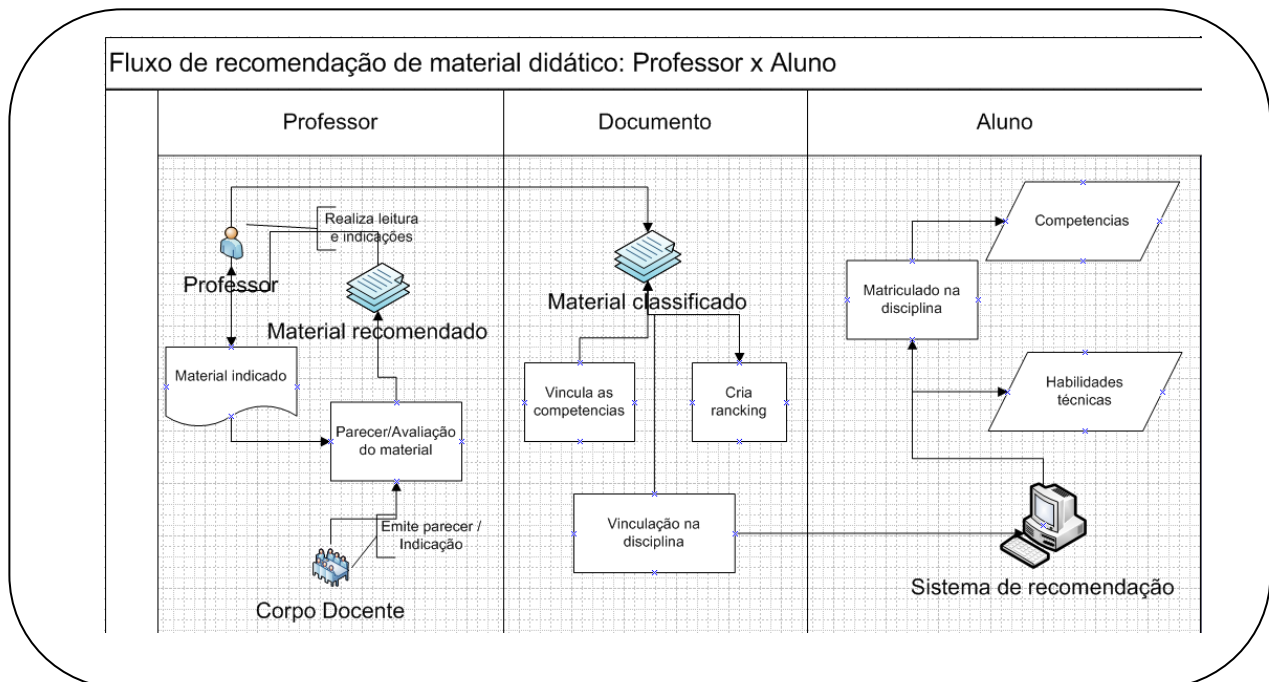
Na tela de apresentação dos materiais estão previstas duas categorias: uma sendo a recomendação manual, onde ficarão os materiais recomendados pelos professores da disciplina com suas anotações, comentários e demais informações cadastradas no sistema. Já na categoria de recomendação automática permanecem os materiais resultantes do processo de coleta, classificação e guarda dos documentos que possuem relação ou grau de proximidade com os documentos mantidos na categoria de recomendação manual. Este processo de coleta, classificação e guarda utiliza as fontes de dados externos ao sistema, fontes como repositórios ambientes de avaliação e sites de navegação.

Nestas recomendações permanecerão os materiais classificados para os alunos da disciplina que serão mantidos nas bases de dados do modelo, assim também como os materiais coletados das fontes de dados externos ao modelo. Para cada material armazenado na categoria de material recomendado o sistema fará uma busca em outras fontes a fim de coletar novos conteúdos digitais com similaridade de termos, autores e origens do material armazenado. Estes

materiais ficarão com o rótulo de “recomendação automática”, desta forma se destacam dos demais itens da recomendação.

O módulo associado com material recomendado por conteúdo é responsável por identificar os materiais digitais resultantes da classificação do sistema mediante a análise do conteúdo encontrado no material relacionado. O módulo de recomendação híbrida implementa o necessário para gerar a listagem dos materiais resultantes das recomendações dos professores e alunos. Já o componente de recomendação semântica organiza os resultados de recomendações dos materiais pelo algoritmo da web semântica. Os resultados destas três filtragens serão compostos com uma ponderação que poderá ser ajustada pelo administrador do sistema, para compor a recomendação final.

**Figura 16 - Fluxo de recomendação**



Fonte: Elaborada pelo autor

A figura 16 apresenta o fluxo das recomendações partindo das anotações dos professores. Quando um professor deseja fazer indicação de material para sua disciplina, este deverá postar o material em formato digital no sistema. Para que o material seja cadastrado, o professor deverá indicar algumas informações necessárias, como a disciplina relacionada ao material, habilidades associadas a este material e o grau de dificuldade deste material. Após a postagem do material pelo professor, os demais professores, que lecionam ou já lecionaram a

mesma disciplina poderão realizar suas avaliações sobre o conteúdo indicado pelo colega anterior. Uma vez este material sendo aceito ele passa para a fase de materiais recomendados.

Quando o material passa para a fase de materiais recomendados este já poderá ser utilizado pelos alunos da disciplina indicada. Após receber a recomendação cada aluno também poderá fazer sua avaliação e recomendar ou negar a recomendação deste material. Após um ciclo de recomendações, ou seja, um semestre este material passar por um processo de revisão e reclassificação, podendo, dependendo da pontuação atingida este material ser retirado da lista de recomendações futuras.

#### 4.3 Abordagem de recomendação baseada em conhecimento

Neste item são descritos os aspectos envolvidos na abordagem de recomendação por conhecimento. No modelo proposto neste trabalho foi utilizado o conceito de representação de conhecimento, como forma de apoiar a melhoria do sistema de recomendação. Para tal representação o formalismo escolhido foi a representação a partir de ontologias, que permitem a descrição de forma flexível e com ampla possibilidade de reutilização, integração e realização de consultas e inferências.

A partir desta representação devem ser disponibilizadas as informações sobre as entidades que são relevantes para o sistema de recomendação. A partir de observação de trabalhos relacionados e de definições quanto ao escopo desejado para as recomendações, foram definidos os marcos descritos a seguir, para esta representação de conhecimento.

Em um nível geral os três elementos representados são: a área de conhecimento; os materiais disponibilizados; o perfil do aluno. A representação da área de conhecimento é voltada para a descrição dos conceitos pertinentes às áreas de conhecimentos associadas com a futura utilização deste modelo de recomendação. Esta representação está associada fortemente com aspectos ligados à estrutura existente no banco de dados modelado, onde aspectos curriculares são relevantes e também é forte a associação entre a representação da área de conhecimento e habilidades associadas com atividades acadêmicas. A representação dos materiais utilizados foi delimitada com as necessidades mais específicas observadas na concepção do modelo de sistema de recomendação. Foram previstos aspectos de esquemas amplamente conhecidos para representação de materiais instrucionais, tais como os padrões

LOM (IEEE-LTSC, 2002), visando promover interoperabilidade, mas para finalidades de avaliação e implementação do protótipo do modelo foi identificado um conjunto menor de aspectos a modelar. O perfil do aluno é definido no modelo como o aspecto a descrever todos os atributos importantes para identificação de habilidades, preferências e necessidades dos alunos. O modelo considera a utilização de esquemas existentes para a descrição de alguns dos atributos deste item.

Como forma de fomentar a reutilização e a flexibilidade, foi adotado neste trabalho o conceito de uso de redes de ontologias (Pernas, 2012), de modo a destacar os aspectos individuais de certos elementos representados, tais como o perfil do aluno, ou o material instrucional. Entretanto, o uso a ser realizado pelo modelo consiste em um aproveitamento de todos estes diversos elementos de forma integrada.

Desta forma, a rede de ontologias, apresentadas no item 5.4.4, proposta neste modelo consiste em três ontologias distintas, com uso de integração com ontologias previamente disponibilizadas, compostas por: ontologia da área de conhecimento; ontologia do perfil do usuário; ontologia dos materiais instrucionais.

As ontologias serão utilizadas de forma conjunta, permitindo que os dados obtidos nas bases de dados a serem tratadas como casos de aplicação do sistema de recomendação sejam empregados como fonte de informações para a geração de instâncias destas ontologias. Por exemplo, a base de dados contendo o material instrucional pode ser integrada com a ontologia de material. A base de dados contendo informações dos alunos pode ser utilizada para popular a ontologia do perfil de alunos.

Os diferenciais esperados com o uso deste recurso de representação de conhecimento no modelo de sistema de recomendação descrito está associado com a exploração das diversas relações possíveis de serem estabelecidas entre os atributos destes três elementos principais. Por exemplo, as relações indicando a situação de necessidade de conhecimento prévio para uso de materiais, ou indicando materiais com níveis de profundidade diferenciados, ou ainda materiais com finalidades distintas, tais como exercícios ou resumo, podem todas ser descritas na rede de ontologias. Desta forma, além dos resultados obtidos com os cálculos gerados pelo sistema de recomendação seguindo a abordagem de filtragem por conteúdo e de filtragem híbrida, o sistema de recomendação conta ainda com a possibilidade destas outras relações qualitativas.

Para o desenvolvimento e testes com as ontologias foi utilizado o software protege (Sachs, 2015), tanto para atividades de modelagem como de consulta ou testes de inferência. Entretanto, por uma questão de desempenho, foi definido um uso diferenciado das ontologias e de sua integração com o sistema de recomendação. A abordagem proposta consiste em integrar as informações na estrutura de bases de dados utilizada, a partir de um processo de mapeamento entre a representação de conhecimento e a estrutura de bases de dados relacionais, permitindo assim tanto os ganhos advindos da flexibilidade das ontologias na etapa de modelagem e relacionamento das informações, como também a execução de forma mais rápida das operações de consulta necessárias.



## 5. PROTÓTIPO

Para a construção do protótipo foram utilizadas as tecnologias já disponíveis e em uso comercial nos dias atuais. Este capítulo descreve a implementação do protótipo que abrange itens do modelo proposto apresentado no capítulo anterior. No item 5.1 São apresentadas as ferramentas utilizadas para a construção do protótipo e os principais artefatos produzidos. As telas principais do protótipo são descritas no item 5.2 e no item 5.3 são apresentadas as principais tabelas utilizadas na base de dados. A rede de ontologias e as abordagens para a recomendação são descritas no item 5.4.

### 5.1 Ferramentas e artefatos

Para a construção do projeto foi utilizado o processo de Engenharia de Software *Rational Unified Process* (RUP) (Kroll & Kruchten, 2003). O processo é dividido em 4 fases que auxiliam na gerência do projeto e determinam o ciclo de vida da aplicação.

As fases são comentadas a seguir. A fase de Concepção determina a fase de início do projeto de construção do protótipo. Nessa fase os requisitos essenciais são listados, assim como os objetivos, a arquitetura e o planejamento do produto. A fase de Elaboração é a fase responsável pelo levantamento e documentação de casos de uso. A fase de Construção consiste em desenvolver a codificação da aplicação definida nas fases anteriores e realizar testes de validação. A fase de Transição é a fase na qual ocorre a entrega da aplicação, elaboração e verificação da qualidade do software. Na Tabela 5 as fases, a descrição dos itens construídos em cada fase, os artefatos e as ferramentas utilizadas são listados.

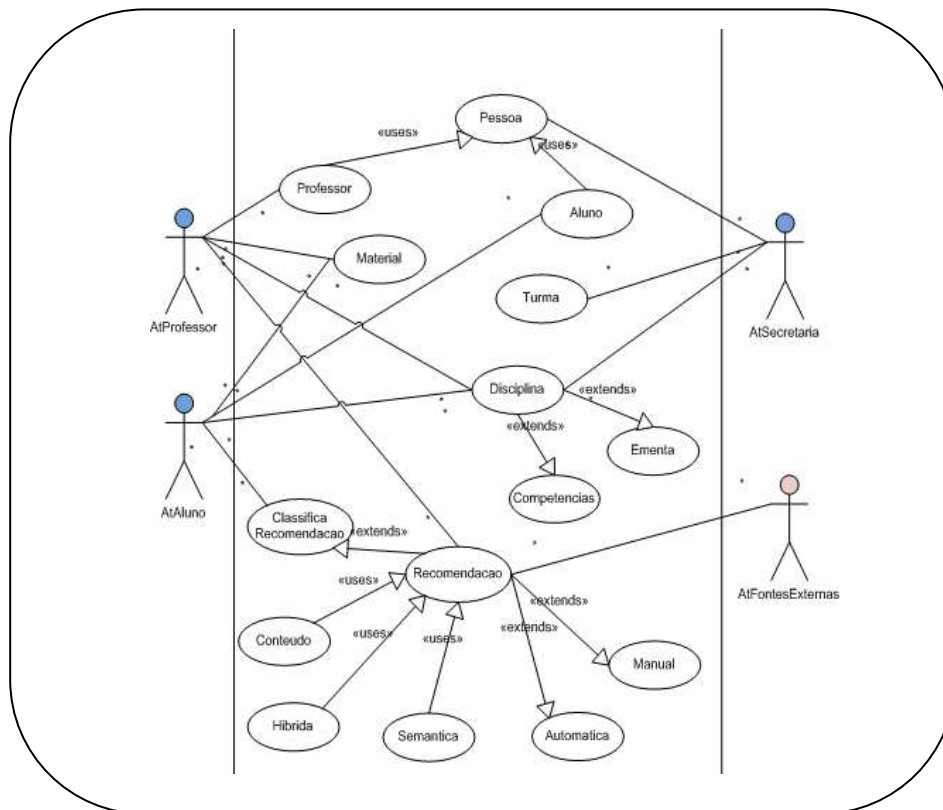
**Tabela 3 – Fases do RUP**

Fase	Descrição	Artefatos	Ferramentas
Concepção	Levantamento de Requisitos	Diagrama de Casos de Uso	MS – Visio 2010
Elaboração	Documentação e análise do sistema	Diagrama da Arquitetura do Sistema e UML	MS – Visio 2010
Construção	Desenvolvimento do protótipo		Visual Studio 2013 (CSharp), Banco de dados oracle Express 11g
Transição	Disponibilização do software		Microsoft Visual Studio 2013

Fonte: Elaborada pelo autor

O diagrama de caso de uso apresentado na figura 17 representa as interações entre o sistema e seu ambiente externo. Os atores professor, aluno e administrador são pessoas que realizam a comunicação com o sistema para enviar e/ou receber dados do sistema.

**Figura 17 - Diagrama de caso de uso geral do modelo**



Fonte: Elaborada pelo autor

As atividades relacionadas com a manutenção dos dados das disciplinas manterão as informações relacionadas às disciplinas de cada curso da IES. Cada disciplina possui determinadas características que devem ser tratadas pelo sistema. As principais características tratadas pelo sistema são descritas a seguir, tais como carga horária, ementa, habilidade e competências trabalhadas, forma de avaliação, bibliografias e recursos utilizáveis.

- o **Carga Horária:** é a distribuição das atividades e as formas como estas atividades serão trabalhadas pelo grupo de professores e alunos.

- Atividade Teórica - Expressa as horas de atividades semanais presenciais definidas pela relação, em tempo integral, entre professores e alunos, com exposição e discussão de conteúdos organizados sistematicamente;
- Atividade de Laboratório - Expressa as horas de atividades que envolvem efetivamente alunos e professores, em tempo integral, no desenvolvimento prático dos conteúdos, dentro de um ambiente projetado e adequado para esse fim, onde se incluem os laboratórios científicos, experimentais, computacionais e outras atividades definidas a critério da IES;
- Atividade Prática - Expressa as horas de atividades que envolvem efetivamente alunos e professores, em tempo integral, no desenvolvimento prático dos conteúdos. São consideradas atividades práticas as atividades de campo relativas à coleta e à observação; desenvolvimento de projetos; atividades práticas em métodos e técnicas de pesquisa e produção;
- Atividade Orientada - É expressa às horas de atividades em que os alunos desenvolvem com autonomia seus estudos, sem a presença do docente. Estas atividades seguem orientação e/ou supervisão de docente(s), e estão incluídas: atividades em bibliotecas, estudo dirigido, iniciação científica, oficinas, projetos em empresa júnior;
- Atividade a Distância - Expressa as horas de atividades não presenciais realizadas exclusivamente por meio eletrônico associadas ou não ao apoio das atividades teóricas, práticas ou de laboratório;
- Ementa: É o resumo do conteúdo desenvolvido na disciplina;
- Habilidades e competências: São as características necessárias que o aluno aprenda e saiba desenvolver a aplicar ao final da disciplina. As habilidades serão destacadas como itens, por exemplo: Construir comandos SQL, Realizar modelagem ERD, interpretar e distinguir tipos de dados. Estes exemplos servem para destacar algumas habilidades necessárias para alunos de uma disciplina de banco de dados de um curso de tecnologia da informação.
- Forma de avaliação: É a forma e meios como o professor fará a verificação do grau de aproveitamento/aprendizagem do aluno durante o andamento do semestre. A avaliação

levará e consideração a nota, a frequência e também o envolvimento do aluno em trabalhos, debates e outras forma de interagir entre os colegas de classe.

- Bibliografia: São as recomendações tanto básicas quanto as complementares indicativas para os estudos do aluno par a disciplina. Neste contexto também poderá ser acrescido na bibliografia algumas referências dos OA encontrados no repositório do modelo proposto.
- Recursos utilizáveis: São os recursos físicos ou não que servirão de apoio pedagógico para o professor ministrar suas aulas.

No item de recomendação do caso de uso apresentado na figura 18, serão tratados os problemas relacionados aos materiais classificados para recomendação aos alunos. Cada material passará por algumas fases de classificação a cada uma destas fases o material será filtrado e agrupado conforme sua forma de recomendação. No item identificado como OA na figura 17, estão representadas as ações sobre os objetos de aprendizagem disponíveis para uso nas recomendações. Nos itens aluno e professor, identificados na figura 18, serão tratados os problemas dos cadastros das características e particularidades de cada ator.

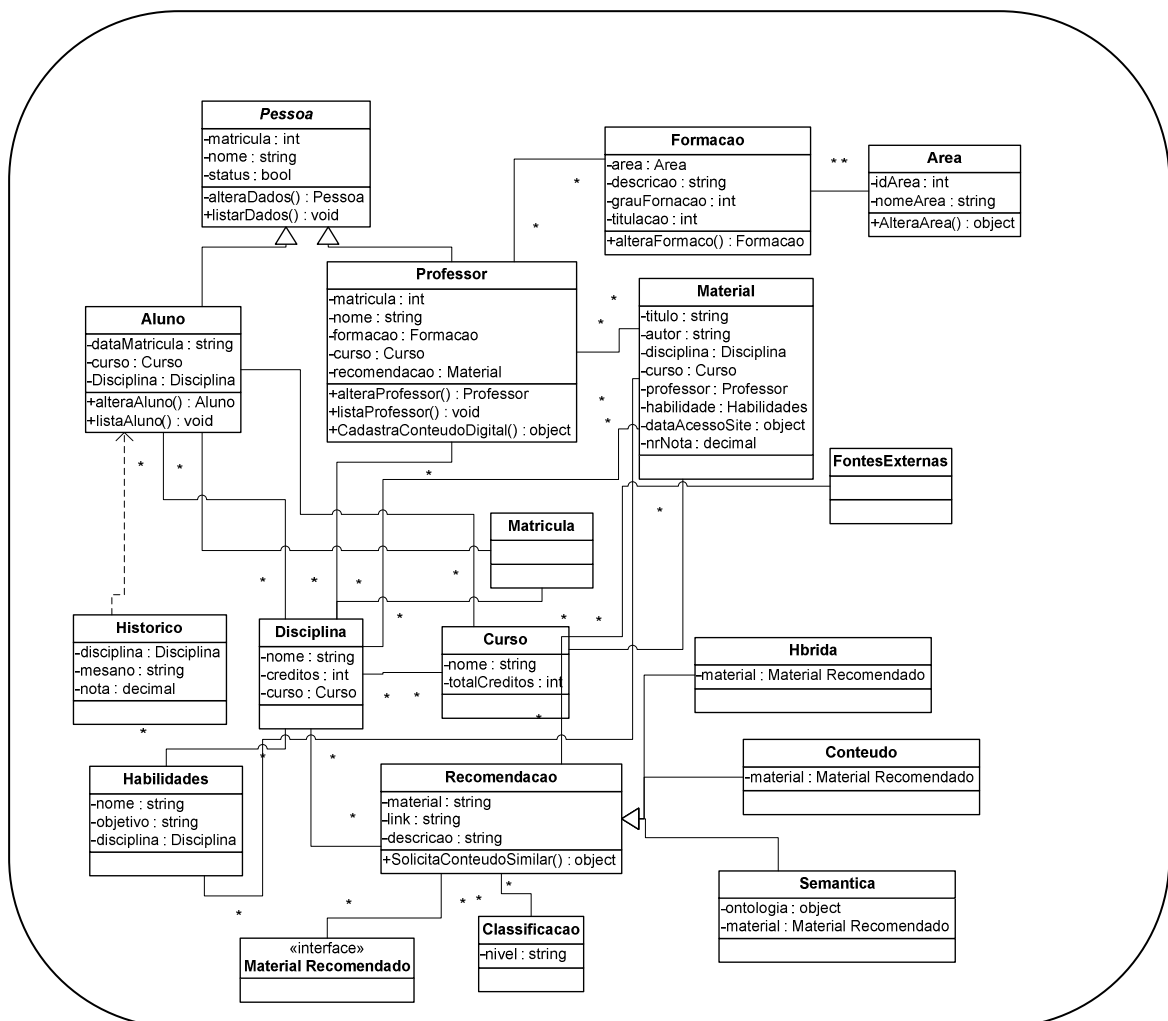
**Figura 18 - Recomendação de material**



Fonte: Elaborada pelo autor

O diagrama de classes apresentado na figura 19 destaca algumas das principais classes do protótipo. Estas classes apresentam algumas das características dos objetos construídos a partir da indicação do modelo. Neste diagrama apresentamos as ações e respostas do sistema para as solicitações de recomendações direta e automática realizadas pelos professores.

Figura 19 - Diagrama de classes do protótipo



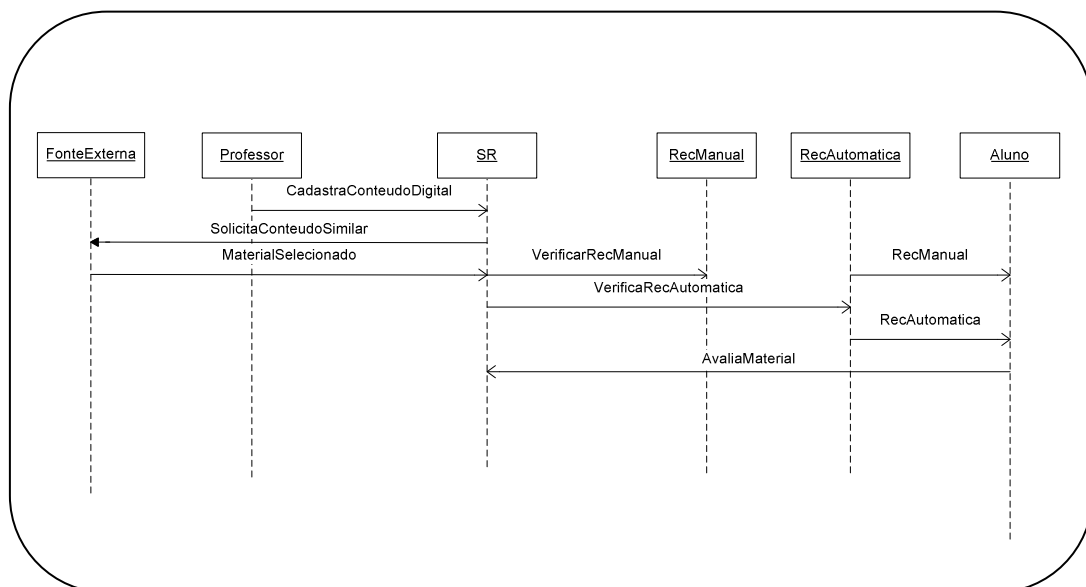
Fonte: Elaborada pelo autor

Destacando a classe Matricula, deve ser informado que a partir da criação dos objetos desta classe o protótipo iniciará o processo de busca das informações para as recomendações de conteúdo digital. Uma vez que o aluno esteja matriculado no semestre cada uma das disciplinas em que está matriculado possui determinadas habilidades que deverão ser trabalhadas. Sendo

assim, o sistema inicia o processo de avaliação das relações entre os conceitos tratados (aluno, disciplina, habilidades, material). Neste contexto, havendo material condizente com as habilidades para a disciplina em questão o aluno passará a receber as devidas recomendações.

Para representar a troca de informações entre os objetos do modelo a figura 20, apresenta um modelo de diagrama de sequência.

**Figura 20 - Diagrama de sequência**



Fonte: Elaborada pelo autor

Neste diagrama da figura 20 está representada a forma de interação entre os objetos do sistema para a realização do processo de catalogação, avaliação e recomendação do conteúdo digital. O Sistema de recomendação (item SR do diagrama) é o recurso utilizado pelos professores e alunos para realizarem suas recomendações e avaliações dos conteúdos digitais. Uma vez que um professor realiza o cadastro do conteúdo e este seja aprovado pelo quadro de professores este material fica a disposição para ser recomendado para os alunos. Todos os materiais cadastrados pelos professores ao final do processo o sistema realiza uma busca por materiais equivalentes em fontes externas a fim de enriquecer seu poder de recomendação.

## 5.2 Telas principais do protótipo

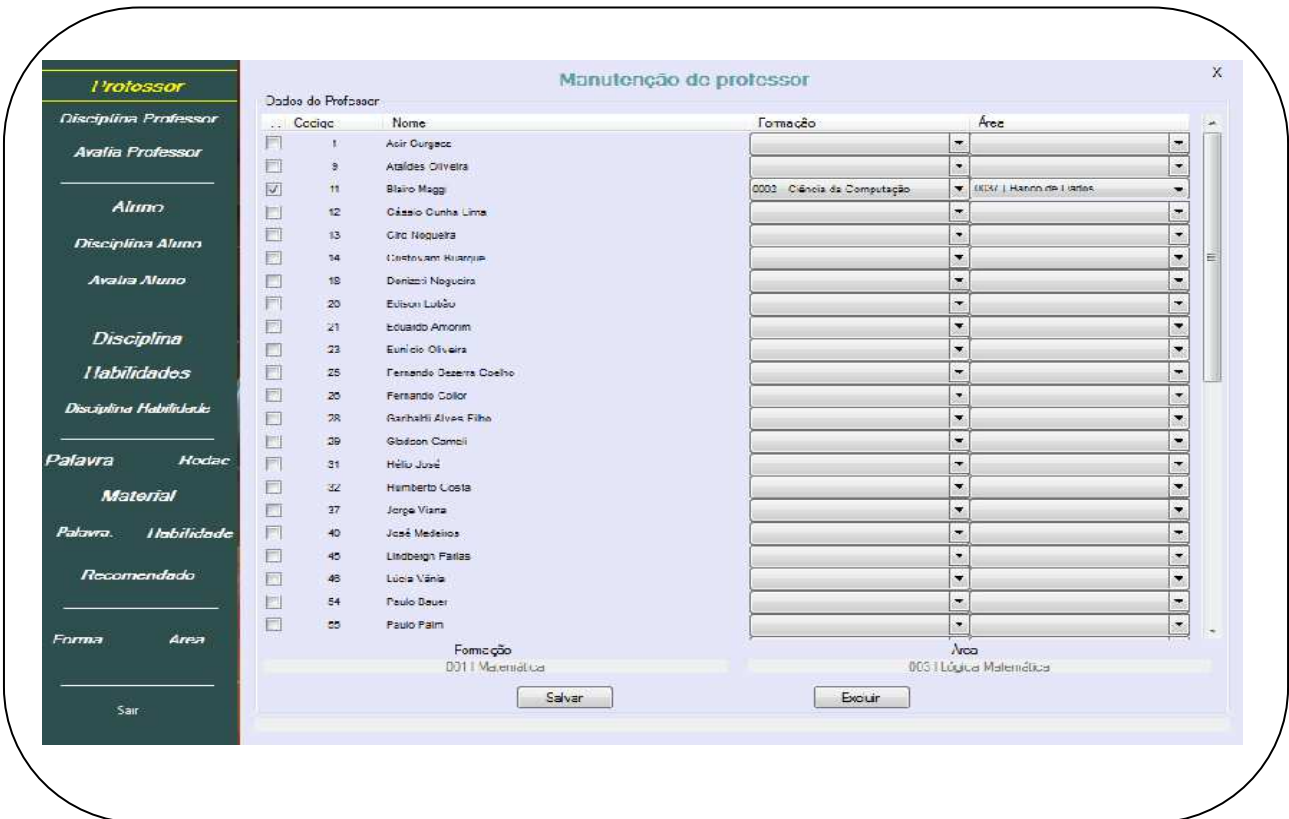
Neste tópico apresentaremos algumas das principais telas do protótipo que fora construído para uso e validação das recomendações. As telas destacadas aqui foram construídas com o objetivo de agilizar e facilitar a representação dos dados de forma a demonstrarmos a eficácia da defesa desta dissertação. Neste caso os atributos mapeados foram criados para este fim sem atingir a completude das informações necessárias em um cenário real de aplicação do modelo.

Neste protótipo estão contemplados os processos de cadastros e manipulação dos dados necessários para a realização do cruzamento das informações, processos de avaliações, tanto de professores, assim também como de alunos, entre outros. Para melhorar o entendimento agrupamos as ações no modelo foram divididos em grupos os processos de operacionalização no protótipo.

## 5.3 Aspectos ligados ao professor

O professor é um dos principais agentes de operação neste processo, pois ele é o responsável pelos cadastros e avaliações dos devidos materiais mantidos no modelo. Cada professor é responsável pelo cadastro de materiais, de acordo com as suas disciplinas. Os professores possuem vínculos com disciplinas, área de atuação e sua formação acadêmica. Estas relações auxiliam o modelo para relacionar as informações das tabelas envolvidas no processamento das recomendações. A seguir apresentaremos os processos ligados ao professor.

Figura 21 - Manutenção de Professores



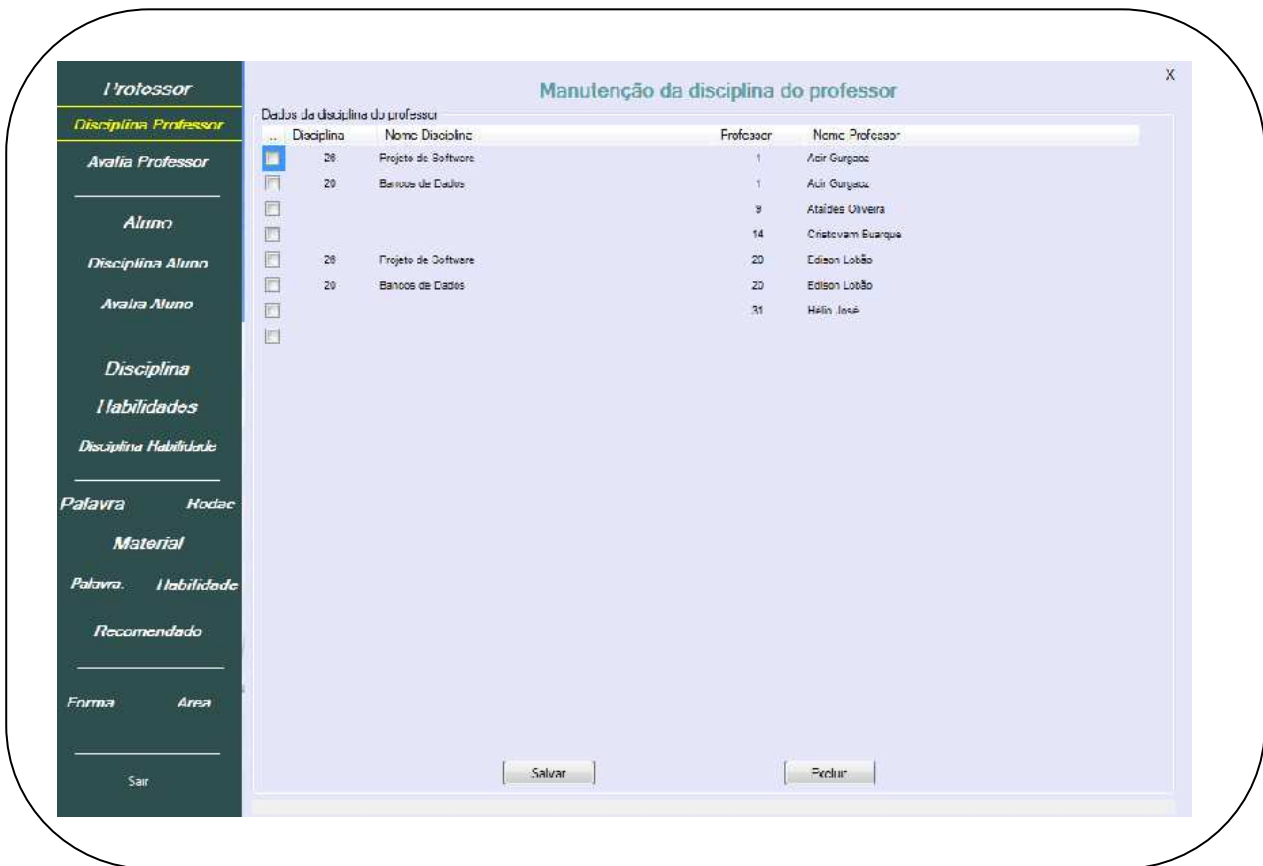
Fonte: Elaborada pelo autor

Na figura 21 consta a tela utilizada para realizar a manutenção dos dados cadastrais dos professores no processo. Neste protótipo foram tratadas apenas as informações básicas necessárias tais como nome, formação e área de atuação do referido professor. Propõem-se para uma futura implementação a necessidade de mapear maiores detalhes para o cadastro dos professores, considerando detalhes como históricos de materiais já avaliados, histórico de observações do professor a cerca dos materiais avaliados, enfim demais detalhes que possam enriquecer o cadastro.

Para realizar um novo cadastro de professor no protótipo deve-se navegar até o ultimo registro da tela e informar os dados em uma nova linha em branco. Digita-se o código e nome. Na sequencia seleciona-se nos campos área de atuação e formação. Esta interface também permite a exclusão do registro. Neste caso o sistema fará a verificação de avaliações realizadas. Se o professor já realizou alguma avaliação não será possível a exclusão do registro.



**Figura 22 - Disciplinas do professor**

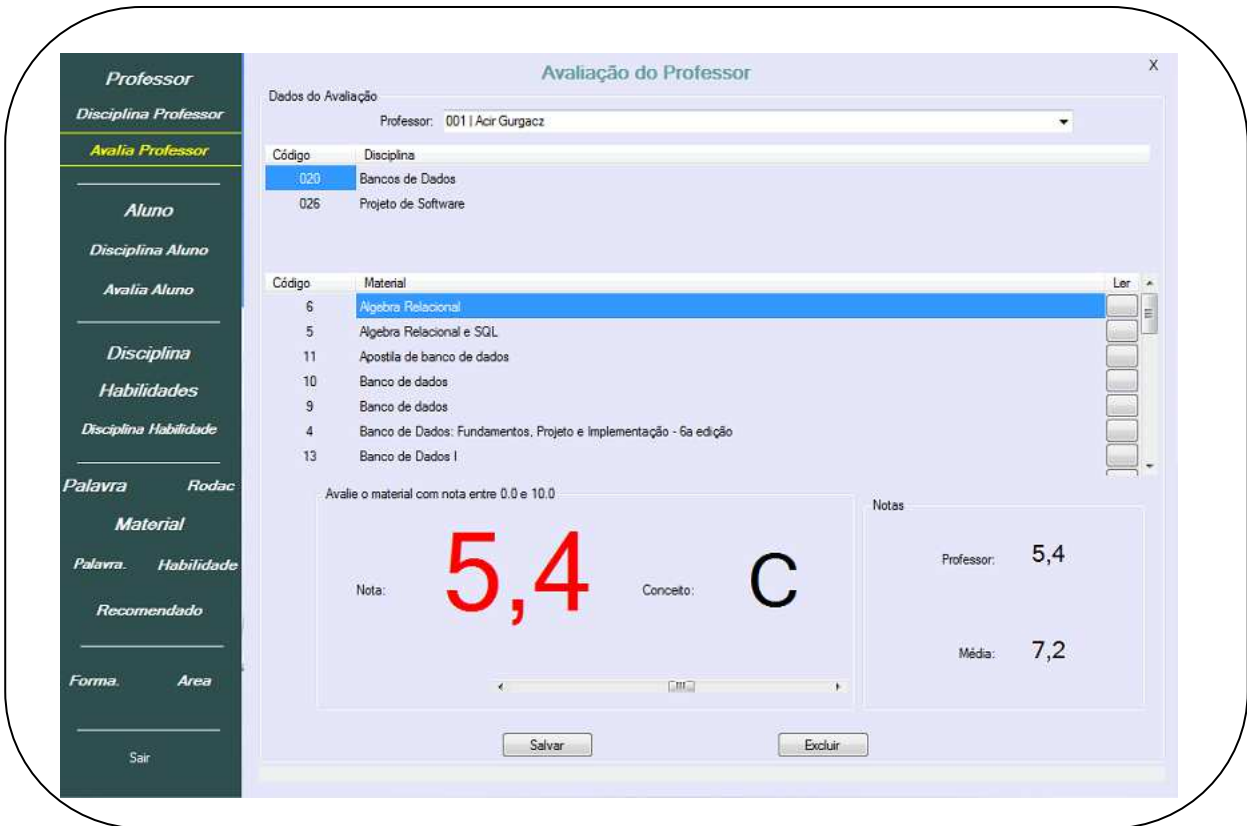


Fonte: Elaborada pelo autor

A figura 22 apresenta a vinculação que existe entre os professores as suas disciplinas. Nesta tela um professor está relacionado a uma ou mais disciplinas. Percebe-se também que uma disciplina poderá ser lecionada por mais de um professor. Assim como as demais telas nesta também foram utilizadas as informações básicas consideradas necessárias no âmbito do protótipo. Para melhorar o conhecimento e aprofundar as relações entre os atores, professor, aluno e IES pode-se ampliar o mapeamento de atributos. Os atributos mapeados nesta tela são: código e nome da disciplina e código e nome dos professores.

Para realizar um novo cadastro no protótipo deve-se navegar até o ultimo registro da tela e informar os dados em uma nova linha em branco. Digita-se o código da disciplina, após esta ação o sistema recupera o nome da disciplina que já deverá estar previamente cadastrada. Na sequencia realiza-se a mesma ação, digita-se o código do professor e o sistema realiza a busca do nome do professor que já deverá estar previamente cadastrado.

Figura 23 - Avaliação de material



Fonte: Elaborada pelo autor

A figura 23 apresenta o processo onde o professor, após o cadastro do material, realizará as avaliações dos materiais. Após selecionado o nome do professor, o protótipo realiza a busca das disciplinas deste professor e carrega na tela todas as disciplinas nas quais o professor esteja relacionado no semestre atual. Após a escolha da disciplina são carregados na tela todos os materiais que contenham a vinculação com esta disciplina, vinculação esta definida pelas habilidades associadas com disciplinas e materiais. Para realizar a avaliação o professor tem a condição de fazer a leitura do material, com acesso pelo botão disponível nesta tela. Após a leitura do material o professor poderá fazer sua avaliação deslocando a barra de rolagem, cujo valor varia entre 0.0 e 10.0. Também nesta tela consta a indicação da classificação quanto ao nível do material, que pode variar entre A, B ou C. Para o nível “A” a pontuação estará entre 9,0 e 10,0. Para o nível “B” a pontuação estará entre 7,0 e 8,9 e para o nível “C”, a pontuação se enquadra entre 0,0 e 6,9. Neste protótipo utilizou-se também com a distinção de cores para destacar cada um dos níveis. A cor azul é usada para o nível “A”, o

amarelo para nível “B” e o vermelho para nível “C”. Esta funcionalidade serve para alertar o professor no momento da pontuação do material.

Também nesta mesma tela constam as informações sobre a última avaliação do professor para o mesmo material. A tela também apresenta a nota média de todos os materiais existentes na base de dados. Esta nota média é o calculo da média ponderada que é realizada pelo somatório de todas as notas, dividindo-se pelo número total de materiais cadastrados no protótipo.

Percebe-se na figura 23 que um determinado professor atua em duas disciplinas e cada uma destas disciplinas possui alguns materiais. No caso demonstrado na figura 23 a disciplina de banco de dados possui os materiais destacados na mesma imagem. Neste caso o material de código 6 recebeu uma avaliação de nota 5,4, cujo o qual ficou classificado no nível “C” na cor vermelha. Também se percebe que as médias dos demais materiais obtiveram uma nota 7,2.

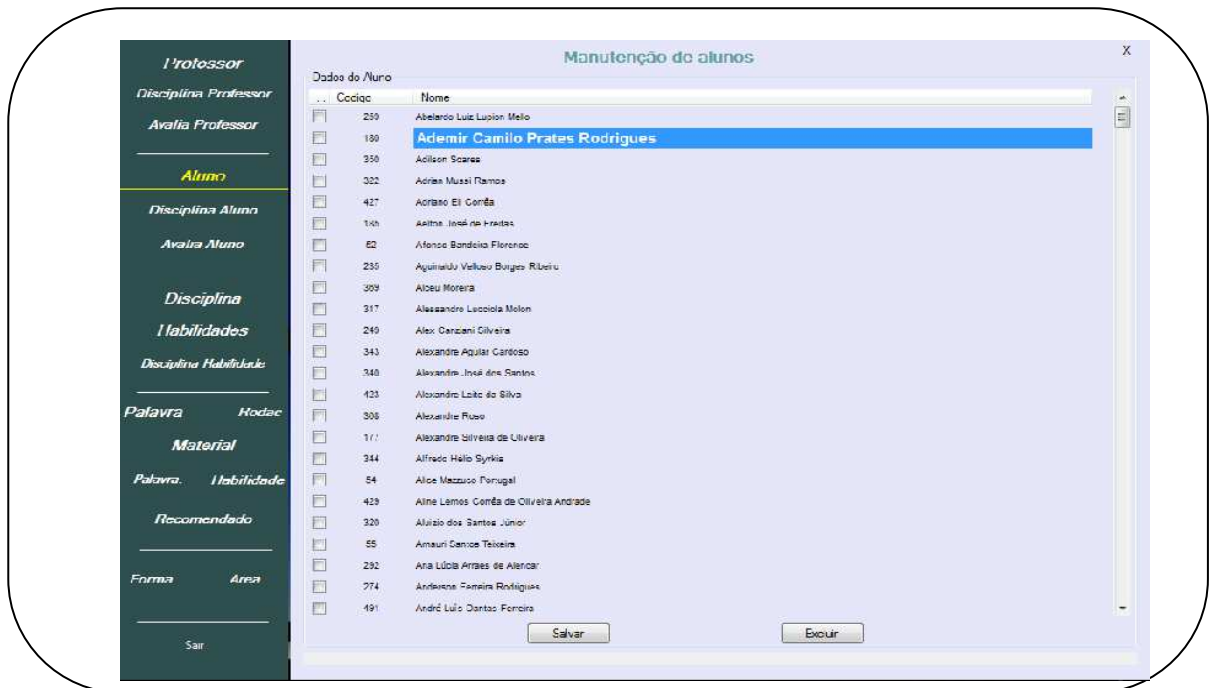
Após um professor realizar o cadastro de determinado material, os demais professores atuantes na mesma disciplina receberão um aviso do sistema, informando que há novos materiais que precisam receber avaliação. Este mecanismo é utilizado para que o maior número de professores, da mesma disciplina, realizem avaliações a fim de qualificar o material para que o sistema possa utilizá-lo no processo de recomendação.

#### 5.4 Aspectos relacionados ao Aluno

Os alunos que serão cadastrados no sistema, ao realizarem as matrículas em disciplinas, receberão recomendações de materiais para uso durante o semestre. Também durante o andamento do semestre os alunos utilizarão o modelo para buscar/receber novas recomendações de materiais. O modelo prevê a realização de recomendações segundo o nível de aprendizagem ao decorrer o tempo da disciplina.

Neste sentido os alunos poderão filtrar buscas de materiais segundo os níveis “A”, “B” e “C”, que serão mais bem detalhados a seguir no item materiais. Os alunos poderão avaliar os materiais recebidos nas recomendações para aprimorar as novas recomendações. Os materiais avaliados pelos alunos passarão a ser consideradas pelos algoritmos para as próximas recomendações por colaboração. A seguir apresentaremos os processos ligados aos alunos.

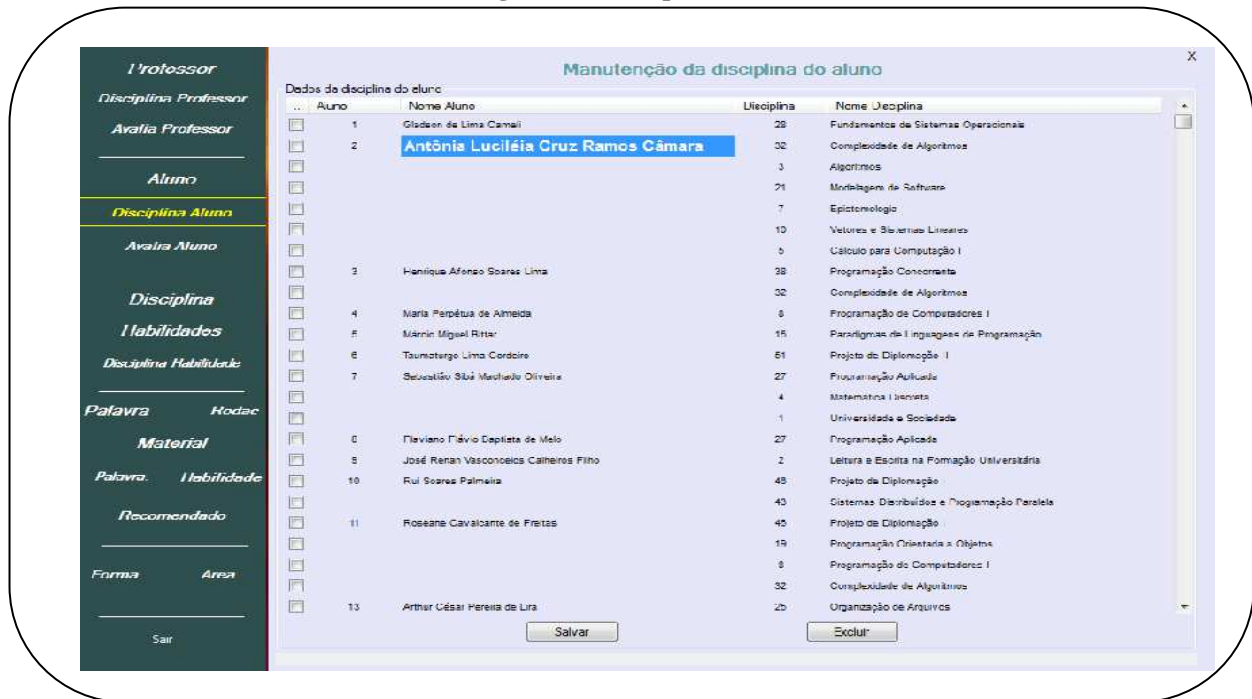
**Figura 24 - Manutenção dos alunos**



Fonte: Elaborada pelo autor

A figura 24 apresenta os dados cadastrais básicos para os dados dos alunos. Informando os dados como código e nome do aluno no cadastro, nesta tela, os alunos poderão ser acessados e realizados comandos para que estes alunos selecionados recebam recomendações e avaliações de materiais no protótipo. Destacamos que os atributos básicos apresentados aqui poderão ser ampliados para melhorar o processo de recomendações. Neste ponto alguns atributos complementares poderão melhorar o cadastro e preparar melhor o ambiente para recomendações. Algumas informações, tais como os dados históricos da vida acadêmica dos alunos, ampliarão as condições para melhores recomendações. Lembramos que neste protótipo foram utilizados dados sintéticos com informações atuais, correntes da vida acadêmica para todos os elementos presentes neste protótipo. Esta tela permite a inserção, edição e remoção dos alunos, segundo as regras definidas para o protótipo.

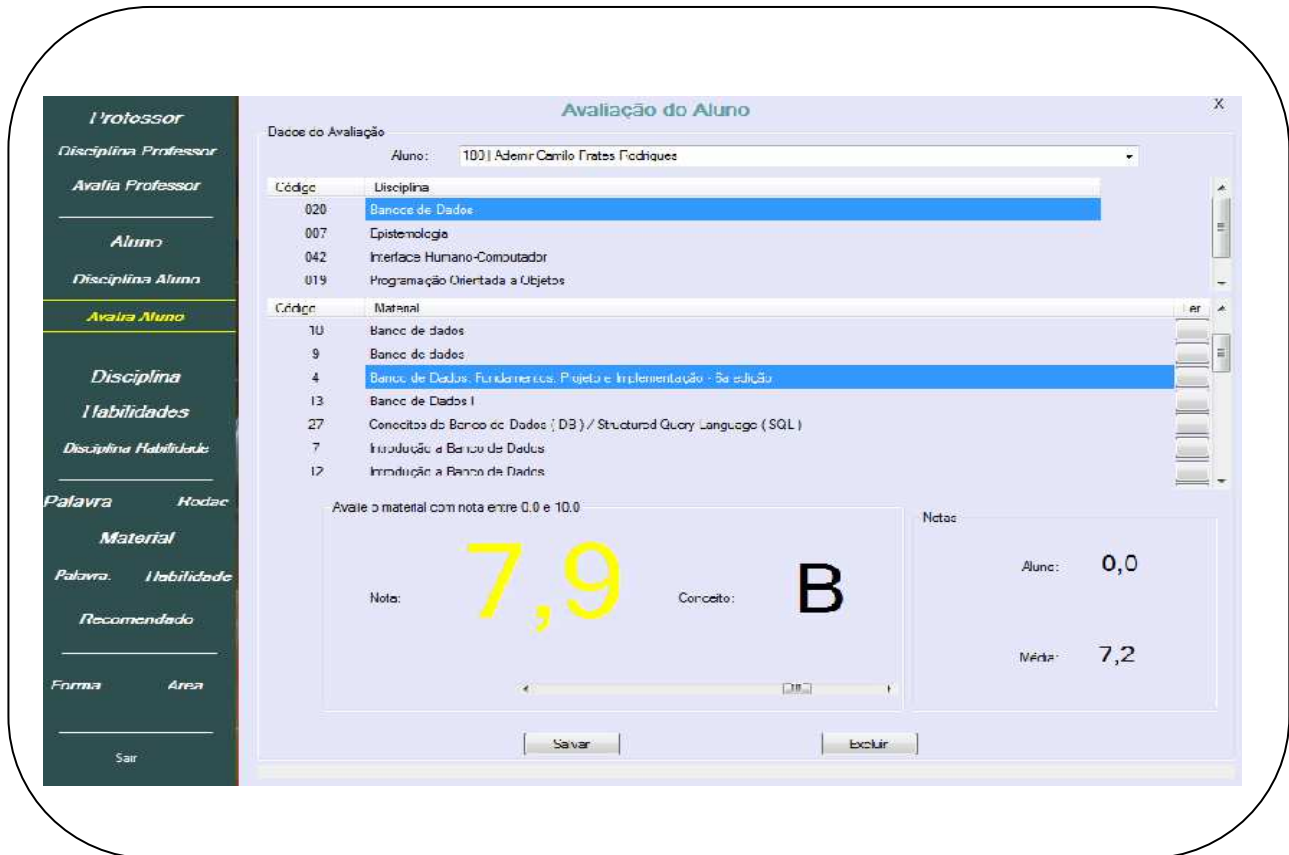
Figura 25 - Disciplinas do aluno



Fonte: Elaborada pelo autor

A figura 25 apresenta a vinculação que existe entre os alunos e suas disciplinas. Nesta tela um aluno está relacionado às suas disciplinas. Assim como as demais telas nesta também foram utilizadas as informações básicas necessárias para o protótipo. Para melhorar o conhecimento e aprofundar as relações entre os atores, professor, aluno e IES pode-se ampliar o mapeamento de atributos. Esta tela permite a execução das operações necessárias, de inclusão, edição e remoção dos registros de vínculos entre alunos e disciplinas.

Figura 26 - Avaliação de material | Aluno



Fonte: Elaborada pelo autor

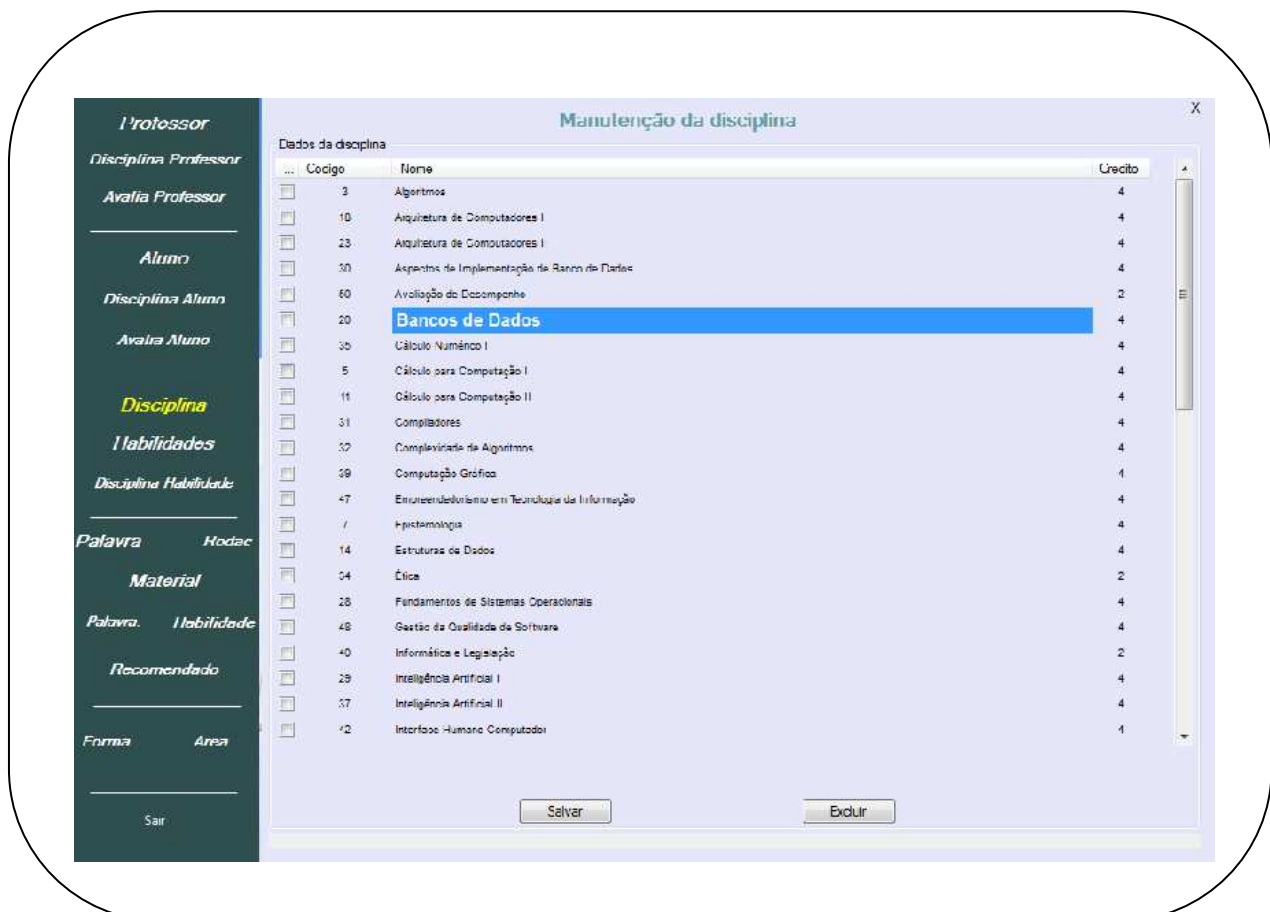
A figura 26 apresenta a tela onde o aluno, após o recebimento da recomendação do material, realizará as avaliações dos materiais. Nesta tela o aluno seleciona seu nome e o protótipo realiza a busca das disciplinas nas quais o aluno está matriculado. Ao escolher uma disciplina o protótipo faz o filtro na base dados carregando na tela todos os materiais que contenham a vinculação entre esta disciplina e os materiais com ela relacionados, com base nas habilidades cadastradas. Para realizar a avaliação o aluno tem a condição de fazer a leitura do material, a partir de um botão disponibilizado pelo protótipo na direita do nome do material. Após a leitura o aluno poderá fazer sua avaliação deslocando a barra de rolagem, cujo valor varia entre 0.0 e 10.0. Também nesta mesma tela constam as informações sobre a última avaliação do aluno para o mesmo material. Assim também como apresenta a nota média de todos os materiais existentes na base de dados. Esta nota média é o calculo da média ponderada que é realizada pelo somatório de todas as notas, dividindo-se pelo número total de materiais

cadastrados no protótipo. Percebe-se na figura 26 que um determinado aluno matriculou-se em disciplinas e cada uma destas disciplinas possui alguns materiais, no caso demonstrado na figura 26 a disciplina de banco de dados possui os materiais destacados na mesma imagem. Neste caso o material de código 4 ainda não sofreu avaliações, neste momento o aluno está realizando a avaliação e atribuindo nota 7,9 para o material. Também se percebe que as médias dos demais materiais obtiveram uma nota 7,2.

## 5.5 Aspectos disponíveis ao Administrador

Para completar a apresentação das telas do protótipo a seguir apresentaremos os cadastros de disciplinas, disciplinas e suas habilidades e o cadastro do material.

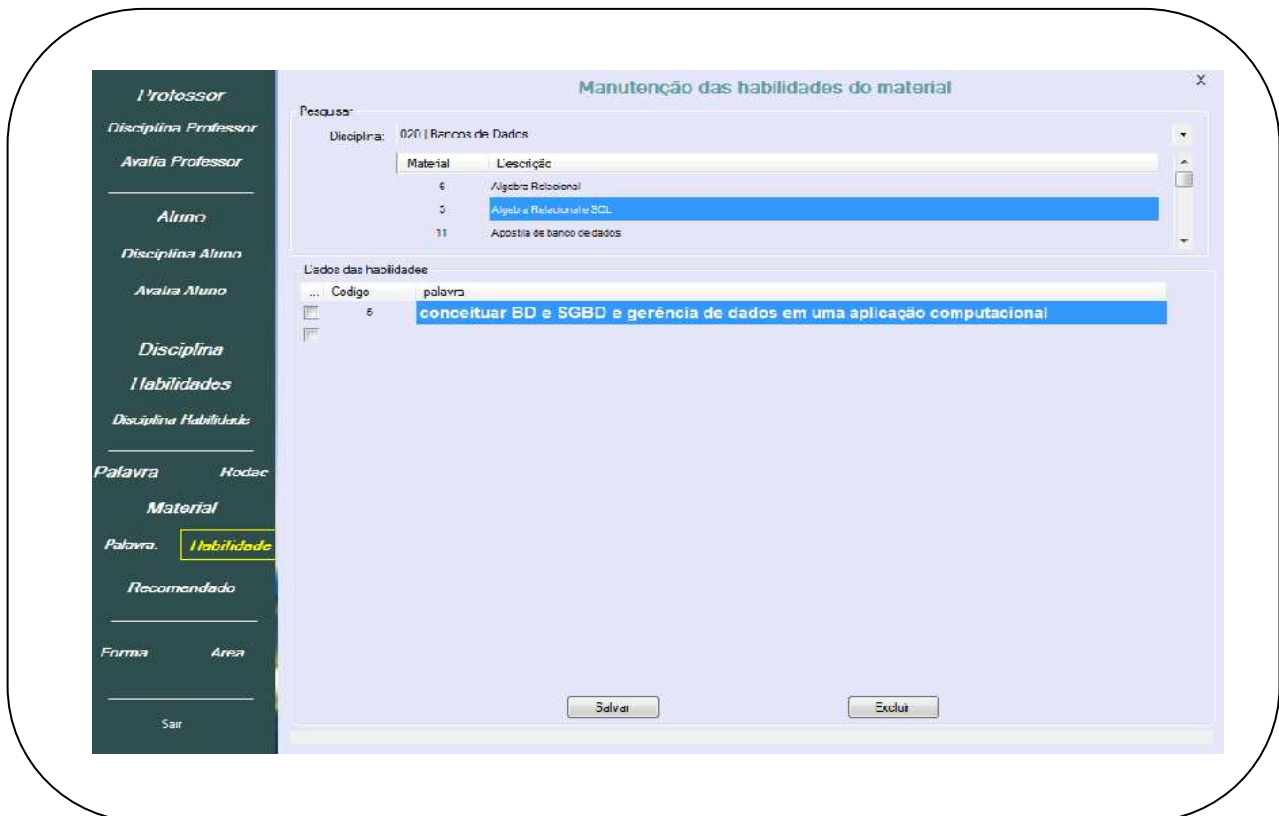
**Figura 27 - Dados das disciplinas**



Fonte: Elaborada pelo autor

Na figura 27 apresentamos os atributos básicos destacados para o cadastro das disciplinas. Neste protótipo optamos por mapear apenas os principais e necessários atributos identificados de uma disciplina. Abstivemo-nos quanto a demais atributos por demasia neste momento da representação, pois para um levantamento mais detalhado demandaria um tempo maior, que não estava disponível. A tela permite as operações usuais de inserção, edição e remoção de elementos.

**Figura 28 - Habilidades dos materiais**



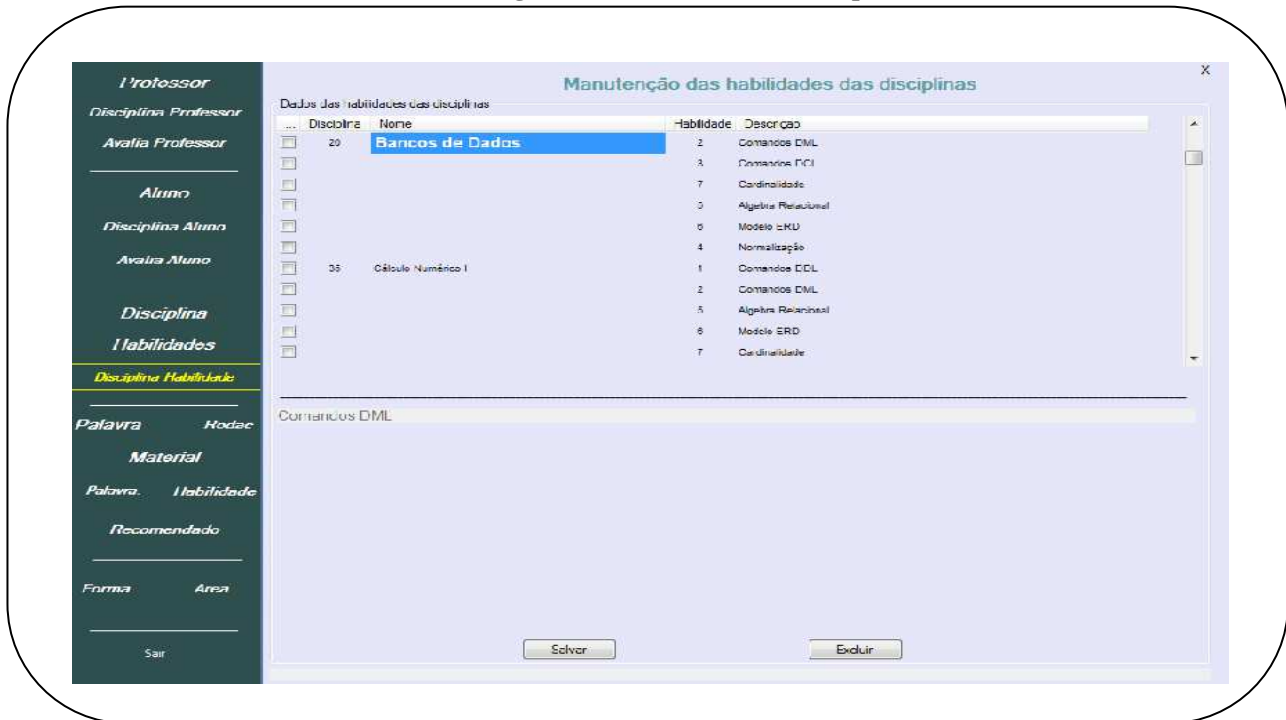
Fonte: Elaborada pelo autor

Na figura 28 está ilustrada a tela que permite o cadastro das habilidades para as quais um material requer conhecimentos. Um material poderá ser relacionado a varias habilidades. As habilidades são relacionadas pelos professores no momento do cadastro dos materiais.

Ao acessar a tela o administrador realiza a escolha da disciplina. Após esta escolha o protótipo faz a busca das informações dos materiais da disciplina e carrega o código e nome do material vinculado a disciplina. Quando o administrador escolher um material vinculado à disciplina, o sistema realiza a busca pelas habilidades relacionadas a ele.



**Figura 29 - Habilidades da disciplina**



Fonte: Elaborada pelo autor

Na figura 29 é ilustrada a tela que apresenta a vinculação entre as disciplinas e suas diversas habilidades. Nesta opção do protótipo é possível informar a vinculação de diversas habilidades com disciplinas e vice-versa. As opções gerais de inclusão, edição e remoção dos registros estão disponíveis.

**Figura 30 - Cadastro do Material**

Fonte: Elaborada pelo autor

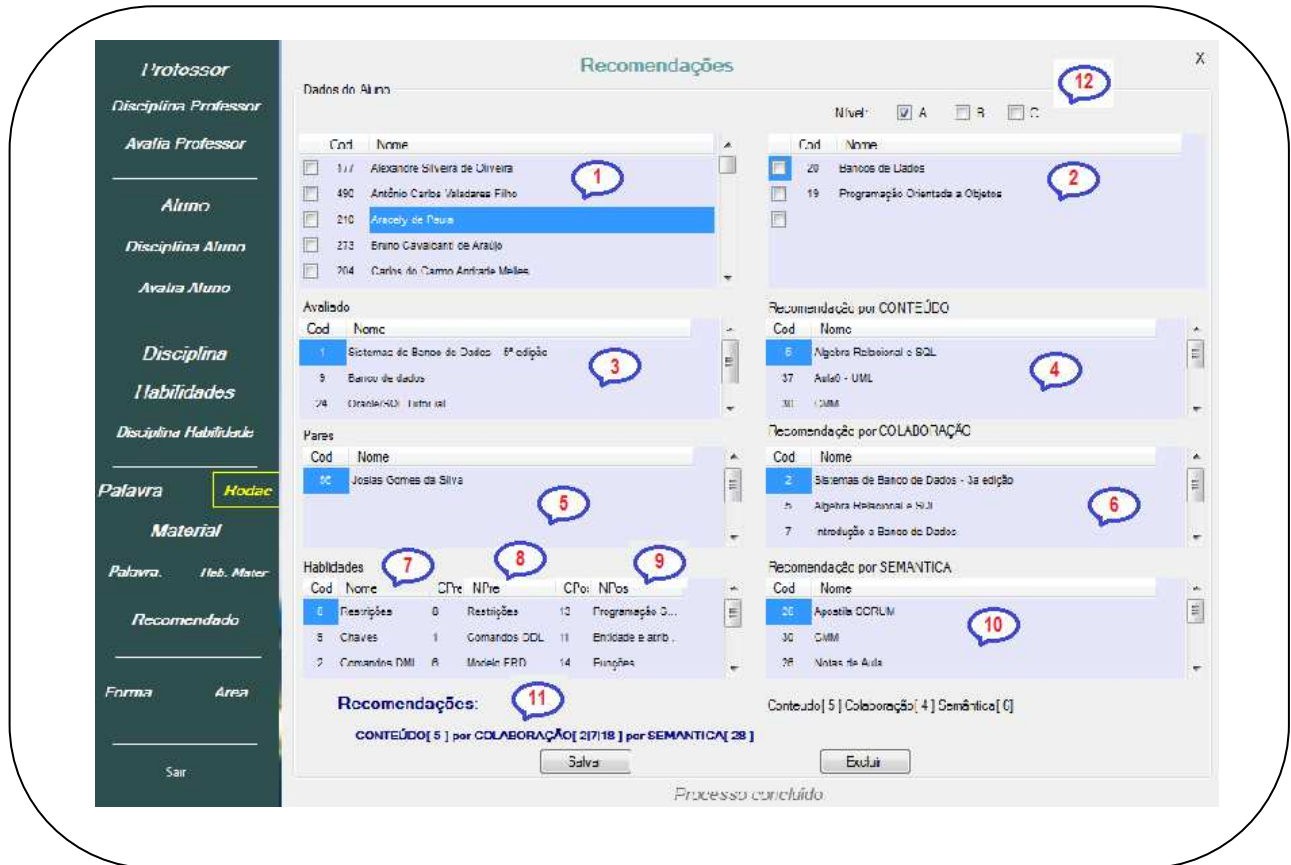
A figura 30 apresenta uma das principais telas do protótipo, pois esta tela é utilizada para que os professores e administradores realizem o cadastro dos dados de cada material que servirá para as recomendações em suas disciplinas. Cada material possui algumas informações básicas necessárias para seu cadastro, dentro estas constam: título dos autores, locais de publicação, data e outros dados. Além disto, no protótipo também há a necessidade de informar qual o professor está realizando o cadastro do material, pois como cada professor está relacionado à suas disciplinas o protótipo faz validações para consistir as informações. Um material, no cadastro, registra um local onde o arquivo será mantido.

Também, neste protótipo, o arquivo será salvo no banco de dados. Ao acessar a tela o administrador ou professor tem a possibilidade para consulta ou para realizar um novo cadastro, com as opções necessárias para a vinculação de todos os dados.

## 5.6 Aspectos da recomendação

A etapa da recomendação é o principal objetivo deste trabalho. Na figura 31, estão detalhados os elementos utilizados no protótipo para efetivar a recomendação de material.

**Figura 31 - Processo da Recomendação**



Fonte: Elaborada pelo autor

A seguir detalharemos, na tabela 16, os quadros da imagem 31. As numerações de 1 ao 10 foram utilizadas para uma melhor visualização e apresentação de dados e resultados.

**Tabela 4 - Detalhamento da recomendação**

<b>Item</b>	<b>Descrição</b>
1	Contém os nomes dos alunos que receberam recomendações. No cálculo das recomendações o protótipo fez uma leitura nos cadastros de todos os alunos e os sorteou, segundo o critério de randomização. Neste caso o protótipo efetuou cadastros e realizou avaliações para estes alunos.
2	Contém a relação das disciplinas matriculadas de cada um dos alunos listados no quadro 1. Esta vinculação ocorreu da mesma forma, randômica, a fim de relacionar os alunos às suas disciplinas.
3	Neste quadro está sendo apresentada a listagem de todos os materiais para os quais o aluno realizou avaliações. A partir das avaliações deste material o protótipo realiza as recomendações de conteúdo para o aluno.
4	No quarto quadro está sendo apresentada a listagem das recomendações com o uso da técnica da recomendação por conteúdo. Para esta recomendação o protótipo realiza a busca por materiais da mesma disciplina para os quais o aluno fez avaliações e os apresenta, sendo apenas os materiais que obtiveram uma nota maior que média das avaliações de materiais deste aluno.
5	Neste quadro número 5 está sendo apresentando um aluno, intitulado de “par” para o qual o aluno que recebe a recomendação possui a maior semelhança. Esta busca ocorreu através do uso do cálculo por similaridade de Pearson. Com o uso do algoritmo foi possível detectar outro aluno com características semelhantes às preferencias do aluno que está recebendo recomendações.
6	No quadro 6 serão apresentados os materiais avaliados pelo aluno com maior proximidade ao aluno que recebe a recomendação. Todos os materiais avaliados pelo aluno “par” serão indicados para o aluno.
7	Neste quadro de número 7 estão sendo apresentadas todas as habilidades vinculadas aos materiais listados nos materiais apresentados no quadro 3. Para realizar as recomendações por semântica foi realizado o mapeamento das habilidades constantes na ontologia. Esta técnica foi adotada por conveniência e com o propósito de agilizar a construção do protótipo. Foram criadas as vinculações entre os materiais e suas habilidades. Estas habilidades são as existentes na ontologia para cada material.

8	Na indicação 8 constam as pré-habilidades. Uma pré-habilidade está relacionada a outra habilidade, pois esta habilidade requer prévio conhecimento do aluno.
9	Na indicação 9 constam as pós-habilidades. Uma pós-habilidade está relacionada a outra habilidade, pois esta habilidade indica um conhecimento útil posteriormente para o aluno.
10	Neste quadro estão listados os materiais coletados com a técnica da recomendação por conhecimento. Todos os materiais possuem habilidades relacionadas em seu cadastro. A partir desta relação o protótipo realiza uma busca por demais materiais que contenham as mesmas habilidades listadas nos quadros 7,8 e 9 para encontrar materiais diferentes aos já recomendados através das recomendações por conteúdo e recomendação por colaboração.
11	Na tela, no balão 9 consta um resumo das recomendações, sendo apresentados na ordem as recomendações por conteúdo a quantidade, nas recomendações por colaboração apenas as que não contam no quadro 4. Também na sequência apresenta os materiais recomendados por conhecimento, neste caso também serão listados apenas os materiais adicionais, não duplicados nas demais recomendações anteriores.
12	Por último no balão 12 foram um filtro cujo qual o aluno poderá utilizar para ampliar ou reduzir as recomendações de materiais. O Aluno poderá escolher entre os níveis “A, B e C” na busca de materiais avaliados na base de dados.

## 5.7 Detalhamento descritivo das principais tabelas do protótipo

O protótipo contempla os processos de cadastros e manipulação dos dados necessários para a realização do cruzamento das informações, processos de avaliações, tanto de professores, assim também como de alunos. A seguir descreveremos maiores detalhes de algumas tabelas do banco de dados envolvidas neste protótipo.

Abaixo constam algumas das outras tabelas utilizadas no sistema:

- TURMA\_ALUNO: Cadastro das turmas de agrupamentos dos alunos, disciplinas e professores;

- MATERIAL\_RECOMENDADOALUNO: Tabela do banco de dados que mantém a relação dos materiais recomendados para os alunos após a realização do processo de filtragem.
- MATERIAL\_RECOMENDADO: Tabela do banco de dados que armazena as informações de todos os materiais que passaram pelo processo de validação (avaliação) pelos demais professores.
- MATERIAL\_PALAVRA: Tabela que armazena os registros das relações entre os materiais e as palavras que o identificam.
- MATERIAL\_HABILIDADE: Tabela do cadastro das habilidades relacionadas aos materiais cadastrados.
- MATERIAL: Esta tabela armazena os dados dos materiais que passarão pelo processo de avaliação para serem recomendados para os alunos.
- HABILIDADE\_MATERIAL: Tabela que armazena as relações entre as habilidades e os materiais cadastrados.
- DISCIPLINA\_PROFESSOR: Relação entre os professores e as disciplinas que estes ministram.
- DISCIPLINA\_ALUNO: relação entre os alunos e as disciplinas que estes cursam.
- AVALIA\_PROFESSOR: Tabela que armazena as informações das avaliações realizadas pelos professores sobre os materiais para serem recomendados.
- AVALIA\_PEARSON: Nesta tabela ficam armazenadas as comparações entre os pares para que seja realizada a recomendação, segundo o aluno mais próximo.
- AVALIA\_ALUNO: Tabela que armazena as informações das avaliações realizadas pelos alunos sobre os materiais recebidos como recomendação.

## 5.8 Detalhamento dos cálculos para recomendação utilizados no protótipo

A seguir são descritas as abordagens utilizadas para a recomendação de material instrucional no protótipo desenvolvido.

### 5.8.1 Recomendação por conteúdo

Para realizar a recomendação de material didático de conteúdo digital o protótipo executa o processo através da busca de novos materiais com base nas últimas avaliações do aluno. Como informado anteriormente, na forma de inicialização do sistema foram realizadas cargas de dados através da geração randômica para viabilizar o cruzamento de dados. Esta prática foi utilizada para obtermos a forma para proceder com a recomendação por conteúdo. Neste modelo realizamos a execução da carga de dados e o sistema gerou, a partir do volume de dados apresentado na Tabela 6 - Volume da carga de dados, apresentada adiante.

Como resultado este processo gerou a listagem dos alunos com avaliações. A partir destas avaliações ao serem selecionados um aluno o modelo realiza a busca por novos materiais que possuam as mesmas habilidades associadas e que obtiveram uma avaliação igual ou maior para outros materiais de nota médias iguais as notas do aluno.

A cada nova avaliação de material pelo aluno, o sistema recalcula sua média e na medida em que ele solicita recomendações, ao acessar o sistema.

**Quadro 4 - Trecho de código da recomendação por conteúdo**

Recomendação por conteúdo	<pre>private void carregaDadosConteudo2() {     string wMaterial = "";     for(int i=0;i&lt;dgwConteudo1 .RowCount -1;i++)     {         if ( dgwConteudo1.Rows[i].Cells [0].Value != null)         {             wMaterial = wMaterial + dgwConteudo1.Rows[i].Cells [0].Value+" ";         }     }     wMaterial = "("+wMaterial.Substring (0,wMaterial.Length -1) +")";     string wSql;     OracleCommand cmd = new OracleCommand();     cmd.Connection = Conexao.Conn;     wSql = " select distinct(cdhabilidade) cdHabilidade from material_habilidade where cdmaterial in " + wMaterial;     cmd.CommandText = wSql;     cmd.CommandType = CommandType.Text;     OracleDataReader dr = cmd.ExecuteReader();     string wPalavra = "";     while (dr.Read())     {</pre>
---------------------------	---

	<pre> wPalavra = wPalavra + dr["cdHabilidade"].ToString() + ","; } dr.Close(); cmd.Dispose(); try { wPalavra = "(" + wPalavra.Substring(0, wPalavra.Length - 1) + ")"; } catch { wPalavra = "("; } OracleCommand cmd2 = new OracleCommand(); cmd2.Connection = Conexao.Conn; wSql = " select distinct a.cdmaterial, (select b.nmmaterial from material b where b.cdmaterial = a.cdmaterial ) nmmaterial, TRUNC( avg(aa.nrnota),1) nrnota "; wSql = wSql + " from material_habilidade a, avalia_aluno aa "; wSql = wSql + " where a.cdhabilidade in " + wPalavra ; wSql = wSql + " and a.cdmaterial not in " + wMaterial ; wSql = wSql + " and a.cdmaterial = aa.cdmaterial "; wSql = wSql + " and exists(select 1 from material m where m.cdmaterial = a.cdmaterial and m.nivel in " + validaNivel () + ")"; wSql = wSql + " group by a.cdmaterial "; wSql = wSql + " having avg( aa.nrnota ) &gt;= (select trunc(avg(c.nrnota),1) mediaGeral from avalia_aluno c where c.cdaluno =" + dgw1.Rows[dgw1.CurrentRow.Index].Cells[1].Value + ")"; wSql = wSql + " order by nmmaterial "; cmd2.CommandText = wSql; cmd2.CommandType = CommandType.Text; OracleDataReader dr2 = cmd2.ExecuteReader(); dgwConteudo2.Rows.Clear(); int wLin = 0; while (dr2.Read()) { dgwConteudo2.Rows.Add(); dgwConteudo2.Rows[wLin].Cells[0].Value = dr2["cdmaterial"].ToString(); dgwConteudo2.Rows[wLin].Cells[1].Value = dr2["nmmaterial"].ToString(); dgwConteudo2.Rows[wLin].Cells[2].Value = dr2["nrnota"].ToString(); wLin++; } dr2.Close(); cmd2.Dispose(); } </pre>
--	---

### 5.8.2 Recomendação por colaboração

Neste processo utilizamos como métrica o cálculo de proximidade de Pearson. Este cálculo verifica a correlação entre as variáveis propostas. Nesta recomendação o processo



ocorre através da comparação entre todos os alunos matriculados na disciplina, os quais já realizaram alguma avaliação de material no sistema. Para encontrar o aluno mais próximo ao aluno que receberá a recomendação o modelo faz a leitura e compara todos os alunos frente ao aluno selecionado para receber recomendação. No final o protótipo classifica os alunos com os resultados mais próximos, segundo o cálculo do coeficiente de correlação de Pearson.

A comparação é realizada pelos materiais avaliados e suas habilidades, de acordo com as notas emitidas pelos alunos para cada um dos materiais.

Após descobrir os alunos mais próximos o sistema faz a descoberta dos materiais avaliados por cada um destes alunos próximos. Ao final desta busca o protótipo apresenta os materiais avaliados pelos demais alunos ( pares ) para o aluno que receberá as recomendações. Antes de apresentar a listagem de materiais o modelo realiza um filtro dos materiais já recebidos como recomendação por conteúdo para evitar uma recomendação em duplicidade.

**Quadro 5 - Trecho de código | Colaboração**

<p>Recomendação por Colaboração</p>	<pre>private void get_pearson(int wcdAluno, double [] wArray) {     double[] array1 = getAvaliacaoAluno();     double[] array2 = wArray; //getAvaliacaoPares();     double[] array_xy = new double[array1.Length];     double[] array_xp2 = new double[array1.Length];     double[] array_yp2 = new double[array1.Length];     for (int i = 0; i &lt;= array1.Length - 1; i++)         array_xy[i] = array1[i] * array2[i];     for (int i = 0; i &lt;= array1.Length - 1; i++)         array_xp2[i] = Math.Pow(array1[i], 2.0);     for (int i = 0; i &lt;= array1.Length - 1; i++)         array_yp2[i] = Math.Pow(array2[i], 2.0);     double sum_x = 0;     double sum_y = 0;     foreach (double n in array1)         sum_x += n;     foreach (double n in array2)</pre>
-------------------------------------	---

	<pre> sum_y += n;  double sum_xy = 0;  foreach (double n in array_xy)      sum_xy += n;  double sum_xpow2 = 0;  foreach (double n in array_xp2)      sum_xpow2 += n;  double sum_ypow2 = 0;  foreach (double n in array_yp2)      sum_ypow2 += n;  double Ex2 = Math.Pow(sum_x, 2.00);  double Ey2 = Math.Pow(sum_y, 2.00);  double Correl =  (array1.Length * sum_xy - sum_x * sum_y) /  Math.Sqrt((array1.Length * sum_xpow2 - Ex2) * (array1.Length * sum_ypow2 -  Ey2));  // salva as correlações dos demais alunos diante do aluno selecionado....  insertPearson(wcdAluno, Correl);  } </pre>
--	---

### 5.8.3 Recomendação por conhecimento

Para realizar as recomendações com o auxílio da semântica inicialmente foram mapeadas todas as habilidades apresentadas na ontologia para a tabela do banco de dados relacional. Esta técnica foi adotada por dois motivos: para implementar e avaliar os aspectos de performance com uso direto de bases de dados e para acelerar o processo de implementação do protótipo em virtude do autor deter maiores conhecimentos no uso das ferramentas diretas no banco de dados.

Neste caso, após realizar as demais recomendações, por conteúdo e por colaboração, o sistema realiza a busca por materiais com as mesmas habilidades presentes nos mesmos materiais constantes na lista dos materiais da recomendação por conteúdo. Este processo implementa o equivalente à consultas por relações de conteúdo descritas na ontologia de domínio utilizada.

O protótipo realiza a leitura dos materiais encontrados na recomendação por conteúdo e para cada material encontrado realiza a busca das habilidades vinculadas a ele. Para cada um destes materiais o modelo recupera outros materiais que contenha as mesmas habilidades para realizar a recomendação com auxílio da semântica. Após todas estas verificações o sistema classifica os materiais cadastrados que contenham as mesmas habilidades. Para este caso o protótipo toma o cuidado de não recuperar materiais que já estejam contidos em recomendações por conteúdo ou por colaboração. Sendo assim o processo apresenta apenas os materiais adicionais, que não foram utilizados nas recomendações anteriores.

A implementação de diversas relações contidas nas ontologias é possível com base no mapeamento destas relações e do formato possível em bases de dados relacionais. Deste modo, no protótipo implementado foram utilizadas duas relações, associadas com a descrição de conteúdo relacionado e com a descrição de requisitos entre materiais.

**Quadro 6 - Trecho de código | Semântica**

<p>Recomendação por Semântica</p>	<pre> ...  // recomenda outros materiais com as mesmas palavras OracleCommand cmd2 = new OracleCommand(); cmd2.Connection = Conexao.Conn;  wSql = " select distinct a.cdmaterial, (select b.nmmaterial from material b where b.cdmaterial = a.cdmaterial ) nmmaterial ";  wSql = wSql + " from material_habilidade a where a.cdhabilidade in " + wPalavra;  wSql = wSql + " and cdmaterial not in " + wMaterial;  wSql = wSql + " and exists(select 1 from material m where m.cdmaterial = a.cdmaterial and m.nivel in " + validaNivel() + ")";  cmd2.CommandText = wSql; cmd2.CommandType = CommandType.Text; OracleDataReader dr2 = cmd2.ExecuteReader(); dgvSemantica2.Rows.Clear(); int wLin = 0; </pre>
-----------------------------------	--

```

while (dr2.Read())
{
    dgwSemantica2.Rows.Add();
    dgwSemantica2.Rows[wLin].Cells[0].Value = dr2["cdmaterial"].ToString();
    dgwSemantica2.Rows[wLin].Cells[1].Value = dr2["nmmaterial"].ToString();
    wLin++;
}
dr2.Close();
cmd2.Dispose();
//txtMsg.Text = "";
    
```

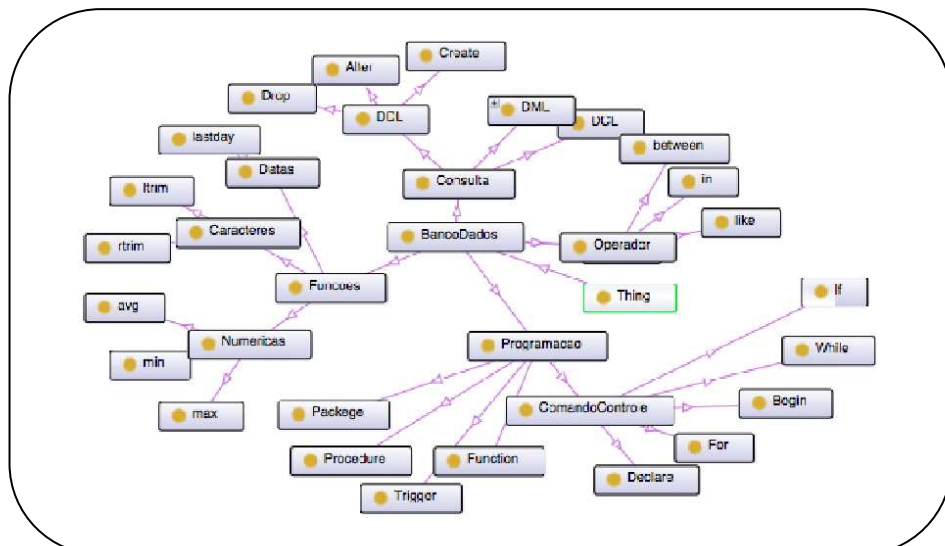
### 5.8.4 Ontologias empregadas

Com objetivo de avaliar as possibilidades deste modelo proposto, foram modeladas três ontologias: banco de dados, materiais e alunos. Seguem detalhes deste processo e comentários sobre o resultado e a integração com o restante do sistema.

De acordo com as necessidades dos testes de avaliação, foi escolhida a área de banco de dados, por uma questão de conveniência associada com a experiência do autor e disponibilidade de material instrucional para esta área de conhecimento.

A seguir é descrita a ontologia de banco de dados desenvolvida. Os principais conceitos da ontologia modelada são descritos a seguir. A figura 32 apresenta a visualização dos elementos relacionados aos conhecimentos empregados nas disciplinas de banco de dados.

**Figura 32 - Ontologia de banco de dados**



Fonte: Elaborada pelo autor

A seguir faremos o detalhamento dos itens presentes na ontologia do banco de dados. Esta ontologia foi criada com o propósito de apresentar os ensinamentos necessários para que os alunos adquiram competências a cerca de instruções SQL e também sobre linguagens de programação para bancos de dados.

Nesta ontologia representamos os principais grupos de comandos de bancos de dados.

- DDL: O grupo de comandos DDL (*Data Definition Language*) contém os comandos responsáveis pela manutenção das estruturas dos objetos do banco de dados.
- DML: Neste grupo constam os comandos para realizar a manipulação de dados dos objetos criados com os comandos DML.
- DCL: Os comandos de DCL realizam o controle pela persistência dos dados no banco de dados.
- PL/SQL: É um conjunto de comandos que possibilita a realização de controles lógicos para manipulação tanto dos objetos como seus dados. Dentre alguns os principais objetos contidos no PL/SQL são *procedure*, *functions*, *trigger*, *package*, entre outros.

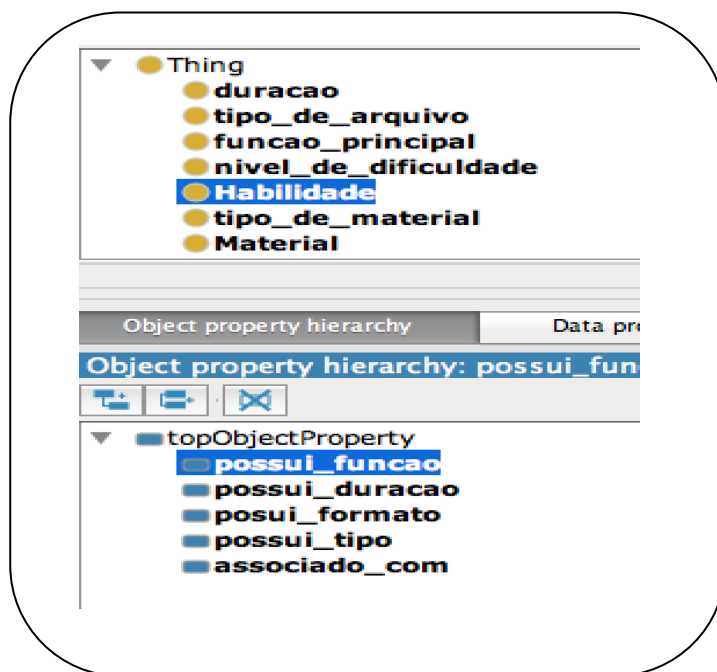
Para estes grupos poderemos também utilizar as funções de tratamento de dados, funções para tratar data, caracteres, números e outros tipos de dados.

Na ontologia dos materiais o modelo procura elencar os atributos necessários para o processamento e busca das necessidades de materiais para os alunos. Um material poderá conter várias características, sendo que algumas possuem relacionamento com um ou mais materiais. Por exemplo, arquivos de áudio e vídeo possuem uma característica de tempo de duração. Esta característica poderá ser utilizada no momento de realizar a recomendação avaliando as preferências de ensino aprendizagem do aluno.

Durante o processo de cadastro dos materiais os professores informam as características do mesmo. Dentre algumas características há a informação sobre o tipo de material, como extensão de arquivo, tamanho, data da geração, no caso de arquivos textos, datas de alterações.

Uma informação importante neste contexto é a informação sobre a classificação deste material quanto a ser parte da bibliografia básica que é obrigatório no processo de recomendação, também a informação sobre bibliografias complementares, que servirão como materiais de apoio para as aulas ministradas no semestre. Também relacionadas aos materiais encontramos as habilidades que servirão de base para as recomendações do sistema. Após o cadastro do material este passara a ser avaliado pelos demais professores da disciplina. Após sofres estas avaliações os materiais passarão pelo processo de classificação onde os melhores avaliados serão submetidos para as recomendações. Ao realizar a avaliação, conforme a pontuação que este receber será classificado de acordo com o grau de cobertura do assunto, sendo os níveis “A, B ou C”.

Figura 33 - Ontologia de materiais



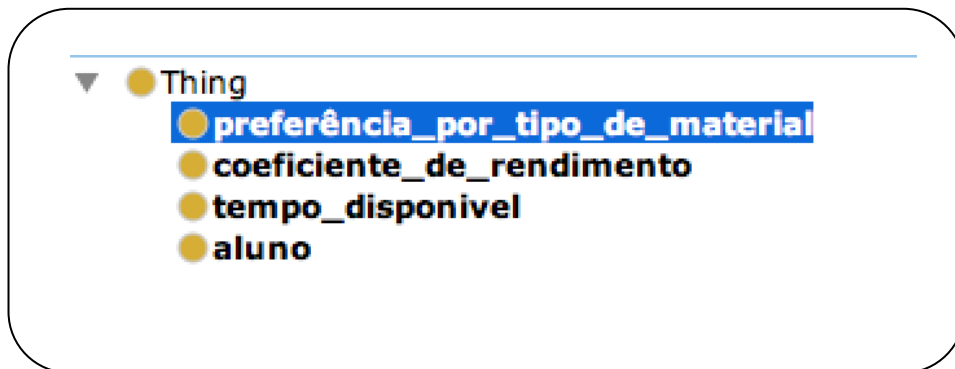
Fonte: Elaborada pelo autor

A figura 33 representa a ontologia criada para o modelo. Nesta ontologia aplicamos algumas características importantes para o processamento e filtragem dos materiais utilizados nas recomendações.

A ontologia dos alunos é descrita a seguir. Esta ontologia foi criada para dar suporte as características dos alunos. Um aluno possui necessidades, preferências e restrições que deverão ser avaliados no momento das recomendações. Ao executar o processo das recomendações o protótipo realiza a validação das preferências e restrições quanto ao tipo de material que o aluno deverá receber.

Cada indivíduo possui suas características, por esta razão cada um dos alunos poderá informar algumas restrições que poderão auxiliá-lo no processo de ensino aprendizagem. Desta forma o sistema poderá recomendar itens com maior grau de satisfação atendo de forma clara e mais assertiva em suas escolhas.

Figura 34 - Ontologia para aluno | Elementos

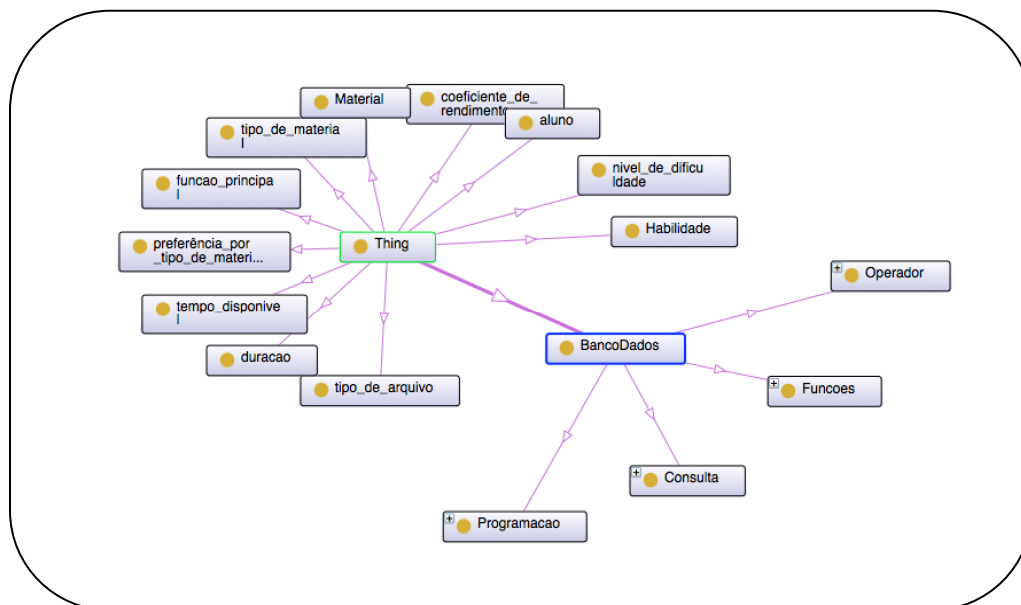


Fonte: Elaborada pelo autor

A figura 34 apresenta as características da ontologia dos alunos. Cada aluno poderá informar os dados durante o processo de cadastro dos dados. Estas informações farão com que o processo seja aprimorado a cada nova recomendação de conteúdo.

Por fim, aspectos da integração das diversas ontologias desenvolvidas são apresentados na figura 35. Com a proposta indicada neste trabalho, o conjunto de ontologias possibilita um número mais significativo de relações serem disponibilizadas quando estas ontologias são integradas. Neste caso, foi realizada com objetivo apenas experimental a integração das ontologias descritas preliminarmente no modelo, para fins de verificação das possibilidades de relacionamento entre os seus conceitos.

Figura 35 - Ontologia para aluno



Fonte: Elaborada pelo autor



## 6. AVALIAÇÃO DO MODELO

Com o propósito de avaliar o modelo proposto nesta dissertação e analisar as possibilidades de ganhos advindos da adoção de recursos da web semântica combinados com outras abordagens de recomendação, foi desenvolvido um protótipo que apresenta uma implementação parcial do modelo, na qual são representados os elementos relevantes para permitir a realização de testes e coleta de resultados para análise e avaliação.

A abordagem utilizada para a avaliação está descrita no item 6.1 e as etapas envolvidas na simulação do sistema com o protótipo implementado está descrita no item 6.2. Por fim, os resultados obtidos e sua avaliação estão disponíveis no item 6.3 deste capítulo.

### 6.1 Abordagem adotada para a avaliação

Com o objetivo de realizar uma avaliação inicial dos aspectos propostos no modelo de recomendação, foi definida uma abordagem que conta com uma base de informações sintéticas, integrando alguns conjuntos de informações reais e alguns conjuntos gerados de forma aleatória. Os dados que normalmente seriam originados pelas operações dos usuários do sistema foram gerados também de forma simulada. Esta abordagem foi escolhida devido à diversos fatores. Um deles é a indisponibilidade de tempo para a implementação completa do modelo e a sua implantação em um ambiente que pudesse contar com usuários reais. Outro fator que apoia esta escolha é a necessidade de dados simulando períodos de utilização que podem ser longos e que não seriam viáveis dentro do cronograma disponível. Por fim, os testes simulados são considerados como uma forma de avaliar o comportamento e observar os resultados dos mecanismos e cálculos desenvolvidos, o que permite que ajustes sejam feitos antes da utilização do sistema em ambiente real.

Deste modo, o protótipo desenvolvido foi utilizado para a realização de uma carga de dados que permitiu viabilizar a execução dos algoritmos de recomendação e coletar dados utilizados na avaliação do modelo. Algumas informações utilizadas neste processo foram geradas a partir de dados extraídos de uma IES, como foi o caso dos nomes das atividades acadêmicas. Os nomes de alunos e professores foram carregados com uma geração aleatória baseada em nomes de agentes políticos.

Por sua vez, os dados das habilidades e materiais instrucionais foram cadastrados a partir de registros dos arquivos pessoais do autor desta dissertação. Também neste processo de carga de dados foram utilizados os cadastros de habilidades. As habilidades para o contexto aplicado no protótipo servem para realizar as relações entre determinadas habilidades nas quais uma disciplina carece de aprendizagem. Também utilizamos um cadastro de habilidades para vincular os materiais que os professores cadastram no modelo a fim de aprimorar a busca por novos materiais que contenham as mesmas habilidades vinculadas, no momento de execução dos algoritmos de recomendações.

Conforme citado, neste procedimento foram utilizados dados sintéticos para a realização das baterias de testes, uma vez que para a aplicação em campo seria necessária à disponibilização do modelo para um público grande em número e durante um longo tempo. Tendo em vista o curto espaço de tempo disponível, a alternativa de simulação possibilitou as condições para gerar o número de informações necessárias para gerar e avaliar os resultados.

Como técnica de simulação foram adotadas para as cargas dos dados a criação de registros de forma aleatória para vincular professores com disciplinas e alunos com disciplinas.

Da mesma forma foram geradas as relações para as demais tabelas envolvidas no processo de recomendação. Estas relações foram geradas através do sorteio de alguns alunos para realizarem avaliações de materiais e em seguida geradas as notas para estes mesmos materiais. Também foi realizado o sorteio de professores relacionados às disciplinas, onde os mesmos também fizeram avaliações dos materiais cadastrados no sistema. Para a atribuição da nota utilizou-se a mesma técnica para ambos, alunos e professores sorteados atribuíram notas para os materiais das disciplinas vinculadas a seus cadastros. As associações entre materiais e habilidades foram realizadas de forma manual, com base no conhecimento do autor sobre os materiais utilizados.

Como ferramenta de carga de dados para a construção do protótipo foram utilizadas as tecnologias Microsoft Visual Studio 2013 e o Banco de Dados Oracle, versão xe11. Esta escolha se deu por conveniência, no sentido de serem tecnologias já de amplo domínio do autor e também por facilitarem a integração de dados existentes com o ambiente de testes proporcionado pelo protótipo desenvolvido.

As quantidades de dados envolvidas são apresentadas na Tabela 7 - Volume da carga de dados, localizada adiante, no item 6.2 neste capítulo.

A seguir serão descritos os procedimentos utilizados para a realização das devidas recomendações.

## 6.2 Etapas da simulação de uso do sistema

Para realizar a recomendação por conteúdo, o modelo considera as avaliações realizadas pelo aluno para buscar novos materiais com similaridade de avaliações dentro do mesmo assunto, ou seja, o protótipo busca novos materiais que contenham as mesmas habilidades relacionadas a outros materiais. Nesta mesma busca são considerados os critérios quanto a materiais que obtiveram notas de avaliações superiores ou iguais a media das avaliações do aluno. Além disto, também é considerado o critério de busca dos materiais quanto ao nível, que poderá ser “A, B, C”.

O resultado desta recomendação é apresentado na tela da figura 31, ao lado direito sob o título recomendação por conteúdo.

No processo de recomendação por colaboração o processo utiliza o cálculo de similaridade de Pearson. Esta análise é realizada fazendo a comparação entre o aluno e todos os demais alunos da mesma disciplina que avaliaram materiais. O cálculo considera o material avaliado assim também como as notas obtidas por estes materiais. Após a execução do cálculo o protótipo apresenta a relação dos alunos que possuem o maior grau de proximidade para com o aluno comparado. Após esta descoberta o protótipo realiza a busca dos materiais avaliados por estes alunos similares e os recomenda para o aluno em análise. Também o protótipo faz o filtro das recomendações já destacadas no processo de recomendação por conteúdo para eliminar as duplicidades de recomendações no momento de apresentar os itens na grade de recomendação por colaboração.

Já para a recomendação por semântica o procedimento utiliza como base de busca os materiais avaliados pelo aluno e para cada um destes materiais serão destacadas as habilidades com eles relacionadas. Após esta consulta o protótipo realiza a busca das relações entre as habilidades dos materiais destacados e recupera as habilidades vinculadas no cadastro de habilidades, incluindo também as informações definidas como sua pré-habilidade e pós-habilidade. Esta busca amplia o universo de pesquisa por novos materiais que serão recomendados por relações semânticas definidas nas ontologias utilizadas no protótipo e representadas em tabelas relacionais para avaliação de performance. O algoritmo de busca por

semântica faz a varredura nos cadastros de materiais e recupera todos os materiais que contenham as habilidades, pre-habilidades e pós-habilidades relacionadas aos materiais avaliados pelo aluno que receberá as recomendações. Este procedimento é equivalente ao acesso à uma base de conhecimento representada por ontologias.

### 6.3 Resultados obtidos e análise

Nesta seção são apresentados e analisados os resultados obtidos com a abordagem escolhida para a avaliação do modelo, com uso do protótipo implementado.

Na primeira rodada de simulação realizada, foram utilizados os conjuntos de dados descritos. A tabela 7 apresenta a quantidade de registros carregados em algumas das tabelas do protótipo. As tabelas utilizadas neste caso são as tabelas com os cadastros de professores, cadastro de alunos, o cadastro de diferentes disciplinas, a tabela contendo as habilidades utilizadas, além da tabela de materiais instrucionais e ainda as tabelas contendo as avaliações.

**Tabela 5- Volume da carga de dados**

PROFESSORES	ALUNOS	DISCIPLINAS	HABILIDADES	MATERIAIS	AVALIAÇÕES	
					Professores	Alunos
58	505	51	21	38	78	56

Com estes dados da tabela 7 foram gerados aleatoriamente as relações entre os registros do sistema. Inicialmente foram geradas as relações entre os professores cadastrados e as disciplinas consideradas. Como forma de agilizar e minimizar o volume de relações foram carregados materiais apenas para 2 (duas) disciplinas, sendo estas: Banco de Dados, com 24 materiais, e Projeto de Software, com 11 materiais cada. Portanto no processo de carga de dados para esta avaliação foi projetado para realizar aos cadastros apenas para estas disciplinas.

As demais relações geradas automaticamente foram as relações entre alunos e disciplinas, bem como as avaliações de materiais por professores e por alunos. Todas estas relações foram geradas de forma aleatória sem a intervenção do autor para facilitar o processo de geração de uma base sintética para testes.

Para assegurar uma maior confiabilidade na análise dos resultados o processo de recomendação às associações entre materiais e habilidades foi realizada com base nos materiais

reais utilizados em contexto de ensino de graduação, bem como as habilidades associadas com estes foram indicadas manualmente, no processo de cadastro previsto no modelo.

Como nesta pesquisa a intenção é comprovar a melhoria no processo de recomendação através da utilização da web semântica, após a realização da rodada de avaliação foi confeccionada a tabela 8, descrita a seguir e que permite relacionar os diversos resultados obtidos com cada uma dos algoritmos de filtragem utilizados.

**Tabela 6 - Comparativo de recomendações**

ALUNO	CONTEÚDO	COLABORAÇÃO	SEMÂNTICA
33	1	2	3
339	1	4	2
39	1	4	2
280	1	4	2

Na tabela 8 acima são relacionadas às informações destacadas a seguir. Na coluna “ALUNO” consta exemplos de códigos de alguns alunos que receberam recomendações na simulação inicial realizada. Cada linha corresponde ao resultado observado para um aluno diferente, identificado pelo número indicado na tabela, que corresponde à sua chave de acesso na tabela de alunos. A coluna “CONTEÚDO” indica a quantidade de itens recomendados para cada aluno com o algoritmo de recomendação de conteúdo. A coluna “COLABORAÇÃO” indica a quantidade de itens recomendados para cada aluno com o algoritmo de recomendação por filtragem colaborativa. A coluna “SEMÂNTICA” indica a quantidade de itens recomendados para cada aluno com o algoritmo de recomendação baseada em conhecimento.

Esta tabela permite apenas identificar elementos quantitativos. Uma melhor compreensão dos resultados pode ser obtida com a análise seguinte, onde são analisados em detalhe os materiais recomendados em cada situação.

A seguir faremos a análise detalhada dos itens apresentados na tabela 8 e demonstraremos as relações obtidas e os resultados das recomendações. Inicialmente será analisado em detalhes um caso específico e depois um conjunto maior de dados.

## 6.4 Análise individual das recomendações

Como base para realizarmos a análise mais detalhada do processo das recomendações neste protótipo adotou o aluno de matrícula 33 – de nome fictício Átila Sidney Lins de Albuquerque.

Na tabela 9 constam os materiais para os quais o aluno que adotamos para a análise realizou avaliações de materiais, assim também como as notas destes materiais segundo a avaliação deste aluno.

**Tabela 7 - Itens avaliados**

MATERIAL	Nota
7   Banco de Dados I e SQL	8,7
10   Banco de Dados: Fundamentos, Projeto e Implementação - 6a edição	7,6
29   PL/SQL	8,2

Para explicitar as informações durante o processo de busca, classificação e recomendação de conteúdo apresentamos neste momento a nota média das avaliações do aluno em questão nesta análise. A nota média das avaliações que este aluno realizou para os seus materiais foi 8,1. Esta nota média é um dos critérios utilizado para realizar as recomendações no uso do algoritmo de recomendação por conteúdo.

Constata-se que todos os materiais indicados na tabela 9 possuem nota superior a 7,4 (média da avaliação estipulada pelo aluno). Este é um dos critérios para a recomendação por conteúdo. Outro dos critérios é que o material esteja vinculado à disciplina do aluno, que no caso é a disciplina de banco de dados. Também neste processo de recomendação por conteúdo o processo valida o item do nível do material. Assim ao realizar a busca por recomendações o aluno poderá indicar um ou mais níveis, sendo “A, B ou C” níveis para os quais ele pode indicar que deseja receber as recomendações.

Na sequência apresentamos a tabela 10 contendo a relação entre cada um dos materiais recomendados e suas habilidades.

**Tabela 8 - Competências dos materiais**

MATERIAL		COMPETÊNCIAS	
7	Banco de Dados I e SQL	4	Restrições
		6	Funções
10	Banco de Dados: Fundamentos, Projeto e	11	Cardinalidade
		13	Entidade e atributos
		14	Controle de fluxos
29	PL/SQL	20	Programação SQL

Como resultado desta relação o protótipo executou o algoritmo de recomendação por conteúdo e recuperou os itens apresentados na tabela 11. Nela constam os itens recomendados por conteúdo, assim também como as habilidades/competências vinculadas a cada um dos materiais recomendados.

**Tabela 9 - Itens recomendados com suas competência**

MATERIAL	NOTA	CONCEITO	COMPETÊNCIAS
22	9,0	A	9 Forma Normal
			11 Cardinalidade
			16 Arquitetura DB

Analisando as tabelas 10 e 11, percebe-se que para realizar a recomendação dos materiais de código 22, na tabela 11, existe uma relação vinculada com a habilidade de código 11. Esta mesma habilidade está relacionada ao material de código 10, na tabela 10 cujo qual o aluno realizou avaliação.

Nesta mesma tabela também apresentamos a nota do material ( 9,0 ). A nota obtida por este material atende o critério de busca, onde os materiais deverão possuir nota igual ou superior à nota média do aluno que fora 8,1 para esta análise. Outro critério para a recomendação por conteúdo foi o filtro de materiais com itens de nível “A” apenas. Também neste item o critério foi atendido.

A seguir será analisada a recomendação por colaboração. Para realizar a busca dos itens para recomendar por colaboração adotamos o cálculo do coeficiente de Pearson como métrica de proximidade, como forma de buscar os alunos de preferências mais próximas ao aluno que estamos analisando, aluno 33. Foi realizado o cálculo de Pearson comparando os materiais,

habilidades e notas de cada um destes itens frente aos demais alunos que realizaram avaliações de itens. Após a execução deste procedimento o protótipo armazena os resultados em uma tabela do banco de dados. Após esta etapa o sistema recupera os alunos com o maior grau de proximidade ao aluno que estamos analisando. Para esta análise o resultado obteve o aluno: 290 - PEDRO EUGÊNIO DE CASTRO TOLEDO CABRAL.

Após recuperar o aluno com o maior grau de proximidade o protótipo faz a busca dos materiais avaliados por este aluno e propõe estes itens como recomendação para o aluno que estamos analisando. Destaca-se que, para realizar a recomendação por colaboração o protótipo faz a varredura nas recomendações por conteúdo para evitar recomendar itens que já foram recomendados para o aluno. Na tabela 12 são apresentados estes itens com suas respectivas habilidades, recuperados no processo.

**Tabela 10 - Itens avaliados pelo aluno de maior similaridade**

MATERIAL		COMPETÊNCIA	
12	Banco de dados	8	Normalização
		9	Forma Normal
36	Sistemas de Banco de Dados - 3a edição	4	Restrições

Destacamos nesta tabela os motivos que levaram o protótipo a recomendar os itens. Cada um dos materiais recomendados possui relação com alguma habilidade do material que fora avaliado pelo aluno em análise. Neste caso observamos que a mesma habilidade de código 36 da tabela 12 que possui a habilidade de código 4, da mesma tabela, com o material de código 7 da tabela 11.

A execução do processo de busca e classificação de itens para realizar a recomendação por semântica é descrito a seguir. No protótipo nota-se que, partindo dos itens avaliados pelo aluno em análise, o protótipo parte das habilidades constantes nos materiais, apresentados na tabela 10.

Com base nestas habilidades, recupera-se as relações entre as habilidades dos materiais avaliados e as pré-habilidades e pós-habilidades para classificar os demais materiais que contenham as habilidades. A tabela 13 apresenta as relações entre as habilidades no protótipo.



**Tabela 11 – Vínculo das competência**

COMPETÊNCIA		PRÉ		PÓS	
14	Controle de fluxos	6	Chaves	11	Cardinalidade
11	Cardinalidade	1	Comandos DDL	12	Relacionamentos
13	Entidade e atributos	8	Normalização	14	Controle de fluxos
4	Restrições	8	Normalização	11	Cardinalidade
6	Funções	3	Comandos DCL	14	Controle de fluxos
20	Programação SQL	6	Funções	10	Modelo ERD

Após a recuperação das habilidades/competências com base nos materiais considerados, o protótipo inicia o processo de busca por materiais que contenham tais habilidades em outros materiais.

Este processo foi abstraído do mapeamento das habilidades constantes na ontologia, através da importação dos dados nela representados para a tabela do banco de dados relacional. Esta alternativa foi escolhida devido a praticidade e familiaridade do autor para trabalhar com as ferramentas diretas no banco de dados. Além disso considerou-se a possibilidade de agilizar o processo de busca e filtragem dos dados uma vez que a consulta é toda construída através dos comandos em SQL. O resultado desta busca ocasionou na recuperação dos itens apresentado na tabela 14.

**Tabela 12 - Itens da Recomendação por semântica**

ITEM		COMPETÊNCIA	
22	MODELO RELACIONAL	9	FORMA NORMAL
		11	CARDINALIDADE
		16	ARQUITETURA DB
30	PL/SQL BASICO E AVANÇADO	20	PROGRAMAÇÃO SQL - PL/SQL
35	SISTEMAS DE BANCO DE DADOS	6	FUNÇÕES

A seguir faremos a análise dos resultados apresentados como recomendação por semântica. Este procedimento foi o resultado da busca dos materiais vinculados as habilidades dos materiais já avaliados pelo aluno em análise. Analisando o resultado encontrado notamos que a recomendação do material de código 22 da tabela 14 ocorreu devido à relação de vinculação com a ocorrência na tabela 10, presente no material de código 10, pois ambos

possuem a habilidade de código 11 - Cardinalidade. Já para recomendar o material de código 30 foi devido à relação de vinculação com a ocorrência na tabela 10, presente no material de código 29, pois ambos possuem a habilidade de código 20 - Programação SQL - PL/SQL. Também para recomendar o material de código 35 ocorreu devido à relação de vinculação com a ocorrência na tabela 10, presente no material de código 7, pois ambos possuem a habilidade de código 6 – Funções.

Com esta análise destaca-se que houve ganho ao adotar a técnica da semântica para realizar a busca por novas matérias. Alinhado as habilidades com suas pré-habilidades e pós-habilidades comprovou-se que ampliaram as ofertas de itens recomendados. Seguindo esta mesma lógica, um número maior de relações existentes na ontologia e mapeadas nas tabelas relacionais significaria um número maior de elementos a serem recomendados. Por outro lado, este número maior está sendo recomendado com base em relações identificadas como significativas previamente, pelo especialista nos conteúdos tratados, portanto considera-se que seja possivelmente relevante para os alunos.

## 6.5 Análise geral das recomendação

Esta mesma análise foi realizada para os demais alunos destacados na tabela 8. Nesta análise observou-se que a recomendação gerou os conteúdos esperados, de acordo com os relacionamentos envolvidos que vinculam os materiais, habilidade e as notas dos alunos. Para estas demais recomendações os alunos que tiveram avaliações simuladas receberam recomendações de itens condizentes com as habilidades dos materiais avaliados.

Já para as recomendações por colaboração os demais alunos constantes na tabela 8 receberam recomendações de seus pares (similares), pois ambos avaliaram itens que continham habilidades relacionadas entre si. Por último para as recomendações por semântica, observou-se que o protótipo recuperou em todas as ocorrências alguns itens adicionais, devido às relações de pré e pós habilidades. Esta condição ampliou o universo de busca e recomendação de itens que contenham relação com o assunto dos materiais avaliados pelos alunos.

A seguir demonstraremos de forma resumida do aluno de código 339. Para o aluno 339 o protótipo recuperou por conteúdo o material avaliado: 21 - Projeto de Banco de Dados e recomendou o material: Modelo Relacional, pois ambos possuem as habilidades 11 –

Cardinalidade e 16 - Arquitetura DB. Já para recomendação por colaboração recuperou o aluno: 42 que avaliou os materiais: 5, 15, 22 e 25. Neste caso os recomendou para o aluno 339. No processo da recomendação por semântica destacou o material: 35 - Sistemas de Banco de Dados – 5ª edição que possui a habilidade: 6-Funções. Esta mesma habilidade consta no material de código 7.

Como informado anteriormente, com a aplicação da técnica da web semântica observou-se que ampliaram as opções de recomendações. Embora os resultados tenham sido afetados pelo baixo volume de dados neste ambiente de simulação, ficou indicada a melhora no mecanismo utilizado para propor novas opções de itens.

Um real aumento do número de materiais cadastrados poderá ampliar de forma significativa o volume de recomendações através do uso da web semântica. Pois, embora os pequenos números de cadastros de itens adotados neste protótipo conseguiram evidenciar que houve recomendações adicionais para os casos apontados na tabela 8.

Da mesma forma o modelo implementa a viabilidade para que o aluno possa realizar filtros na busca de materiais com maior ou menor nível qualitativo, através da escolha por materiais entre os níveis A, B e C. Uma vez que os materiais melhores avaliados seguem a regra da classificação nestas categorias, conforme explicado no item 5.4.4. Com esta possibilidade constatamos que o uso da técnica da recomendação híbrida com o auxílio das ontologias ampliamos a oferta tanto na quantidade, assim também como na qualidade dos conteúdos recomendados para os alunos das disciplinas do professor.



## 7. CONCLUSÃO

Esta dissertação apresentou inicialmente uma breve revisão de conteúdos que embasam o trabalho proposto, tais como os sistemas de recomendações e aspectos da web semântica. De acordo com os propósitos do trabalho aqui proposto foram adotadas a filtragem por conteúdo e a filtragem colaborativa como técnicas a serem ampliadas com a utilização de aspectos semânticos na recomendação, com a definição de um modelo híbrido de recomendação.

Esta abordagem híbrida está definida a partir dos estudos apresentados na segunda parte deste texto, em que são analisadas aplicações e sistemas já disponíveis, voltados à recomendação de conteúdo com base nas técnicas tradicionais e também aplicações e abordagens que explorem aspectos da web semântica em conjunto com sistemas de recomendação.

A partir deste ponto pode-se destacar que o modelo proposto atende uma lacuna identificada no contexto acadêmico em que ambientes virtuais de aprendizagem são empregados como apoio ao processo de ensino-aprendizagem, porém sem a utilização dos dados gerados pelo uso de seus materiais e pela opinião dos estudantes de forma a ampliar a análise e recomendação dos materiais didáticos. A construção deste protótipo visa avaliar as possibilidades de geração de recomendações que apoiem as necessidades das disciplinas e das habilidades previstas a serem desenvolvidas em cada uma, vinculando os materiais didáticos recomendados pelos professores destas disciplinas de forma mais abrangente, a partir da análise de conteúdo, colaborativa e filtragem por conhecimento.

As seguintes contribuições são destacadas como resultado deste trabalho. A primeira contribuição é a proposta de um modelo de recomendação com base na utilização de um algoritmo de recomendação híbrido, integrando filtragem por conteúdo, recursos de filtragem colaborativa e recursos de filtragem por conhecimento, com a capacidade de destacar as relações material instrucional e habilidades a serem desenvolvidas na disciplina. A segunda contribuição é a ambientação de um protótipo parcial deste modelo em um contexto acadêmico, o que permitiu desenvolver uma abordagem para avaliar os resultados obtidos com o modelo dentro de um contexto de similaridade com o ambiente de aplicação previsto para o modelo original. Como terceira contribuição destaca-se o desenvolvimento de uma rede de ontologias, para prover o suporte necessário nas atividades de avaliação definidas. Por fim, identifica-se como contribuição a abordagem desenvolvida para realizar o mapeamento de dados

semânticos, originados na rede de ontologias, para bases de dados relacionais, o que teve como objetivo atuar como elemento que promove aumento de performance no protótipo desenvolvido.

Algumas limitações foram percebidas ao longo do processo deste trabalho e são analisadas a seguir. Uma delas está relacionada com a implementação parcial do protótipo, o que ocorreu devido às restrições de tempo para o desenvolvimento completo do sistema. Considera-se que aspectos mais abrangentes poderiam ter sido observados com o caso de ter sido realizada uma implementação completa. Entretanto, avalia-se que os elementos da implementação parcial são suficientes para produzir resultados que permitiram avaliar os resultados do processo de recomendação, dado que suportam os cálculos e relacionamentos dos algoritmos de filtragem utilizados e possibilitam o manuseio dos dados da rede de ontologias para obtenção de recomendações com base em conhecimento. Uma segunda limitação, decorrente da primeira, foi a impossibilidade de avaliação com usuários reais. Caso o sistema completo fosse aplicado com conjuntos de usuários seria possível a incorporação de maior riqueza nos dados avaliados.

Como trabalhos futuros, estão previstas as seguintes iniciativas. A primeira é a implementação completa do modelo, de modo a possibilitar a sua integração com um ambiente de educação real. Uma segunda atividade é a expansão da rede de ontologias para expandir o conjunto atual de atributos, de modo a enriquecer o detalhamento para os conceitos e entidades atuais. Uma terceira atividade futura prevista é a utilização do sistema completo em um cenário de estudo de caso real, composto por turmas de graduação na área de Banco de Dados, para a obtenção de dados reais de utilização, que irão permitir novas avaliações sobre o modelo. Como quarta atividade será ampliar a forma de avaliação dos materiais, prevendo uma estrutura em forma de comitê para aprovar os materiais e competências cadastrados pelos professores no processo da recomendação. Como uma quinta melhoria será tratar a forma para que o modelo não permita o engessamento do perfil do aluno, desta forma mantendo-se sempre em constante evolução propondo melhores alternativas de recomendação de conteúdo.

Ainda como trabalhos futuros possíveis, estão previstas iniciativas para complementar o processo de recomendação com a recomendação de materiais de fontes externas. Estes materiais podem ser coletados de forma indireta, sem a interferência do professor em busca de materiais com conteúdo por similaridade. Neste contexto o sistema utilizará uma ontologia

capaz de filtrar informações em material digital por assunto, tema, palavra chaves a fim de enriquecer a base de dados dos materiais catalogados.





## 8. REFERÊNCIAS

- A. R. Vazquez, Y. A. (2006). Analysis of Open Technological Standards for Learning Objects. In: Y. A. A. R. Vazquez, *In Proceedings of 4th LA-Web*. Puebla Cholula, Mexico.
- Abech, M. E. (2014). UM MODELO DE ADAPTAÇÃO DE OBJETOS DE APRENDIZAGEM COM FOCO EM DISPOSITIVOS MÓVEIS. In: M. E. Abech, *EDUADAPT*.
- Alexander Felfernig, R. B. (2008). Proceedings of the 10th international conference on Electronic commerce. In: R. B. Alexander Felfernig, *Constraint-based Recommender Systems: Technologies and Research Issues* (p. 3).
- BALABANOVIC, M., & SHOHAM, Y. F. (1997). content-based, collaborative recommendation. In: M. BALABANOVIC, & Y. F. SHOHAM, *Communications of the ACM* (pp. v. 40, n. 3, pp. 66-72).
- BARCELLOS, C. D., MUSA, D. I., BRANDÃO, A. L., & WARPECHOWSKI, M. (2007). Novas Tecnologias na Educação. In: *Sistema de Recomendação Acadêmico para Apoio a Aprendizagem* (pp. v. 5, n. 2, p. 01-10). Porto Alegre.
- BERKONSKY, S., EYTANI, Y., & MANEVITZ, L. (2008). Personalization Techniques and Recommender Systems. In: S. BERKONSKY, Y. EYTANI, & L. MANEVITZ, *Efficient Collaborative Filtering in Content-Addressable Spaces* (pp. Cap 5, p.135-164).
- Blanco-Fernández, Y., Pazos-Arias, J., Gil-Solla, A., Ramos-Cabrer, M., & Lopez-Nores, M. (2008). IEEE Transactions on Consumer Electronics. In: Y. Blanco-Fernández, J. Pazos-Arias, A. Gil-Solla, M. Ramos-Cabrer, & M. Lopez-Nores, *Providing entertainment by content-based filtering and semantic reasoning in intelligent* (pp. v. 54, n. 2, p. 727–735).
- Brusilovsky, P. (2007). methods and strategies of web personalization. In: P. Brusilovsky, *The adaptive web*. Springer.
- Brusilovsky, P. a. (2007). The Adaptive Web Methods and Strategies of Web. In: P. a. Brusilovsky, *User Models for Adaptive Hypermedia and Adaptive Educational Systems* (pp. 3–53). Berlin Heidelberg: Springer.
- BURKE, P. (2012). da enciclopédia à wikipédia. In: P. BURKE, *Uma história social do conhecimento 2* (p. 414). Rio de Janeiro: Zahar.
- Burke, R. (2002). survey and experiments. User Modeling and User-adaptedinteraction. In: R. Burke, *Hybrid recommender systems* (pp. V(12, n(4), p. 331-370).
- Cai-Nicolas Ziegler, S. M. (2005). Improving recommendation lists through topic diversification. *Proceedings of the 14th international conference on World Wide Web*, (pp. 22-32).
- CAZELLA, S. C., & REATEGUI, E. B. (2006). In XXV Congresso da Sociedade Brasileira da Computação. In: S. C. CAZELLA, & E. B. REATEGUI, *Sistemas de Recomendação* (pp. p. 306-348). São Leopoldo.
- Cazella, S. C., Correa, I., Barbosa, J., & Reategui, E. (. (2008). Um modelo para recomendação de artigos acadêmicos baseado em filtragem colaborativa aplicado à ambientes móveis. In: S. C. Cazella, I. Correa, J. Barbosa, & E. (. Reategui, *Um modelo para recomendação de artigos acadêmicos baseado em filtragem colaborativa aplicado à ambientes móveis* (pp. v. 7, p. 12-22). Revista Novas Tecnologias na Educação.
- CAZELLA, S. C., NUNES, M. A., & REATEGUI, E. B. (2010). Estado da arte em Sistemas de Recomendação. In: S. C. CAZELLA, M. A. NUNES, & E. B. REATEGUI, *A Ciência da Opinião*. Belo Horizonte: XXX Congresso da SBC.

- Codina, V. a. (2010). of International Symposium on Distributed Computing and Artificial Intelligence. In: V. a. Codina, *A recommendation system for the semantic web*.
- Codina, V. a. (2010). of International Symposium on Distributed Computing and Artificial Intelligence 2010. In: V. a. Codina, *A recommendation system for the semantic web*.
- Daconta, M. C., Obrst, L. J., & Smith, K. T. (2003). The Semantic Web. In: M. C. Daconta, L. J. Obrst, & K. T. Smith, *A Guide to the future, Web Services, and Knowledge management*.
- Davoodi, E. K. (2013). Applied Intelligence. In: E. K. Davoodi, *A semantic social network-based expert recommender system* (pp. pp 1-13).
- DONALDSON, J. A. (2007). ACM Conference On Recommender Systems. In: J. A. DONALDSON, *Hybrid Social-Acoustic Recommendation System for Popular Music* (pp. p. 187-190).
- DUTRA, J. S. (2001). Um modelo avançado para o gerenciamento de pessoas. In: J. S. DUTRA, *Gestão por competência* (p. 93). São Paulo: Gente.
- Ferro, M. R. (21-25 de nov de 2011). UM MODELO DE SISTEMA DE RECOMENDAÇÃO DE MATERIAIS DIDÁTICOS PARA AMBIENTES VIRTUAIS DE APRENDIZAGEM. *Ferro, Márcio R.C., Junior, Hélio M.N, Paraguaçu, Fabio, Costa, Evandro B., Monteiro, Larissa A.L.*
- Filho, W. D. (2005). STAR: Um Framework para recomendação de artigos científicos baseados na relevância da opinião dos usuários e em filtragem colaborativa. In: W. D. Filho, *STAR: Um Framework para recomendação de artigos científicos baseados na relevância da opinião dos usuários e em filtragem colaborativa*. sbc.
- Floris Bex, M. S. (2014). Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web. In: M. S. Floris Bex, *ArguBlogging: An Application for the Argument Web* (pp. 9-15). Elsevier.
- G, S. (1989). the transformation analysis and retrieval. In: S. G, *Automatic text processing*.
- Gediminas Adomavicius, A. T. (2005). Knowledge and Data Engineering, IEEE Transactions on. In: A. T. Gediminas Adomavicius, *Toward the next generation of recommender systems: A survey of the state-of-the-art and possible extensions* (pp. 734-749). IEEE.
- Goldberg, D. (1992). Communications of the ACM. In: D. Goldberg, *Using collaborative filtering to weave an information* (pp. v.35, n.12, p. 61-70). New York.
- GÓMEZ-PÉREZ, A. (1999). Ontological engineering. In: A. GÓMEZ-PÉREZ, *a state of the art. British Computer Society* (pp. v. 2, p. 33-43). Londres, Inglaterra.
- GONÇALVES, V. (2008). A Web Semântica no Contexto Educativo. In: V. GONÇALVES, *Tese de Doutorado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores*. Porto Alegre.
- GRUBER, T. R. (22 de abril de 2015). *What is an Ontology?* Fonte: What is an Ontology?: <http://www.wksl.stanford.edu/kst/what-is-an-ontology.html>
- Guarino, N. (1995). Formal ontology, conceptual analysis and knowledge representation. In: N. Guarino, *International Journal of Human Computer* (pp. v.43, p.625-640).
- GUARINO, N. (1998). formal ontology in information. In: N. GUARINO, *Formal ontology and information systems*. Netherlands: IOS Press.
- IEEE-LTSC. (2002). IEEE Learning Technology Standart Committee. In: IEEE-LTSC, *Standart for Learning Object Metadata*.
- Jesús Bobadilla, F. O. (2013). Knowledge-Based Systems. In: F. O. Jesús Bobadilla, *Recommender systems survey* (pp. 109-132). Elsevier.

- Journal, S. W. (2014). Jens Lehmann, Robert Isele, Max Jakob, Anja Jentzsch, Dimitris Kontokostas, Pablo N Mendes, Sebastian Hellmann, Mohamed Morsey, Patrick van Kleef, Sören Auer, Christian Bizer. In: R. I. Jens Lehmann, *DBpedia-a large-scale, multilingual knowledge base extracted from wikipedia* (pp. 1-29).
- Kensky, V. M. (2008). o novo ritmo da informação. In: V. M. Kensky, *Educação e Tecnologias*. São Paulo: Papirus Editorial.
- Kroll, P., & Kruchten, P. (2003). *The rational unified process mode easy: a practitioner's guide to the RUP*. Boston.
- Le Boterf, G. (2004). individuais e coletivas. In: G. Le Boterf, *Construir as competências*.
- LOM, I. (9 de 5 de 2015). *Draft standard for learning object metadata*. Fonte: Draft standard for learning object metadata: <http://ltsc.ieee.org/wg12/index.html>
- Lops, P., Gemmis, M. D., & Semeraro, G. (2011). Recommender systems handbook. In: M. D. Pasquale Lops, *Recommender systems handbook* (pp. 73-105). Springer US.
- McGreal, R. (2004). Learning Objects. In: R. McGreal, *A Practical definition. International Journal of Instructional Technology and Distance Learning*.
- McGuinness, D. L. (14 de abril de 2015). *Owl web ontology language overview*. Fonte: Owl web ontology language overview: <http://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-features-20040210>
- N.F., N., & MCGUINNESS, D. L. (2001). Ontology development 101. In: N. N.F., & D. L. MCGUINNESS, *A guide to create your first ontology. Stanford Knowledge Systems Laboratory Technical Report KSL-01-05 e Stanford Medical Informatics Technical Report-2001-0880*.
- Pernas, A. M. (2012). Tese de Doutorado. PPG em Ciência da Computação. In: A. M. Pernas, *Sensibilidade à situação em Sistemas Educacionais na Web*. Porto Alegre.
- REATEGUI, E. B., & CAZELLA, S. C. (2005). A Universalidade da Computação – um agente de inovação e conhecimento. In: E. B. REATEGUI, & S. C. CAZELLA, *Sistemas de Recomendação* (p. 43). São Leopoldo.
- Resnick, P. e. (1997). Communications of the. In: P. e. Resnick, *Recommender Systems* (pp. v.40, n.3, pp. 55-58). New York.
- Sachs, E. (24 de abril de 2015). *Getting Started with Protege-Frames*. Fonte: Getting Started with Protege-Frames: [http://protege.stanford.edu/doc/tutorial/get\\_started/get-started.html](http://protege.stanford.edu/doc/tutorial/get_started/get-started.html)
- SARWAR, B., KARYPIS, G., KONSTAN, J., & RIEDL, J. (2000). Electronic Commerce. In: B. SARWAR, G. KARYPIS, J. KONSTAN, & J. RIEDL, *Analysis of Recommendation Algorithms for E-Commerce* (pp. p. 158-167).
- SCHAFFER, J. B., FRANKOWSKI, D., SEN, S., & HERLOCKER, J. (2007). The Adaptive Web. In: C. F. Systems, *SCHAFFER, J. B.; FRANKOWSKI, D.; SEN, S.; HERLOCKER, J.* (pp. p. 291-324).
- SCHAFFER, J., KONSTAN, J. A., & RIEDL, J. (2001). In: International Journal on Data Mining and Knowledge Discovery. In: J. SCHAFFER, J. A. KONSTAN, & J. RIEDL, *E-Commerce Recommendation* (pp. vol. 5 –1, pp.115-153.).
- SEMERARO, G. (2011). o pensamento moderno. Aparecida. In: G. SEMERARO, *Saber-fazer filosofia. Ideias & Letras*.
- SONG, y., HUR, W.-M., & KIM, M. (2012). An International Jornal. In: y. SONG, W.-M. HUR, & M. KIM, *Brans Trust And Affect in The Luxury brand-Customer relationship. Social Behavior & Personality*.
- SPEROTTO, F. A. (2010). Protótipo de uma sistema de recomendação no auxilio da gestão de competências em disciplinas na área acadêmica. In: F. A. SPEROTTO, *Protótipo de uma sistema de recomendação no auxilio da gestão de competências em disciplinas na área acadêmica*. Chapecó.

- TÜNNERMANN, C. (2001). desafios e perspectivas. In: C. TÜNNERMANN, *Transformação da Educação Superior* (p. 29). Barcelona.
- UbiGroup, 3. (2014). *UbiGroup: Um modelo de recomendação Ubiqua de conteúdo para grupos de aprendizes*. São Leopoldo.
- UCPel, G. (11 de mai de 2015). Sisrecol. Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil.
- V. Devedžić, D. G. (2008). Clarifying the meta. In: D. G. V. Devedžić, *In International Journal of Information and Communication Technology* (pp. 1(2):148-158).
- Vygotsky, L. S. (1984). A formação social da mente. In: L. S. Vygotsky, *A formação social da mente*. São paulo.
- WILEY. (2000). The intersection of constructivism, learning objects, and peer-to-peer networking technologies. In: WILEY, *When Worlds Collide*.
- ZÚÑIGA, N. O. (2001). O processo de avaliação e escolha de livros didáticos de Matemática no Brasil. In: N. O. ZÚÑIGA, *Dissertação de Mestrado em Matemática*. Rio de janeiro: PUC.