

Universidade Federal de Campina Grande
Centro de Engenharia Elétrica e Informática
Coordenação de Pós-Graduação em Ciência da Computação

Um Modelo Semântico para Compartilhamento de Recursos Educacionais

Heitor José dos Santos Barros

Tese submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Ciência da Computação da Universidade Federal de Campina Grande - Campus I como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Doutor em Ciência da Computação.

Área de Concentração: Ciência da Computação
Linha de Pesquisa: Modelos Cognitivos e Computacionais

Evandro de Barros Costa
(Orientador)

Campina Grande, Paraíba, Brasil

©Heitor José dos Santos Barros, 13/10/2016

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

B277m Barros, Heitor José dos Santos.
Um modelo semântico para compartilhamento de Recursos Educacionais / Heitor José dos Santos Barros. – Campina Grande-PB, 2017.
137 f. : il. Color.

Tese (Doutorado em Ciência da Computação) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Engenharia Elétrica e Informática, 2016.
"Orientação: Prof. Dr. Evandro de Barros Costa".
Referências.

1. Compartilhamento de Recursos Educacionais. 2. Representação Semântica de Recursos Educacionais. 3. Estrutura Adaptável para Representação de Recursos. I. Costa, Evandro de Barros. II. Título.

CDU 004.82:37(043)

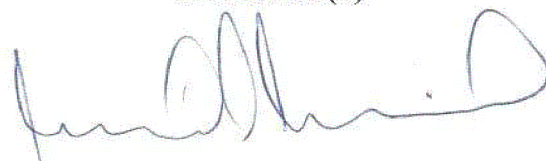
**"UM MODELO SEMÂNTICO PARA COMPARTILHAMENTO DE RECURSOS
EDUCACIONAIS"**

HEITOR JOSE DOS SANTOS BARROS

TESE APROVADA EM 13/10/2016



EVANDRO DE BARROS COSTA, D.Sc, UFAL
Orientador(a)



ULRICH SCHIEL, Dr.
Examinador(a)



JOSEANA MACÊDO FECHINE RÉGIS DE ARAÚJO, D.Sc, UFCG
Examinador(a)

PATRICK HENRIQUE DA SILVA BRITO, Dr., UFAL
Examinador(a)

SERGIO CRESPO COELHO DA SILVA PINTO, Dr.
Examinador(a)

SEAN WOLFGAND MATSUI SIQUEIRA, Dr., UNIRIO
Examinador(a)

CAMPINA GRANDE - PB

Resumo

A representação precisa do conteúdo dos recursos educacionais torna mais fácil e rápido os processos de busca, seleção e reusabilidade destes recursos. Esta pesquisa discute problemas relacionados à representação de recursos educacionais, como: recursos com requisitos específicos, dependência entre recursos e estruturas heterogêneas para classificação dos recursos. Neste contexto, foi conduzido um estudo preliminar para caracterizar a ocorrência destes problemas no domínio da Ciência da Computação. Os resultados do estudo demonstraram a ocorrência e relevância destes problemas. Nesta perspectiva, este trabalho propõe um Modelo Conceitual para representação de recursos educacionais visando seu compartilhamento. Este modelo tem como diferencial mecanismos que permitem a definição de diferentes estruturas de curso e uma melhor caracterização do contexto dos recursos educacionais por meio da declaração explícita de requisitos específicos e dependência entre recurso. Para avaliação deste trabalho, foram realizados três processos envolvendo o Modelo Conceitual e o sistema de compartilhamento construído a partir deste modelo. O primeiro envolveu especialistas que responderam um questionário para indicar sua confiança na capacidade do modelo como solução para os problemas abordados na pesquisa. O segundo estudo buscou avaliar o processo de inserção de recursos no sistema de compartilhamento e a capacidade do Modelo Conceitual em representar recursos educacionais vindo de cursos disponibilizados na Web. Finalmente, o terceiro estudo buscou avaliar o acesso aos recursos do sistema de compartilhamento através da implementação de aplicações Web que fazem uso dos serviços de consulta. Os resultados mostram que o modelo é capaz de representar com maior precisão o contexto de criação dos recursos educacionais, contribuindo como solução para os problemas discutidos.

Abstract

The accurate representation of educational resources content makes the process of searching, selection and reusability much more easy and fast. This work discusses Open Issues related to representation of educational resources: i) resources with specific requirements, ii) dependence between resources and iii) heterogeneous structures for resources classification. In this context, this work conducted a preliminary study to characterize the occurrence of these problems in the field of computer science. The results showed that these problems are present and relevant in various areas of computing. Hence, this work introduce a new Conceptual Model to represent educational resources. This model allows the definition of different course structures and a better characterization of educational resources contexts by explicit declaration of specific requirements and resources collections. To evaluate the proposed approach, three evaluation processes were conducted with the Conceptual Model and the sharing system that is based on this model. In the first study, a survey with teachers was conducted to verify their confidence in the effectiveness of this model. The second study aimed to evaluate the educational resources insertion process and the effectiveness of the Conceptual Model in the representation of educationa resources. Finally, the third study evaluated the access to educaional resources in the sharing system through the development of Web applications that use the query services. The obtained results show that the proposed model is capable of representing educational resources context and contributes in solving the discussed problems.

Agradecimentos

Agradeço sempre a Deus por todas as portas abertas em minha vida e por sempre me iluminar diante das escolhas difíceis.

Agradeço a minha esposa Dáfny pelo companheirismo e suporte durante esta etapa, por entender a importância deste trabalho para mim e sempre me incentivar a trabalhar na tese e finalizá-la o mais rápido possível. Agradeço aos meus pais (José Geraldo e Mariluce) e meus irmãos (Pedro e Marília) pelo constante incentivo e apoio. Pelos conselhos dados e pela paciência em relação às minhas ausências. Também agradeço por sempre me mostrar o valor do estudo. Agradeço também ao restante da minha enorme família: avós, tios, tias, primos e agregados pelo carinho e preocupação.

Agradeço também ao professor Evandro pela sua orientação desde a iniciação científica até o doutorado, pela confiança em mim depositada, a dedicação de seu tempo, reflexões sobre o mundo e os conselhos oferecidos.

Agradeço à todos os professores que tive, especialmente aos que participaram da banca avaliadora desta tese. Seus ensinamentos, questionamentos, advertências e sugestões foram de suma importância, não só para a construção desta tese mas também para minha formação pessoal e profissional.

Meus agradecimentos aos colegas de pós-graduação e de grupo de pesquisa que estiveram comigo durante esta caminhada: Marlos, Jonathas, Cleyton, Társis, Michel e tantos outros que estiveram comigo nas disciplinas em Campina Grande e, também, na escrita de artigos e projetos. Também agradeço à todos os professores do Instituto Federal de Alagoas que me ajudaram nesta etapa.

Não deixo também de agradecer àqueles que poderiam me ajudar mas decidiram me atrapalhar de alguma forma, seus exemplos me ajudaram a discernir como não devo me portar em um ambiente profissional.

"Tudo o que temos de decidir é o que fazer com o tempo que nos é dado."

(Gandalf)

Conteúdo

1	Introdução	1
1.1	Problemas na representação de recursos educacionais para seu compartilhamento	4
1.2	Solução Proposta	5
1.3	Organização do Documento	7
2	Compartilhamento de Recursos Educacionais: Discutindo Problemas em Aberto	9
2.1	Problemas em Aberto	10
2.1.1	Problema I - Recursos com requisitos específicos	10
2.1.2	Problema II - Dependência entre Recursos	11
2.1.3	Problema III - Cursos com Estruturação heterogêneas	14
2.2	Estudos Preliminares	15
2.2.1	Estudo I: Análise no domínio de Programação	16
2.2.2	Estudo II: Análise do Catálogo da ACM e IEEE	22
3	Trabalhos Relacionados	26
3.1	Padrões de Metadados e Mecanismos de Compartilhamento de Recursos Educacionais	27
3.1.1	IEEE LOM	28
3.1.2	SCORM	30
3.1.3	Dublin Core	32
3.1.4	OAI-PMH	33
3.1.5	LRMI	34

3.1.6	SeeOER	35
3.2	Abordagens de Enriquecimento de Metadados para Recursos Educacionais	37
3.2.1	ASCETA Project	38
3.2.2	LOM Ontology	39
3.2.3	OBAA	40
3.2.4	mEducator	41
3.2.5	INTUITEL	44
3.2.6	Uso de Vocabulários de Dados Conectados	45
3.3	Análise Comparativa	46
4	Modelo Conceitual para Representação e Compartilhamento de Recursos Educacionais	49
4.1	Processo de Desenvolvimento	52
4.2	Modelo Pedagógico do Mathema	54
4.2.1	Modelo Mathema	54
4.2.2	Visão do Modelo Mathema como um Grafo	55
4.3	Introduzindo Modelos de Curso	56
4.4	Modelo Conceitual	57
4.5	Ontologia de Integração	59
4.5.1	Inserção de Recursos	61
5	Implementação: Sistema de Compartilhamento de Recursos	64
5.1	Visão Geral	64
5.2	Banco de Dados e Ontologia	65
5.3	Diagrama de Componentes	66
5.3.1	Módulo de Manipulação	66
5.3.2	Módulo de Consulta	68
5.4	Serviços e Descrições Semânticas	69
5.4.1	Implementação dos Serviços	70
5.4.2	Serviços Web Semânticos	73
5.4.3	Descrição Semântica para Serviços	76

6	Avaliação da Proposta	80
6.1	Avaliação da Abordagem	82
6.1.1	Frequência e ocorrência dos problemas	83
6.1.2	Questionário I: Recursos com requisitos específicos	84
6.1.3	Questionário II: problema de Dependência entre Recursos Edu- cacionais	85
6.1.4	Questionário III: problema de heterogeneidade das estruturas de curso.	87
6.1.5	Discussão da Avaliação	87
6.2	Avaliação do processo de Autoria	89
6.2.1	Descrição do processo de avaliação	90
6.2.2	Problema I: Requisitos Específicos	92
6.2.3	Problema II: Dependência entre recursos	95
6.2.4	Problema III: Cursos com Estruturas Heterogêneas	96
6.2.5	Conclusões	98
6.3	Avaliação do Processo de Consulta	99
7	Conclusão e Sugestões para Trabalhos Futuros	106
7.1	Limitações da abordagem proposta	109
7.2	Sugestões para Trabalhos Futuros	111
7.3	Contribuições da Pesquisa	116
A	Questionários aplicados	125
A.1	Questionário I - Recursos com Requisitos Específicos	125
A.1.1	Introdução	125
A.1.2	Descrição do problema: Recursos com requisitos específicos . . .	126
A.1.3	Questões sobre o problema	126
A.1.4	Abordagem Proposta: Modelagem de Requisitos específicos . . .	127
A.1.5	Questões sobre a abordagem	128
A.2	Questionário II - Dependência entre Recursos	129
A.2.1	Descrição do Problema: Dependência entre Recursos	129
A.2.2	Questões sobre o problema	130

A.2.3	Abordagem Proposta: Agrupamento de recursos em coleções . . .	131
A.2.4	Questões sobre a abordagem	131
A.3	Questionário III - Diferentes Estruturas de Curso	132
A.3.1	Descrição do Problema: Diferentes Estruturas de Curso	132
A.3.2	Questões sobre o problema	134
A.3.3	Abordagem Proposta: Estruturação flexível de Cursos	135
A.3.4	Questões sobre a abordagem	136

Lista de Símbolos

ADL - *Advanced Distributed Learning*

API - *Application Programming Interface*

HTTP - *HyperText Transfer Protocol*

JSON - *Java Script Object Notation*

LOM - *Learning Object Metadata*

LRMI - *Learning Resources Metadata Initiative*

MOOC - *Massive Open Online Course* OAI - *Open Archives Initiative*

PIF - *Package Interchange Language*

PMH - *Protocol for Metadata Harvesting* RDF - *Resource Description Framework*

REST - *Representational State Transfer*

SWS - *Semantic Web Services*

XML - *eXtensible Markup Language*

Lista de Figuras

2.1	Correspondência dois livros da área de Redes de Computadores. Fonte: Elaborada pelo autor	14
2.2	Distribuição dos recursos educacionais nos cursos da área de programação. Legenda: R - número de recursos educacionais; T - número de tópicos para classificação de recursos; C - quantidade de cursos; E - número de requisitos específicos.	17
2.3	Distribuição de tópicos de Programação Orientada a Objetos nos cursos analisados.	19
2.4	Sequenciamento de tópicos nos cursos de Programação Orientada a Objetos.	19
2.5	Distribuição de tópicos de Introdução à Programação nos cursos analisados.	20
2.6	Sequenciamento de tópicos nos cursos de Introdução à Programação.	21
2.7	Distribuição de tópicos de Estrutura de Dados nos cursos analisados.	21
2.8	Sequenciamento de tópicos nos cursos de Estrutura de Dados.	22
2.9	Distribuição de tópicos nos cursos de Inteligência Artificial.	23
2.10	Distribuição de tópicos nos cursos de Inteligência Artificial.	24
3.1	Categorias do LOM. Fonte: (NEVEN; DUVAL, 2002)	29
3.2	Arquitetura da plataforma ASCETA, retirado de (DODERO et al., 2015).	38
3.3	Overview da abordagem de integração de recursos educacionais do mEducator, imagem retirada de (DIETZE et al., 2012).	43
4.1	Abordagem com estrutura flexível para representação de Recursos Educacionais.	50

4.2	Declaração explícita de requisitos específicos dos recursos educacionais, onde o recurso é associado ao um tópico que representa seu conteúdo (Sobre) e outro que é um requisito específico.	51
4.3	Representação de coleções de recursos em um repositório, onde a coleção representa que um conjunto de recursos foi criado pelo mesmo autor para o uso em um mesmo contexto.	52
4.4	Processo de desenvolvimento do Modelo Conceitual e o sistema de compartilhamento de recursos.	53
4.5	Diagrama de Classes UML com as entidades do Modelo Conceitual. . .	58
4.6	Diagrama de Atividades do processo de inserção de recursos na estrutura de integração.	62
5.1	Visão Geral do sistema para Compartilhamento de recursos.	65
5.2	Componentes do Módulo de Manipulação.	68
5.3	Representação gráfica da Ontologia de Serviço e suas Entidades.	77
6.1	Distribuição das respostas sobre a ocorrência dos problemas na área de computação.	84
6.2	Distribuição das respostas sobre a frequência dos problemas na Ciência da Computação.	84
6.3	Visualização de um recurso do tópico de Aprendizagem de Máquina no sistema de Autoria.	93
6.4	Busca por recursos no sistema de compartilhamento, mostrando seus requisitos específicos.	94
6.5	Visualização de uma coleção na área de Inteligência Artificial no sistema de autoria.	95
6.6	Busca por tópicos utilizando restrição de tópicos anteriores no sistema Navigator.	98
6.7	Distribuição das respostas dos grupos sobre o tempo dedicado ao desenvolvimento do projeto.	102
A.1	Tela da busca por recursos educacionais relacionados ao tópico Machine Learning.	128

A.2 Trecho de um recursos educacional sobre linguagem SQL.	133
A.3 Tela da função de busca por recursos educacionais com detalhamento de tópicos precedentes.	136

Lista de Tabelas

2.1	Quantitativo dos cursos analisados e seus domínios	23
2.2	Distribuição dos tópicos nos cursos e divergências no sequenciamento nos domínios. Cada valor entre colchetes revela a taxa de utilização de tópicos em um curso	24
3.1	Metadados Dublin Core Simple.	32
3.2	Metadados LRMI.	36
3.3	Análise dos trabalhos relacionados	48
4.1	Entidades da Ontologia de Integração	59
4.2	Data Properties of Integration Ontology	59
4.3	Propriedade de Objeto da Ontologia de Integração	60
5.1	Mapeamento entre as entidades e propriedades da Ontologia de Integração (Modelo Conceitual) e o modelo de grafo do Neo4j.	67
5.2	Especificação dos serviços do módulo CourseModel Services. Onde aparece @id deve ser substituído por um id de um Domínio ou Modelo de Curso, dependendo do serviço, que será utilizado como parâmetro do serviço.	70
5.3	Especificação dos serviços do módulo Topic Services. Onde aparece @id deve ser substituído por um id de um Tópico que será utilizado como parâmetro do serviço.	71

5.4	Especificação dos serviços do módulo Resource Services. Onde aparece @id deve ser substituído por um id de um Recurso Educacional ou Coleção, dependendo do serviço, que será utilizado como parâmetro do serviço.	72
6.1	Resumo dos participantes	83
6.2	Respostas para o Problema I	85
6.3	Respostas para a pergunta: Qual o impacto:?	86
6.4	Respostas do Questionário II	86
6.5	Respostas para o Questionário III	87
6.6	Respostas dos grupos para os questionamentos sobre os conceitos e tecnologias envolvidas no projeto.	103

Lista de Códigos Fonte

5.1	Resposta no formato JSON do serviço que retorna os modelos de curso de um determinado domínio	73
5.2	JSON Schema do parâmetro de saída do serviço que retorna os modelos de curso de um determinado domínio	78

Capítulo 1

Introdução

Durante a última década, os **Recursos Educacionais Abertos (REA)** criaram novas possibilidades de práticas de compartilhamento de conhecimento (COBO, 2013). Em sua forma mais simples, os Recursos Educacionais Abertos (REA) são todos os recursos educacionais (incluindo mapas curriculares, materiais didáticos, livros didáticos, streaming de vídeos, aplicações multimídia, podcasts, e quaisquer outros materiais que foram projetados para uso em ensino e aprendizagem) que são abertamente disponíveis para utilização por educadores e estudantes, sem a necessidade de pagamento de royalties ou taxas de licença para seu uso (ATKINS; BROWN; HAMMOND, 2007).

Assim, recursos educacionais abertos são uma parte cada vez mais importante do discurso atual sobre a educação. Discussões sobre REA estão gerando grande interesse a respeito de como esses recursos podem aumentar o acesso e a qualidade da educação, reduzir a desigualdade educacional, e diminuir os custos de ensino, particularmente nos países em desenvolvimento (KANWAR; KODHANDARAMAN; UMAR, 2010; HATAKKA, 2009; MASTERMAN et al., 2011).

Considerando a natureza dinâmica em alguns domínios do conhecimento, a complexidade e, conseqüentemente, a necessidade em ter recursos educacionais atualizados, é amplamente aceito que a produção de conteúdo de alta qualidade consiste em um trabalho intensivo que incorre em custos elevados. Portanto, é vantajoso **reutilizar recursos de aprendizagem** existentes, a fim de reduzir custos. Para isso, é necessário que tais conteúdos possam ser reaproveitados, enriquecidos, e incorporados efetivamente em diferentes cursos que possuem currículos semelhantes, bem como a

divulgação pública destes recursos para que possam ser utilizados em diferentes plataformas distribuídas (MIAO; MISHRA; MCGREAL, 2016; DOVROLIS et al., 2012; LEAL; QUEIROS, 2011; MEYER; RENSING; STEINMETZ, 2011).

Neste contexto, a pesquisa na área de tecnologias de apoio ao ensino tem empregado grandes esforços no compartilhamento e reuso de recursos e dados educacionais. Este esforço levou a um *amplo e fragmentado* conjunto de esquemas para metadados concorrentes (DIETZE et al., 2013). Ou seja, existe uma grande variedade de soluções vindas de diferentes iniciativas, seguindo suas próprias estratégias pedagógicas e plataformas de implementação. Entretanto, essas soluções não foram construídas para se comunicarem. Em resumo, na maioria dos casos, no desenvolvimento dessas soluções não foram previstos mecanismos para possibilitar a troca de recursos entre si (LEAL; QUEIROS, 2011; GAZZOLA; CIFERRI; GIEMENES, 2014).

Desta forma, o processo de busca e reuso de recursos educacionais em repositórios disponíveis na Web se tornou uma atividade custosa, onde os usuários destes recursos precisam navegar por diferentes repositórios e interagir com interfaces heterogêneas para encontrar os recursos que atendam suas necessidades. Nesta perspectiva, pesquisas mostram que usuários têm diminuído a busca de recursos educacionais em repositórios especializados e passaram a focar no uso de mecanismos de busca tradicional na Web. Em decorrência disso, apesar da grande quantidade de repositórios educacionais na Web, há subutilização no uso desses repositórios, principalmente pela falta de integração entre eles (BARROS et al., 2015; JOHN et al., 2016; DICHEV; DICHEVA, 2012).

Visando solucionar este problema, abordagens foram propostas para padronização de metadados de recursos educacionais, como IEEE LOM (NEVEN; DUVAL, 2002), ADL SCORM (BOHL et al., 2002) e LRMI (INITIATIVE, 2013). Estas propostas se baseiam na ideia de que a integração de repositórios educacionais que seguem os mesmos padrões é mais fácil do que quando não há essa padronização. Apesar da clara contribuição das propostas de padronização de metadados, ainda é necessário lidar com a diversidade e heterogeneidade desses padrões. Além disso, ainda existem repositórios que não seguem nenhum desses padrões.

Ao mesmo tempo, os metadados dos recursos educacionais existentes são, geral-

mente, baseados em dados informais e fracamente estruturados. Ademais, o uso de vocabulários bem estruturados nos repositórios é limitado e fragmentado. Portanto, para permitir a interoperabilidade em nível de Web, os metadados dos recursos educacionais precisam ser enriquecidos. Isto é, eles precisam ser transformados em descrições formais e estruturadas através da conexão com vocabulários e conjuntos de dados amplamente estabelecidos na Web (DIETZE et al., 2012).

Nesta perspectiva, nos últimos anos surgiram propostas para o enriquecimento de metadados usando como base vocabulários de Dados Conectados (Linked Data), como o DBpedia (BIZER et al., 2009). Estes vocabulários definem de maneira formal e estruturada os termos e como eles estão relacionados, assim estes termos podem ser utilizados para descrever os recursos educacionais de modo a evitar a ambiguidade em sua compreensão, além de se apresentar em um formato interpretável por computadores. Além disso, o uso de ontologias (GRUBER, 1995) e tecnologias da Web Semântica, como os Serviços Web Semânticos (MCILRAITH; SON; ZENG, 2001), também tem sido adotados para enriquecer os metadados e prover a interoperabilidade semântica entre os repositórios de recursos educacionais e os consumidores de recursos (DIETZE et al., 2012).

Assim, este trabalho busca apresentar contribuições dentro do cenário apresentado até aqui, onde existe uma grande quantidade de recursos educacionais distribuídos em repositórios heterogêneos e com problemas de integração. Além disso, a comunidade especializada em tecnologias para suporte à educação propôs abordagens para padronização de metadados de recursos educacionais e, mais recentemente, surgiram propostas para o enriquecimento semântico de metadados educacionais utilizando ontologias e vocabulários de Dados Conectados. Neste contexto, a próxima Seção aborda alguns problemas em aberto na integração e compartilhamento de recursos educacionais que estão relacionados à representação do conteúdo destes recursos.

1.1 Problemas na representação de recursos educacionais para seu compartilhamento

Diante da grande quantidade de recursos disponíveis, representar o conteúdo dos recursos educacionais é uma questão importante no contexto de integração de fontes de recursos distintas e heterogêneas. Neste contexto, a identificação do conteúdo desses recursos consiste no primeiro filtro no processo de busca, seleção e reúso. Ou seja, identificar corretamente o conteúdo dos recursos possibilita reduzir a quantidade de recursos analisados em uma busca (BARROS et al., 2015).

Nesta perspectiva, as abordagens de padronização de metadados dos recursos educacionais possuem propriedades para descrever o conteúdo dos recursos educacionais. consequentemente, as abordagens de enriquecimento desses metadados também se dedicam a aprimorar a descrição do conteúdo desses recursos. Entretanto, ainda restam problemas em aberto relacionados à representação do contexto dos recursos educacionais. Uma **representação rica em contexto** dos recursos educacionais é necessária para descrever as *particularidades* dos recursos que influenciam na sua escolha e reúso. por exemplo:

- Recursos que necessitam que o estudante tenha conhecimento prévio de conteúdos específicos para o seu uso, não sendo estes conteúdos comuns a todos os outros recursos sobre o mesmo tema. O uso eficiente dos recursos depende do domínio apropriado destes conteúdos prévios. Desta forma, esta é uma característica importante do recurso que deve ser considerada na sua escolha.
- Recursos educacionais que são dependentes entre si e que sua compreensão é dificultada se forem utilizados separadamente. Assim, essa informação deve estar clara para os usuários para evitar seu uso inadequado.
- Considerando as diferentes possibilidades de se estruturar um curso, alguns recursos podem ser concebidos para se aplicar em alguns deles e ser inadequados para outros. Assim, a representação do conteúdo dos recursos educacionais deve especificar as características das estruturas de curso em que eles foram concebidos. Como professores tem diferentes visões para a estruturação de cursos, a definição

dessas estruturas devem ser flexíveis para se adequar ao ponto de vista do criador dos recursos.

A ausência da correta representação destas características impacta diretamente no processo de busca e reúso de recursos educacionais. De fato, a ausência dessa representação pode levar a escolha de recursos que não são adequados ao usuário, causando em problemas no processo de aprendizagem e/ou necessidade de realizar uma nova seleção. Por outro lado, para evitar a escolha de um recurso inadequado o usuário pode ser obrigado a realizar uma análise mais profunda destes recursos, aumentando o esforço empregado no processo de busca.

Portanto, para cada item descrito acima é definido um problema que será abordado na proposta deste trabalho. Sendo, assim, os problemas em questão são:

Problema I - Falta de descrição de recursos educacionais com requisitos específicos para seu uso.

Problema II - Falta de representação da dependência entre recursos educacionais.

Problema III - Necessidade do uso de estruturas flexíveis para classificação do conteúdo de recursos educacionais.

Nesta perspectiva, este trabalho se inicia com a análise dos problemas levantados acima, buscando caracterizar sua existência no domínio de Ciência da Computação. Assim, no Capítulo 2 essas questões são discutidas e é feita uma avaliação aonde professores analisaram cursos da área de computação disponíveis na Web para identificar a ocorrência desses problemas. O estudo destes problemas foi limitado ao domínio de Ciência da Computação pela necessidade de restringir o foco do trabalho e pela maior possibilidade em encontrar especialistas no domínio para participar da avaliação da solução proposta.

1.2 Solução Proposta

Buscando ajudar a resolver os problemas definidos acima, este trabalho propõe uma nova abordagem semântica para representação rica em contexto dos recursos educacionais. Esta abordagem define um **Modelo Conceitual**, baseado no modelo Mathema

(COSTA; PERKUSICH; FERNEDA, 1998), que descreve a estrutura de conhecimento na qual os recursos educacionais serão classificados de acordo com seu conteúdo. Esta estrutura de conhecimento é flexível e definida pelos autores dos recursos de acordo com a sua visão sobre o domínio relacionado ao recurso. Além disso, o modelo conceitual também provê mecanismos para mapeamento dos pontos em comum dessas estruturas. A abordagem propõe, portanto, o uso de uma estruturação flexível e integrada para classificação dos recursos educacionais como solução para o Problema III.

Em outra perspectiva, os recursos educacionais são associados a conceitos definidos nas estruturas de conhecimento para classificação de acordo com seu conteúdo. Além disso, o modelo define uma propriedade que relaciona os recursos educacionais a seus requisitos específicos, também utilizando a mesma estrutura de conhecimento, sendo essa a contribuição para a solução do Problema I.

Em relação ao Problema II, a abordagem parte do princípio de que a dependência entre recursos pode ocorrer em diferentes níveis de dependência e a decisão de reutilizar os recursos separados ou não deve partir do usuário que deseja reutilizar estes recursos. Portanto, o modelo não define explicitamente a dependência entre recursos. Mas é proposto o agrupamento de recursos educacionais em coleções que indicam que os recursos foram concebidos pelo mesmo conjunto de autores para o uso em conjunto. Desta forma, o usuário que deseja reutilizar estes recursos é informado sobre a possibilidade de dependência entre recursos de uma mesma coleção, e ele é responsável por analisar seu conteúdo e decidir se é possível reutilizá-los separadamente.

Além disso, foi construída uma Ontologia de Integração (BARROS; MAGALHÃES; COSTA, 2014) para representar as entidades e relacionamentos definidos pelo modelo conceitual. Esta ontologia tem como objetivo representar formalmente os conceitos do modelo e possibilitar a interoperabilidade semântica entre as fontes de recursos educacionais e os usuários do modelo.

Por fim, foi implementado um sistema de compartilhamento de recursos educacionais baseado no modelo conceitual proposto. Este sistema é dividido em duas partes: o módulo de manipulação e o módulo de consulta. O módulo de manipulação é responsável por inserir, alterar e excluir recursos educacionais e suas informações no sistema. O módulo de consulta permite que outros usuários e aplicações busquem e acessem

esses recursos. O módulo de consultas disponibiliza serviços web para consultas ao sistema com descrições semânticas baseadas na Ontologia de Integração para prover a interoperabilidade semântica.

Para avaliação do trabalho, a solução proposta foi comparada com outras abordagens similares para identificar seus diferenciais. Além disso, foram realizados três estudos de avaliação envolvendo o Modelo Conceitual e o sistema de compartilhamento. Num primeiro estudo, foi conduzido um questionário com especialistas para verificar sua confiança na capacidade do modelo como solução para os problemas discutidos no trabalho. O segundo estudo buscou avaliar o processo de inserção de recursos no sistema de compartilhamento e a capacidade do Modelo Conceitual em representar recursos educacionais vindo de cursos disponibilizados na Web. Finalmente, o terceiro estudo buscou avaliar o módulo de consulta do sistema de compartilhamento através da implementação de aplicações Web que fazem uso dos serviços de consulta. Os resultados obtidos apontam para a existência de diferenciais positivos da abordagem proposta em relação aos trabalhos relacionados, a capacidade de uso do modelo conceitual na representação dos recursos educacionais e na eficácia como solução dos problemas abordados.

1.3 Organização do Documento

Este documento se organiza como descrito abaixo:

Capítulo 2 discute problemas em aberto na representação de recursos educacionais e conduz um experimento preliminar que visa caracterizar a ocorrência destes problemas no domínio de Ciência da Computação.

Capítulo 3 apresenta outras abordagens relacionadas a representação de recursos educacionais, principalmente padrões de metadados e modelos semânticos para enriquecimento de metadados.

Capítulo 4 apresenta o Modelo Conceitual para descrição de recursos educacionais visando seu compartilhamento.

No **Capítulo 5** é discutida a implementação do Modelo Conceitual proposto.

Capítulo 6 é apresentado um conjunto de avaliações com o objetivo de verificar a eficiência do modelo proposto.

Capítulo 7 é detalhado a conclusão deste trabalho e são apresentadas propostas de trabalhos futuros.

Capítulo 2

Compartilhamento de Recursos

Educacionais: Discutindo

Problemas em Aberto

A pesquisa na área de Tecnologias de apoio ao Ensino tem empregado grandes esforços no compartilhamento e reuso de recursos e dados educacionais. Este esforço levou a um *amplo e fragmentado* conjunto de esquemas para metadados concorrentes (DIETZE et al., 2013). Ou seja, existe uma grande variedade de soluções vindas de diferentes iniciativas, seguindo suas próprias estratégias pedagógicas e plataformas de implementação. Entretanto, essas soluções não foram construídas para se comunicarem. Em resumo, na maioria dos casos, no desenvolvimento dessas soluções não foram previstos mecanismos para possibilitar a troca de recursos entre si (LEAL; QUEIROS, 2011).

Desta forma, não foram concebidos com o objetivo de interoperar entre si, nem estabelecer relações entre seus recursos. Neste contexto, a integração de recursos educacionais a nível de Web ainda não está resolvida, principalmente devido à falta de padronização entre princípios de compartilhamento, base de dados e esquemas (DIETZE et al., 2013).

Nesta perspectiva, a distribuição de recursos educacionais em diferentes repositórios dificulta a busca e reuso de recursos educacionais (CLEMENTS; PAWLOWSKI; MANOUSELIS, 2015). Assim, a integração de recursos educacionais surge como uma atividade necessária para facilitar o compartilhamento destes recursos. Neste contexto,

um dos pontos chave para viabilizar a integração de recursos educacionais é a padronização e enriquecimento de metadados. A padronização de metadados facilita o acesso a diferentes repositórios, enquanto o enriquecimento de metadados utiliza vocabulários formais para evitar inconsistências na descrição desses recursos (DIETZE et al., 2012).

Porém, a busca e compartilhamento de recursos levanta outras questões que precisam ser consideradas para melhorar a integração de recursos educacionais. Algumas dessas questões serão discutidas na Seção 2.1.

2.1 Problemas em Aberto

Esta Seção apresenta alguns problemas relacionados à representação de recursos educacionais e seu compartilhamento.

2.1.1 Problema I - Recursos com requisitos específicos

Para a integração de recursos educacionais é necessário lidar com a representação do conhecimento que descreve os relacionamentos entre diversas fontes e recursos localizados em diferentes repositórios. Isto é, cada recurso foi construído com o objetivo de auxiliar no processo de aprendizagem em um determinado contexto. Os dados sobre estes recursos são usados para classificá-los e facilitar sua busca e seleção. Neste contexto, abordagens para integração de recursos educacionais necessitam de uma estrutura comum para representação de conhecimento que é usada para a classificação destes recursos. Geralmente, estas estruturas são representadas por Ontologias (YU et al., 2011) ou Vocabulários de Dados Conectados (Linked Data), como a DBpedia (BIZER et al., 2009). Estas estruturas são utilizadas não apenas na integração de recursos educacionais, mas também na integração de repositórios em diversos domínios, como Governo Eletrônico, Dados Geográficos e Comércio Eletrônico.

Entretanto, soluções genéricas podem não ser totalmente aplicáveis no domínio de educação devido à suas particularidades. Em alguns casos é necessário identificar conceitos que não são diretamente relacionados ao recurso mas são necessários para a sua compreensão. Por exemplo, considerando dois recursos educacionais que fazem parte de cursos da disciplina de *Estrutura de Dados* e são relacionados ao conceito de *Listas*

Encadeadas. Desta forma, podemos classificar estes recursos de acordo com o conceito relacionado a Listas Encadeadas na *estrutura de classificação dos recursos*. Apenas com esta informação não é possível fazer nenhuma distinção entre estes recursos. Porém, podem existir diferenças entre os recursos que são relevantes na sua seleção. Por exemplo, um dos recursos sobre Listas Encadeadas pode utilizar exemplos utilizando a Linguagem Java, enquanto o outro utilize a Linguagem C. Neste contexto, a escolha dos recursos pode levar em consideração estas características. De fato, um estudante que conheça a linguagem Java mas não domine a linguagem C pode enfrentar dificuldades ao usar o recurso com exemplos desta última linguagem.

Este exemplo demonstra que a linguagem de programação utilizada no recurso educacional é importante para caracterizar o contexto do recurso e influencia na sua seleção. Em outra perspectiva, por exemplo, não é correto afirmar que este recurso está relacionado à linguagem C na estrutura de classificação visto que ele não tem como objetivo apresentar conceitos relacionados a essa linguagem. De maneira similar, não faz sentido encontrar um recurso sobre Listas Encadeadas ao buscar por um recurso sobre Linguagem C. Neste caso, a linguagem de programação é um **requisito** para entender o recurso educacional. Além disso, o curso/disciplina de Estrutura de Dados, via de regra, não é composto por tópicos relacionados aos conceitos de Linguagens de Programação, estes conceitos são encontrados em um curso diferente. Estes exemplos podem ser encontrados em diferentes áreas, como: um recurso sobre Programação Orientada a Objetos que utilize diagramas UML ou um recurso sobre Inteligência Artificial que assume um conhecimento prévio sobre os conceitos de Lógica.

2.1.2 Problema II - Dependência entre Recursos

A construção de um recurso educacional nem sempre é feita de maneira isolada. Ao conceber um curso, o professor escolhe um conjunto de recursos que serão utilizados como material de suporte para os estudantes durante o curso. Uma parte desses materiais pode ser reutilizado de alguma outra fonte, mas ainda existe um subconjunto desses recursos que são criados pelo próprio professor. Geralmente, esses recursos são independentes dos demais e podem ser reutilizados separadamente sem maiores problemas. Entretanto, o seu uso em conjunto pode trazer vantagens visto que este foi o

contexto em que foram concebidos. Em resumo, estes recursos compartilham a mesma linguagem e vocabulário, e geralmente até o mesmo estilo pedagógico. Estes fatores facilitam o processo de aprendizagem, já que o aluno não tem que se adaptar a questões de heterogeneidade desses recursos.

Em outra perspectiva, existem cenários onde os conteúdos dos recursos educacionais apresentam uma dependência mais forte entre si, o que torna difícil usá-los separadamente. Nestes casos, um recurso faz referência ao conteúdo de outros, tornando difícil o seu entendimento completo. Os trechos abaixo correspondem a exemplos de recursos que fazem referência direta a outros recursos:

“Dos Capítulo 1 ao 6, nossos objetos (mover, particle, vehicle, boid) geralmente existiam em apenas um “estado.” Eles poderiam ter movimentado seguindo comportamentos e físicas avançados, mas no final eles permaneceram o mesmo tipo de objeto ao longo de sua vidas digitais.¹”(SHIFFMAN, 2012)

“Há várias coisas que estão erradas com o exemplo do aplicativo de troca de mensagens do capítulo anterior. Por exemplo, se um nó aonde o usuário está autenticado se desconectar sem executar o procedimento de desconexão, o usuário vai continuar na *UserList* do servidor mas o cliente vai desaparecer, tornando impossível para o usuário se conectar novamente já que o servidor acredita que ele ainda está conectado.²”(ERLANG, 2016)

No primeiro exemplo, o autor usa o cenário construído até o momento no curso para discutir as limitações que motivam o uso de técnicas que serão apresentadas no recurso. Pode-se concluir que este é um ponto de acoplamento entre os recursos deste curso. Um estudante que não teve acesso aos capítulos anteriores deste curso não foi apresentado aos objetos mencionados (moving, particle, vehicle and boid), isto atrapalhando o entendimento completo do conteúdo do recurso. O segundo recurso também faz referência a um exemplo (Um sistema de troca de mensagens) construído nos recursos anteriores.

¹Disponível em: <http://natureofcode.com/book/chapter-7-cellular-automata/>, traduzido pelo autor

²Disponível em: http://www.erlang.org/doc/getting_started/robustness.html, traduzido pelo autor

Assim, ao longo deste recurso, o autor utiliza exemplos desenvolvidos na premissa de que o estudante estudou e compreendeu o processo de construção do sistema até o momento. Desta forma, o estudante pode encontrar dificuldades para entender o recurso porque ele não teve acesso à construção do sistema até aquele momento.

Estes exemplos mostram que o uso eficiente dos recursos pode depender do uso integrado de recursos que são dependentes entre si. Este fato aponta que é necessário identificar recursos dependentes para evitar que sejam usados separadamente. Entretanto, existem diferentes níveis de dependência entre recursos, ou seja, as referências entre os recursos podem variar em quantidade e profundidade.

Por exemplo, um recurso pode ser completamente baseado em um exemplo construído em outro recurso gerando uma forte dependência entre eles. Em outro cenário, um recurso pode fazer um uso pontual de um exemplo de outro recurso para reforçar a apresentação de um conceito. No primeiro exemplo, fica inviável utilizar os recursos em separado, enquanto no segundo exemplo é viável alterar o recurso para que as referências sejam removidas.

Neste contexto, o modelo de representação de recursos educacionais para seu compartilhamento deve auxiliar os usuários a decidir se recursos criados em um mesmo contexto podem ser utilizados separadamente ou se há significativa dependência entre eles. Para isso, ele deve informar ao usuário que dois recursos são dependentes e detalhar seu nível de dependência.

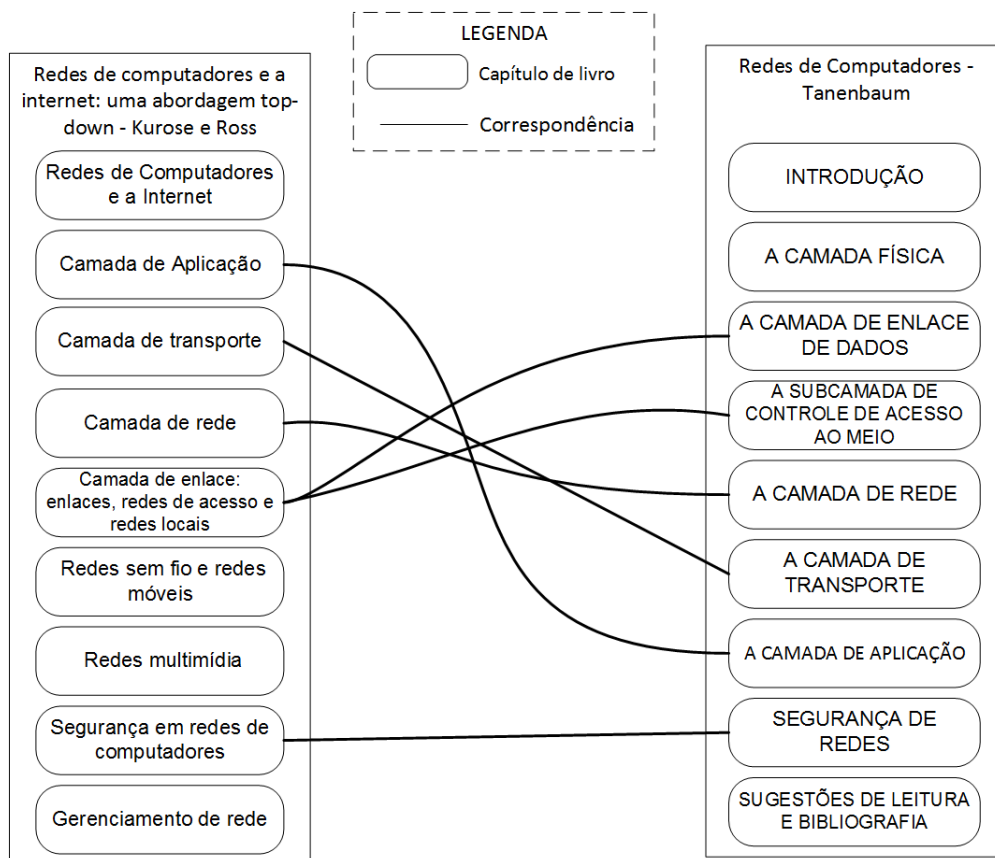
Entretanto, nas pesquisas realizadas, não foram encontradas abordagens para definir diferentes níveis de dependência entre recursos. A abordagem mais relacionada, (CERVERA et al., 2009) propõe uma métrica baseada no número de relacionamentos de um recurso para definir seu acoplamento. Entretanto, não há evidências que essa métrica seja precisa para determinar o nível de dependência entre esses recursos.

Assim, o modelo de representação de recursos educacionais pode informar a dependência entre recursos de uma maneira genérica, sem especificar seus níveis, ou identificar recursos construídos em conjunto para indicar a possibilidade de dependência entre estes. Nesta perspectiva, fica sob a responsabilidade dos usuários dos recursos definirem de dependência entre eles impossibilita ou não o uso separado.

2.1.3 Problema III - Cursos com Estruturação heterogêneas

Normalmente, recursos educacionais são desenvolvidos para o uso em um curso específico. Em outras palavras, suas características são baseadas no contexto definido pelo seu autor, como seu conteúdo, a profundidade que o conteúdo será trabalhado, as características da turma em que o recurso será utilizado, a maneira que o recurso será utilizado, entre outras características. Desta maneira, a construção de um curso depende da visão do autor em relação ao domínio deste curso. Cada autor tem sua própria visão de como o curso deve ser estruturado de acordo com o contexto que o curso será realizado. Por exemplo, a Figura 2.1 apresenta a estrutura de dois livros na área de Redes de Computadores: *Computer Networking: A Top-Down Approach* (KUROSE; ROSS, 2006) e *Computer Networks* (TANENBAUM, 2003). Apesar de serem dois livros sobre o mesmo domínio e possuírem muitos capítulos semelhantes, a estrutura destes livros é completamente diferente.

Figura 2.1: Correspondência dois livros da área de Redes de Computadores. Fonte: Elaborada pelo autor



Por exemplo, o conteúdo relacionado à *Camada de Aplicação* é apresentado no segundo Capítulo do livro de Kurose e Ross, enquanto o livro de Tanenbaum apresenta o mesmo conteúdo no Capítulo 7. Neste contexto, um recurso sobre Camada de Aplicação criado no contexto do livro de Tanenbaum assume que o estudante já compreende o conteúdo dos primeiros seis capítulos desse livro. Porém, um estudante que segue um curso baseado na estrutura do livro de Kurose e Ross terá uma *lacuna de conhecimento* em relação ao conhecimento presumido pelo criador do recurso. Este exemplo demonstra que recursos sobre um mesmo tema tem seu conteúdo ligado ao contexto do curso no qual ele foi concebido. Em outras palavras, o contexto do curso é uma característica importante na descrição do recurso visando seu compartilhamento. Neste contexto, é necessário que o modelo para compartilhamento de recursos educacionais seja flexível ao ponto de representar diferentes estruturas de cursos para a classificação dos recursos.

2.2 Estudos Preliminares

Nesta Seção serão conduzidos dois estudos com o objetivo de identificar a ocorrência dos problemas apresentados na Seção anterior em domínios da Ciência da Computação.

O Estudo I focou na análise de recursos em diferentes cursos na área de Programação buscando caracterizar a existência dos problemas nos recursos educacionais fornecidos por estes cursos. Buscou-se em cada recurso a identificação de requisitos específicos e a sua caracterização dentro do curso em que foi disponibilizado. O desenvolvimento da análise é apresentado na Seção 2.2.1.

O Estudo II, apresentado na Seção 2.2.2, foi realizado com a finalidade de caracterizar a existência do Problema 3 em diferentes domínios da Ciência da Computação. Assim, foi realizado um estudo mais amplo que utiliza os cursos presentes no relatório *Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Computer Science* (CURRICULA; SOCIETY, 2013) produzido em conjunto pela ACM³ e IEEE⁴.

A principal diferença entre os estudos é que no primeiro foram analisados os conteúdos dos recursos educacionais em busca de requisitos específicos (Problema 1). En-

³Association for Computing Machinery (www.acm.org)

⁴Institute of Electrical and Electronics Engineers (www.ieee.org)

quanto no segundo estudo os cursos foram analisados visando encontrar estruturas heterogêneas que indiquem a necessidade de representação de estruturas flexíveis para classificação de recursos (Problema 3).

Em resumo, os estudos buscam responder as seguintes questões:

1. É necessário representar requisitos específicos no domínio da Computação?
2. Os cursos de Ciência da Computação apresentam heterogeneidade na sua estrutura de tópicos?

2.2.1 Estudo I: Análise no domínio de Programação

Este estudo é composto por duas etapas. Na primeira etapa, foram catalogados recursos educacionais com o objetivo de caracterizar o seu contexto, identificar seu conteúdo e seus requisitos. Ainda nesta etapa, os recursos criados por um mesmo autor para um curso em particular foram identificados como parte de uma coleção. A localização destes recursos foi feita a partir de mecanismos de busca de conteúdo na Web, sendo priorizada a localização de recursos disponibilizados em forma de cursos para possibilitar a avaliação do problema de dependência entre recursos e estruturas heterogêneas. No segundo estágio, a estrutura dos cursos foi analisada para identificar os pontos em comum e pontos de divergência.

Neste contexto, dentro do domínio de programação foram escolhidos três subdomínios: Introdução à Programação, Estrutura de Dados e Programação Orientada a Objetos. A escolha se baseou na ampla disponibilidade de cursos/disciplinas focadas nos subdomínios, o que facilita o acesso aos recursos. Assim, quatro especialistas (Professores) na área de programação buscaram e analisaram recursos educacionais disponibilizados em cursos desses subdomínios.

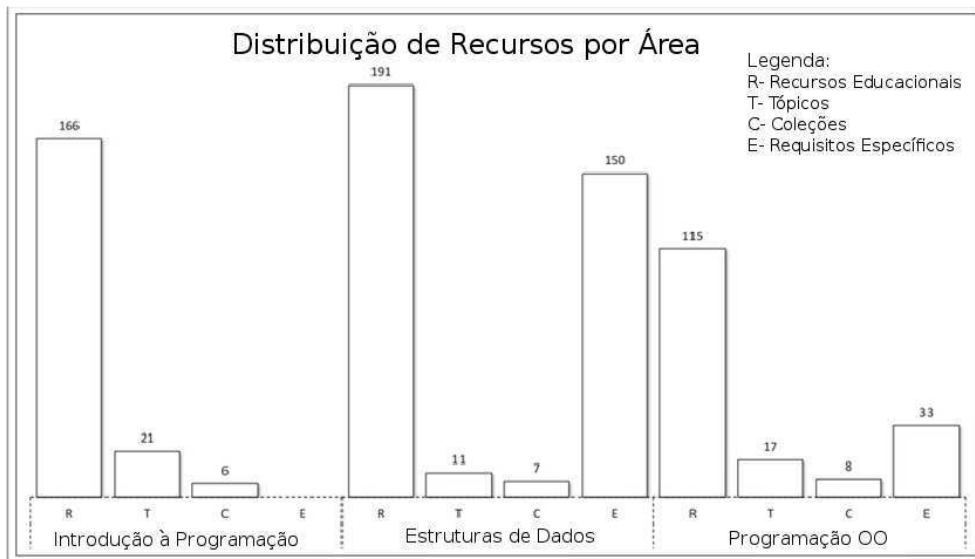
Na busca por recursos, os professores receberam instruções para buscar recursos educacionais disponíveis na Web e identificar as seguintes características: o endereço eletrônico (link) de acesso ao recurso, qual o conteúdo relacionado ao recurso, de qual curso o recurso faz parte e se existe algum requisito para o entendimento do recurso que não apresentado em algum dos recursos anteriores. Estes recursos foram pesquisados em fontes como: Páginas pessoais de professores, repositórios de universidades,

Slideshare⁵ e Youtube⁶. Em geral, estes recursos são Vídeo-aulas, Notas de aula e Apresentações utilizadas nos cursos.

Este estudo apresentou um alto custo em relação ao tempo necessário para sua realização. Isto se justifica ao fato dos professores terem que analisar o conteúdo completo dos recursos na busca por requisitos específicos. Por exemplo, a análise de um curso composto por recursos educacionais em formato de vídeo pode levar mais de um dia.

Um total de 472 recursos educacionais foram catalogados. A Figura 2.2 mostra a quantidade de recursos catalogados em cada um dos subdomínios deste cenário. Esta Figura também apresenta uma resumo da distribuição em cada subdomínio, mostrando o número de recursos, o número de tópicos nos quais os recursos foram classificados, o número de cursos e a quantidade de requisitos específicos encontrados. Seguem alguns comentários iniciais sobre os recursos catalogados:

Figura 2.2: Distribuição dos recursos educacionais nos cursos da área de programação. Legenda: R - número de recursos educacionais; T - número de tópicos para classificação de recursos; C - quantidade de cursos; E - número de requisitos específicos.



1. No domínio de Introdução à Programação foram catalogados 6 cursos e não foram encontrados requisitos específicos em recursos deste domínio. Isto pode ser explicado devido à natureza introdutória do curso que não tem seu conteúdo baseado

⁵www.slideshare.net

⁶www.youtube.com

em outras disciplinas.

2. O domínio de Estrutura de Dados teve 191 recursos catalogados vindos de 7 cursos. Neste domínio, a maioria dos recursos fazem uso de uma linguagem de programação, C ou Java por exemplo, caracterizando um requisito específico do recurso. Em adição, algumas questões sobre Complexidade de Algoritmos necessitam alguns conceitos matemáticos para sua compreensão.
3. O domínio de Programação Orientada a Objetos teve 115 recursos educacionais e 8 cursos. Neste domínio, foram encontrados 33 requisitos específicos (por exemplo: UML, Banco de Dados e Linguagem SQL, Padrões de Projetos e Conceitos Matemáticos). Estes recursos foram limitados aos que utilizam a Linguagem Java.

A segunda etapa deste estudo se iniciou após a seleção e análise dos recursos. Nesta etapa, as estruturas de curso dos recursos obtidos foram analisadas para identificar pontos de heterogeneidade.

A Figura 2.3 mostra a distribuição de tópicos nos cursos da área de Programação Orientada a Objetos. A Figura destaca no eixo horizontal a representação do conjunto de cursos analisados; os círculos empilhados representam os tópicos presentes em cada curso; o percentual no eixo horizontal mostra a taxa de utilização de tópicos nos cursos, comparando com o total de tópicos observados; as porcentagens na legenda representam a taxa de ocorrência dos tópicos nos cursos.

A Figura mostra que professores possuem diferentes visões sobre a estruturação de cursos de um mesmo domínio. A variação dos tópicos abordados está relacionada ao contexto do curso. Os cursos C3 e C8, por exemplo, apresentam uma variedade maior de tópicos, apresentando conceitos básicos de POO e também funcionalidades mais avançadas da Linguagem Java (Exemplo: acesso a Banco de Dados e Interface Gráfica). Em outra perspectiva, os cursos C1, C4 e C7 são focados nos conceitos chave do Paradigma de Programação Orientada a Objetos.

Destá forma, os resultados neste domínio apontam muitos pontos de heterogeneidade e que nem todos os cursos abordam os mesmo tópicos. A taxa de utilização dos tópicos no curso em relação ao total de tópicos varia entre 35% e 71%. Além disso,

O sequenciamento mostra que o tópico *Classes e Objetos*, por exemplo, é seguido pelo tópico *Herança* em três cursos, por *Encapsulamento* em dois cursos, por *Vetores e Coleções* em dois cursos e *IDEs* em um curso. Dependendo da estrutura do curso, um tópico deste domínio pode ter até 5 possibilidades de *próximos tópicos*.

Estes resultados também foram similares para os outros domínios, como mostrado nas Figuras 2.5 e 2.6 para o domínio de Introdução à Programação, e nas Figuras 2.7 e 2.8 para o domínio de Estrutura de Dados.

Nos cursos de Introdução à Programação foram encontrados 21 tópicos, onde 4 deles estão presentes em todos os cursos e 7 se encontram em apenas um deles. A taxa de utilização de tópicos em um curso em relação ao total de tópicos varia entre 24% e 86%. Ainda neste domínio, um tópico pode ter até 4 *próximos tópicos* dependendo da estrutura de curso.

Para Estrutura de Dados, do total de 11 tópicos, apenas um deles é encontrado em todos os cursos e dois tópicos se encontram em apenas um curso. Um tópico pode ter até 4 *próximos tópicos* dependendo da estrutura de curso. A taxa de utilização de tópicos em relação ao total de tópicos varia de 18% até 82%.

Figura 2.5: Distribuição de tópicos de Introdução à Programação nos cursos analisados.

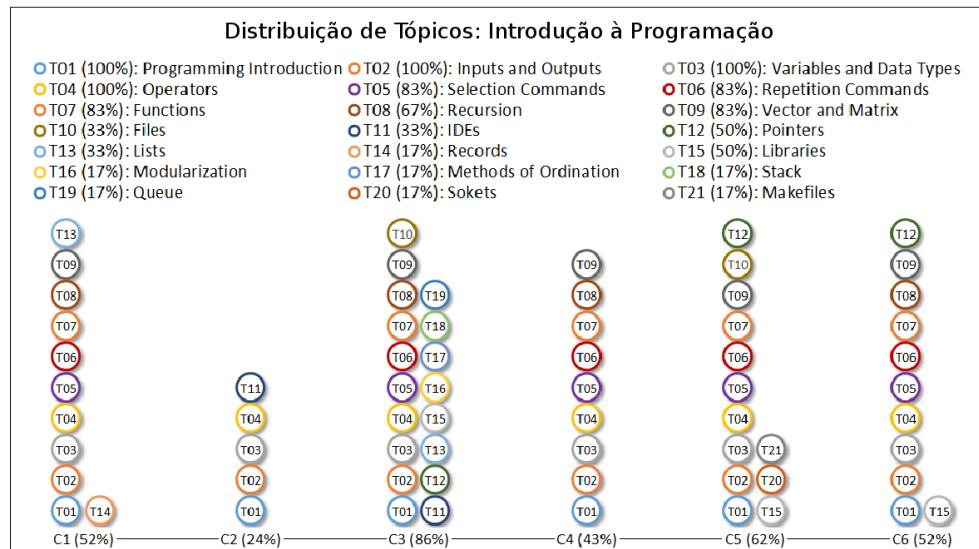


Figura 2.6: Sequenciamento de tópicos nos cursos de Introdução à Programação.

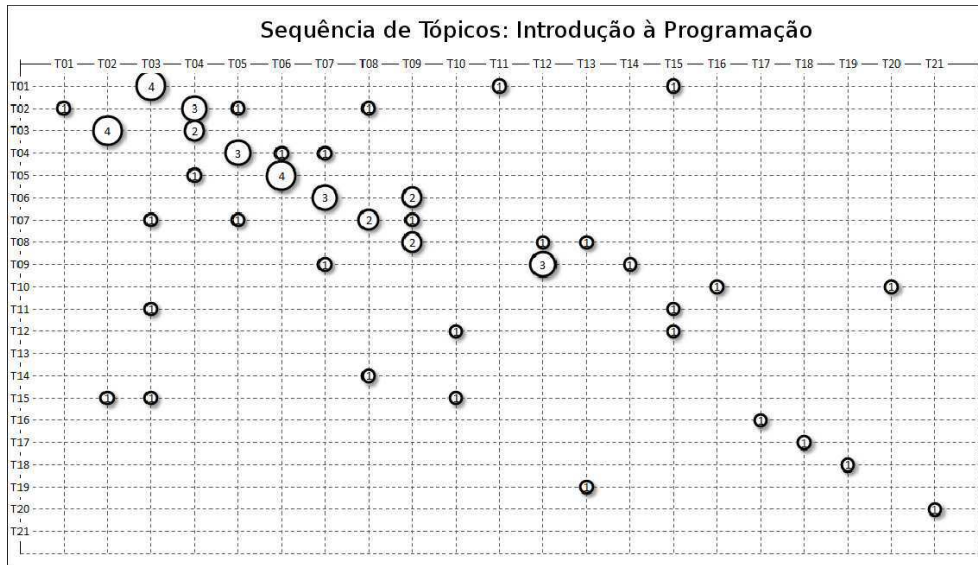


Figura 2.7: Distribuição de tópicos de Estrutura de Dados nos cursos analisados.

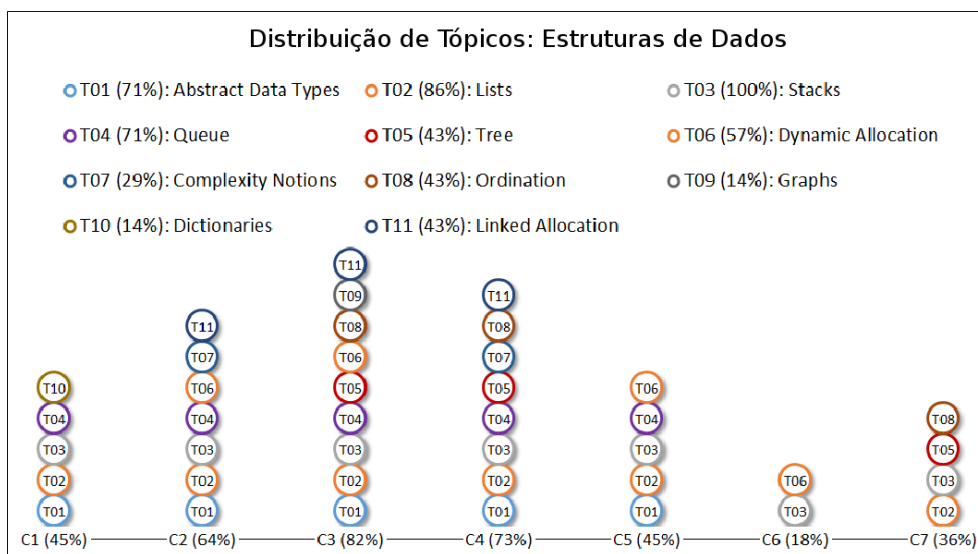
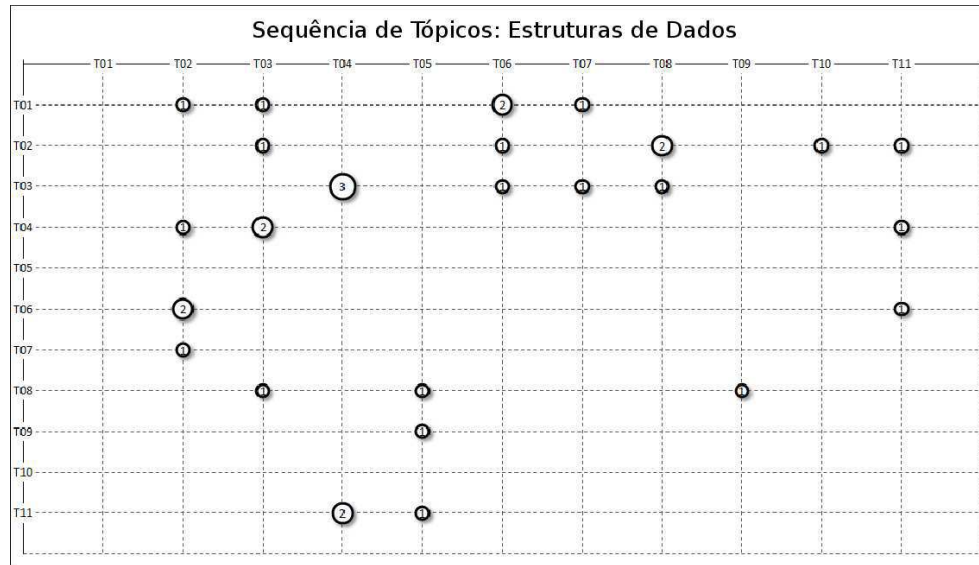


Figura 2.8: Sequenciamento de tópicos nos cursos de Estrutura de Dados.



2.2.2 Estudo II: Análise do Catálogo da ACM e IEEE

A fim de caracterizar a existência dos problemas apresentados na Seção 2.1 em outros domínios da Ciência da Computação, foi realizado um estudo mais amplo que utiliza como base os modelos presentes no relatório *Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Computer Science* (CURRICULA; SOCIETY, 2013) fruto de uma parceria entre ACM e IEEE. Este relatório tem por objetivo apresentar recomendações curriculares para o ensino de disciplinas em cursos da área da Computação, como ciência da computação, engenharia da computação, entre outras. O relatório possui 84 exemplos de cursos. Estes cursos estão agrupados em subdomínios da Computação, como: programação, sistemas operacionais, redes, entre outras.

Dos 84 cursos disponíveis 32 foram selecionados para realização do estudo. Alguns domínios foram excluídos, pois apresentaram problemas, como: poucos cursos disponíveis para uma análise comparativa (e.g. banco de dados); páginas dos cursos não disponíveis; quantidade reduzida de tópicos e pouca especificidade (e.g. Engenharia de Software).

Os 32 cursos estudados se dividiam em 6 subdomínios da Ciência da Computação: Inteligência Artificial, Interação Humano-Computador, Sistemas Operacionais, Compiladores, Linguagem de Programação e Redes de Computadores. Além disso, estes

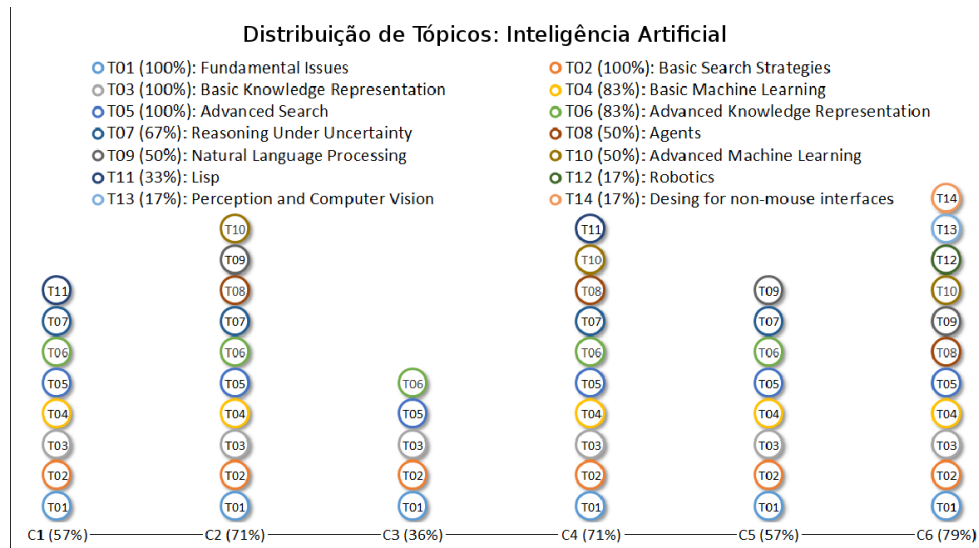
cursos são ministrados em diferentes universidades ao redor do mundo. A Tabela 2.1 resume a distribuição de cursos dentro dos subdomínios analisados.

Tabela 2.1: Quantitativo dos cursos analisados e seus domínios

Domínio	Número de Cursos
Inteligência Artificial	6
Interação Homem Computador	7
Sistemas Operacionais	5
Compiladores	4
Linguagens de Programação	7
Redes de Computadores	3
Total	32

De maneira semelhante ao estudo anterior, este experimento também analisou a estrutura dos cursos. Porém, o objetivo deste estudo foi buscar evidências de que os problemas encontrados no estudo anterior, focado no domínio de Programação, também se estendem a outros domínios da ciência da computação. Assim, os cursos de cada domínio foram analisados a fim de verificar a distribuição de tópicos em cada curso e o padrão de sequenciamento destes tópicos.

Figura 2.9: Distribuição de tópicos nos cursos de Inteligência Artificial.



A Figura 2.9 apresenta a distribuição dos tópicos no domínio de inteligência artificial. Os resultados apresentados na Figura destacam que as diferentes visões dos professores na construção dos cursos. Os cursos analisados mostram que apenas 4 dos

14 tópicos deste domínio estão presentes em todos os cursos e 4 deles se encontram em menos da metade dos cursos. Além disso, a taxa de utilização dos tópicos varia de 36% até 79%. Também foi possível verificar a heterogeneidade nas estruturas de curso do domínio de Inteligência Artificial, como ilustrado na Figura 2.10. Existe divergência no sequenciamento de 8 dos 14 tópicos deste domínio.

Figura 2.10: Distribuição de tópicos nos cursos de Inteligência Artificial.

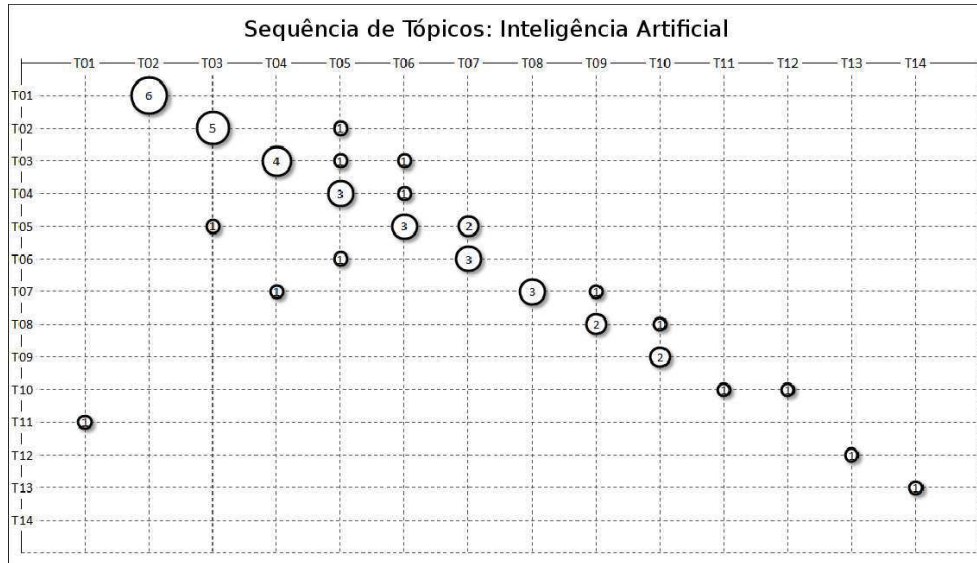


Tabela 2.2: Distribuição dos tópicos nos cursos e divergências no sequenciamento nos domínios. Cada valor entre colchetes revela a taxa de utilização de tópicos em um curso

Domínio	Distribuição dos tópicos nos cursos	Divergências nos sequenciamento
Interação Homem-Comput.	[43%] - [57%] - [29%] - [43%] - [36%] - [29%] - [21%]	3 divergências em 14 tópicos
Sistemas Operacionais	[72%] - [44%] - [44%] - [53%] - [59%]	14 divergências em 32 tópicos
Redes de Computadores	[37%] - [68%] - [89%]	3 divergências em 19 Tópicos
Linguagens de Programação	[50%] - [25%] - [35%] - [23%] - [45%] - [38%] - [63%]	11 divergências 40 tópicos
Compiladores	[57%] - [62%] - [57%] - [48%]	5 divergências em 21 tópicos
Inteligência Artificial	[57%] - [71%] - [36%] - [71%] - [57%] - [79%]	8 divergências em 14 tópicos

Discussão dos Resultados Preliminares

O Estudo Preliminar apresentou maiores detalhes acerca dos **Problemas em Aberto** apresentados nesta seção e caracterizou a sua ocorrência no domínio da Ciência da Computação. O primeiro estudo buscou verificar a existência destes problemas no domínio de Programação. Este estudo focou na busca por *requisitos específicos* nos recursos educacionais. Constatou-se que a ocorrência deste problema varia de acordo com a natureza do curso. Os cursos de Introdução à Programação não apresentaram ocorrência de requisitos específicos devido a sua natureza introdutória.

Entretanto, alguns recursos deste domínio apresentaram exemplos contextualizados, especialmente no domínio da Matemática, que necessitam de um conhecimento mais profundo neste domínio para o completo entendimento do recurso. Um exemplo que mostre a construção de um programa que calcule o fatorial de um número inteiro. O estudante pode não dominar o conceito de fatorial dependendo do seu nível educacional, e isso pode ser considerado um requisito específico.

Em outra perspectiva, nos cursos do domínio de Estrutura de Dados em quase todos os recursos é encontrado um requisito específico relacionado a uma linguagem de programação. Outrossim, alguns recursos relacionados à complexidade de algoritmos necessitam de conceitos de funções matemáticas. Do domínio de Programação Orientada a Objetos teve um número menor de requisitos específicos nos cursos. Nos 115 recursos catalogados, foram encontrados 33 requisitos específicos sobre os tópicos: UML, Banco de dados, Padrões de Projeto e conceitos Matemáticos.

Ambos os estudos realizados nesta seção também abordaram o problema da heterogeneidade das estruturas de representação de recursos educacionais. Essa heterogeneidade foi encontrada tanto na escolha dos tópicos que compõe essa estrutura, quanto no sequenciamento dos tópicos. Assim, os cursos analisados mostraram a necessidade de flexibilidade nas estruturas para poder representar as particularidades de cada recurso educacional. Neste contexto, estruturas estáticas para classificação de recursos não são capazes de representar a heterogeneidade de contexto dos recursos educacionais. Desta forma, abordagens que usam apenas estruturas estáticas para classificação apresentam uma lacuna na representação do contexto desses recursos.

Capítulo 3

Trabalhos Relacionados

Este Capítulo tem como objetivo apresentar propostas encontradas na Literatura que visam representar recursos educacionais com o objetivo de facilitar o seu compartilhamento. Desta forma, a análise destes trabalhos busca caracterizar suas contribuições em vista de solucionar os problemas discutidos no Capítulo 2.

A busca e seleção destes trabalhos foi feita a partir de ferramentas de buscas de trabalhos científicos disponibilizadas na Web, como: *ACM Digital Library*¹, *Web of Science*² e o Portal de Periódicos da Capes³.

Um dos problemas enfrentados na busca por trabalhos relacionados é a grande quantidade de denominações utilizadas para referenciar Recursos Educacionais, como por exemplo: *Learning Resources*(AZER, 2016), *Learning Content*(GUERRA et al., 2016), *Learning Objects*(KALLEB et al., 2016), *Educational Resources*(RODRÍGUEZ et al., 2016), OER como abreviação de *Open Educational Resources*(MIKROYANNIDIS et al., 2016; JUDITH; BULL, 2016), entre outros. Assim, as palavras chaves utilizadas nas buscas envolveram esses termos em conjunto com termos relacionados aos problemas abordados neste trabalho, como: *integration* (integração), *reuse* (reúso), *semantic enrichment* (enriquecimento semântico), *metadata enrichment* (enriquecimento de metadados), *interoperability* (interoperabilidade) e *sharing* (compartilhamento).

Os resultados das buscas foram limitados aos publicados a partir do ano 2010. Para a seleção dos trabalhos relacionados, em uma primeira etapa, todos os artigos

¹<http://dl.acm.org/>

²<http://webofscience.com/>

³<http://www.periodicos.capes.gov.br/>

retornados pelas ferramentas de busca tiveram seu *abstract* analisados para filtrar os artigos que realmente estão no mesmo contexto do trabalho aqui apresentado. Em seguida, os artigos selecionados na etapa anterior tiveram sua introdução e conclusão lidos, além de uma análise da estruturação do artigo para assim selecionar os artigos que foram lidos por completo. Dos artigos lidos por completo, foram escolhidos aqueles que apresentam contribuições na representação dos recursos educacionais em virtude de facilitar seu compartilhamento e reúso. Além disso, artigos que foram citados pelos artigos lidos e que aparentaram ser possíveis trabalhos relacionados foram incluídos na análise.

Inicialmente, serão apresentadas as propostas de metadados que visam a padronização da representação dos recursos educacionais e abordagens para seu compartilhamento. Estas propostas, em geral, não tem relacionamento direto com a proposta deste trabalho. De fato, elas buscam resolver os problemas de falta de padronização no compartilhamento de recursos educacionais, mas não focam na resolução dos problemas discutidos no Capítulo anterior, nem aprimorar semanticamente a descrição destes recursos. Entretanto, sua apresentação se faz necessária para caracterizar a pesquisa na representação dos recursos educacionais que foi utilizada como base no desenvolvimento das propostas relacionadas a este trabalho.

Em seguida, serão mostradas abordagens que buscam o enriquecimento semântico da descrição dos recursos educacionais através de vocabulários de dados conectados e ontologias. Na sua apresentação, será descrita a contribuição de cada abordagem como solução dos problemas discutidos no capítulo anterior. Ao fim, foi realizada uma comparação entre o trabalho aqui proposto e os apresentados neste Capítulo.

3.1 Padrões de Metadados e Mecanismos de Compartilhamento de Recursos Educacionais

Diante da grande quantidade de repositórios para compartilhamento de recursos educacionais, surgiu a necessidade de integração destas soluções. Uma das principais frentes neste trabalho é a criação de padrões de metadados que compartilhados entre diferentes repositórios facilitaria a construção de ferramentas que acessem os seus recursos. Nesta

Seção são apresentados os principais padrões de metadados para compartilhamento de recursos educacionais.

3.1.1 IEEE LOM

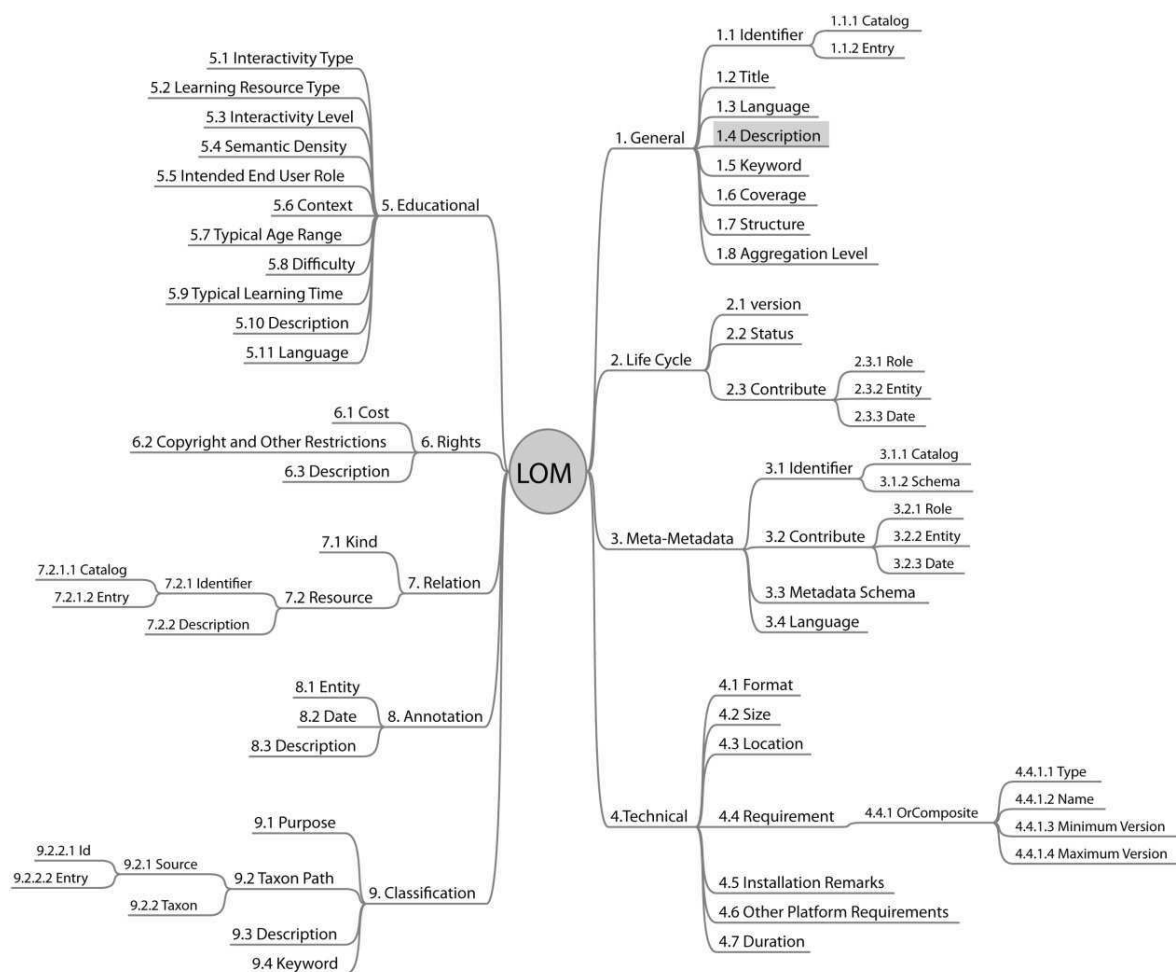
O IEEE LOM (NEVEN; DUVAL, 2002), ou *Learning Object Metadata*, foi uma das primeiras iniciativas para padronização de meta-dados e tem como objetivo a criação de descrições bem estruturadas de recursos de aprendizagem. Estas descrições devem ajudar a facilitar a descoberta, localização, avaliação e aquisição de recursos de aprendizagem por alunos, professores ou outros sistemas.

O LOM compreende uma hierarquia de elementos. No primeiro nível há nove categorias, cada qual contendo sub-elementos, estes sub-elementos podem ser elementos simples que possuem dados, ou podem ser eles próprios elementos agregados, que contêm outros sub-elementos. Ao implementar o LOM, não é necessário suportar todos os elementos do modelo de dados. A Figura 3.1 mostra as categorias do LOM.

Apesar da ampla adoção do LOM, estudos mostram que grande parte dos repositórios não utiliza o formato LOM puro, mas em muitos casos, formatos dele derivados. Além disso, pela grande quantidade de metadados definidos, o preenchimento completo desses metadados se torna uma atividade custosa. Por isso, como dito anteriormente, não é necessário preencher todos os metadados. Desta forma, é comum encontrar recursos educacionais com a descrição LOM incompleta (CARVALHO et al., 2015). Estes problemas dificultam a criação de ferramentas que consumam recursos no padrão LOM.

Diante dos problemas discutidos na Seção 2, o padrão LOM oferece algumas funcionalidades que atuam para resolver estes problemas. A categoria 7. *Relation* (Figura 3.1) define o relacionamento do recurso com outros recursos. Por exemplo, é possível definir que um recurso necessita de um outro recurso definindo a categoria 7.1 *Kind* como *require*. Esta configuração de metadados pode ser utilizada para resolver o problema I que trata de recursos educacionais com requisitos específicos. Entretanto, o problema I relaciona um recurso a um conceito necessário para seu entendimento, nesta solução do LOM é associado um recurso e não um conceito. Desta forma, a informação não está corretamente descrita no modelo. Assim, caso o recurso de suporte (que é o requerido) não esteja disponível ou não se aplique ao contexto que esteja sendo apli-

Figura 3.1: Categorias do LOM. Fonte: (NEVEN; DUVAL, 2002)



cado, não há informações no modelo de metadados que dê subsídios para se encontrar um outro recurso que atenda aos requisitos do primeiro recurso.

Esta mesma propriedade, *7. Relation*, pode ser utilizada para solucionar o problema II que trata da dependência entre recursos. Diferente do seu uso como solução do problema I, a definição do tipo de relacionamento como *require* é exatamente uma definição de dependência entre os recursos, atendendo assim ao problema II. Como limitação, não são definidos níveis de dependência entre os recursos. Assim, não é possível saber quão comprometedor é a dependência entre os recursos e se ela inviabiliza o uso desses recursos separadamente.

Por fim, em relação ao problema III que descreve a necessidade de estruturas flexíveis para a descrição de recursos educacionais, o LOM define a propriedade 9 para classificação dos recursos educacionais. Nesta propriedade, o recurso é associado a uma

taxonomia de classificação. A definição desta taxonomia não está contida no Modelo LOM, por um lado esta decisão traz flexibilidade na definição das estruturas de classificação, por outro dificulta a construção de aplicações que consumam estes recursos já que um mesmo repositório pode trabalhar com diferentes taxonomias. Além disso, o LOM não prevê mecanismos de integração entre as diferentes taxonomias.

3.1.2 SCORM

SCORM(BOHL et al., 2002) (Shareable Content Object Reference Model) é um conjunto de especificações voltadas à padronização de objetos de aprendizagem. Tendo o seu desenvolvimento sido custeado pela DARPA, a Agência de Projetos Avançados de Defesa dos Estados Unidos, a concepção do SCORM foi motivada pela necessidade de se reduzir os gastos com treinamentos militares em simuladores eletrônicos para fins diversos.

O objetivo era desenvolver pacotes de treinamento que fossem reutilizáveis, de baixo custo, fáceis de adaptar e capazes de serem executados em qualquer região geográfica, desde que se dispusesse de um computador com acesso à web.

Ao longo dos anos, a evolução e a publicação das especificações do SCORM passaram a ficar sob os cuidados da ADL (Advanced Distributed Learning), organização vinculada ao Departamento de Defesa dos Estados Unidos.

Atualmente, essas especificações determinam um modelo de referência, e não um padrão, o que significa que as mesmas estão frequentemente sujeitas à contribuição de diversas organizações especializadas em educação. Na prática, isso significa que o SCORM tem sido utilizado como um formato padrão para o encapsulamento de objetos de aprendizagem, com vastas aplicações na Indústria, no Governo e nas Instituições de Ensino.

Com o intuito de facilitar a implementação de soluções compatíveis com o padrão SCORM, as especificações são agrupadas em três classes, que definem, em termos gerais, as regras para o encapsulamento dos conteúdos, a arquitetura do ambiente de execução e o protocolo de sequenciamento e acompanhamento das atividades contidas no objeto de aprendizagem.

Esta classificação é sobejamente orientada à ideia da criação de uma plataforma

abstrata que, uma vez acoplada a um Ambiente Virtual de Aprendizagem ou um sistema Web, é capaz de executar qualquer objeto de aprendizagem no formato SCORM. Para que aquela se realize, são necessários:

- Um formato padrão para o Objeto de Aprendizagem: o objeto precisa estar empacotado num único arquivo do tipo ZIP. Uma vez descompactado, deverá obedecer ao formato PIF (Package Interchange Format) que, entre outras coisas, determina a presença, na raiz do diretório, de um arquivo XML, chamado de manifesto, que contém todas as informações necessárias sobre os objetos contidos no pacote (arquivos, textos, metadados, árvores de diretórios, etc.);
- A implementação de uma API em ECMA Script (JavaScript): para que o objeto de aprendizagem possa ser executado no navegador, é necessário que o LMS ofereça uma implementação concreta da API de referência. Esta implementação se faz necessária uma vez que o objeto de aprendizagem, por definição, não pode ser executado isoladamente, mas apenas como um frame da aplicação web que lhe dá suporte;
- Registro das atividades: o LMS precisa implementar uma interface em JavaScript, que possibilite ao objeto de aprendizagem persistir no sistema hospedeiro informações relacionadas à realização das atividades por parte do aluno. É também por meio dessa API que o LMS pode decidir qual objeto de aprendizagem deve ser exibido em seguida ao aprendiz.

Apesar dos consideráveis avanços conquistados pela especificação SCORM, há ainda uma série de problemas relacionados a ela, que há anos inibem a sua popularização:

- Dificuldade de construção do objeto de aprendizagem: a montagem de um pacote PIF é, acima de tudo, uma tarefa complexa, mesmo para usuários experientes. São poucas as ferramentas disponíveis no mercado capazes de auxiliar neste processo;
- Alto custo de criação: muitas dessas ferramentas são desenvolvidas e mantidas por empresas de consultoria em SCORM. Ainda que o usuário tenha acesso a

uma versão capaz de ser executada em seu próprio computador, é necessário um esforço inicial considerável para utilizá-la de forma eficaz;

- Complexidade para a anotação de metadados: a especificação não detalha quais metadados são obrigatórios e quais são opcionais. Para agravar a situação, ferramentas de autoria compatíveis com SCORM fazem uso de esquemas distintos de representação;
- Dificuldade para a extração de metadados: são raras as ferramentas para a extração de metadados de objetos de aprendizagem compatíveis com SCORM;
- Impossibilidade de execução em dispositivos portáteis: por estarem limitados a um ambiente de execução JavaScript, objetos de aprendizagem SCORM acabam sendo incompatíveis com muitos dos dispositivos portáteis da atualidade.

3.1.3 Dublin Core

Semelhante ao IEEE LOM, o Dublin Core (WEIBEL et al., 1998) é um esquema de metadados que visa descrever objetos digitais, tais como, vídeos, sons, imagens, textos e sites na web. Aplicações de Dublin Core utilizam XML e o RDF (Resource Description Framework). Ao contrário do LOM, o Dublin Core não é exclusivo para a definição de recursos educacionais, mas descrever objetos digitais de uma maneira geral.

O Elemento de Metadados Dublin Core Simple consiste de quinze elementos de metadados. A Tabela 3.1 apresenta esses elementos.

Tabela 3.1: Metadados Dublin Core Simple.

Metadados Dublin Core Simple	
Title: Título	Creator: Criador
Subject: Assunto	Description: Descrição
Publisher: Editor	Contributor: Contribuidor
Date: Data	Type: Tipo
Format: Formato	Identifier: Identificador
Source: Origem	Language: Idioma
Relation: Relação	Coverage: Abrangência
Rights: Direitos	

O Dublin Core Qualificado é uma extensão opcional do padrão de metadados, adicionando as propriedades Audiência, Proveniência e Detentor de Direitos. Como se trata de uma extensão opcional, aplicações preparadas para trabalhar com o Dublin Core Simple não devem ter problemas ao utilizar descrições com o formato estendido.

Em relação aos problemas abordados neste trabalho, o comportamento do Dublin Core é semelhante ao LOM na solução dos problemas I e II, inclusive as definições da propriedade 7. *Relation* do LOM é baseada na definição da propriedade de mesmo nome do Dublin Core (LEARNING TECHNOLOGY STANDARDS COMITEE, 2002). Ou seja, a propriedade *Relation* pode ser usada para definir a dependência entre recursos (Problema II) e soluciona parcialmente o problema de recursos com requisitos específicos (Problema I). Em outro contexto, o Dublin Core não provê mecanismos para a construção flexível e integrada de estruturas de classificação do conteúdo dos recursos educacionais.

3.1.4 OAI-PMH

O *Open Archives Initiative Protocol for Metadata Harvesting* (LAGOZE; SOMPEL, 2003) é um protocolo desenvolvido pela *Open Archives Initiative* que define um mecanismo para obtenção de metadados em formato XML (Extensible Markup Language) a partir de repositórios abertos. Além de ser baseado em XML, o OAI PMH é baseado no protocolo HTTP (Hypertext Transport Protocol) para troca de informações sobre metadados, facilitando seu uso. Assim como o Dublin Core, este protocolo não é específico para acesso a metadados localizados em repositórios de recursos educacionais, inclusive sendo adotado em diversos tipos de repositórios.

Este protocolo é flexível quanto ao padrão de metadados utilizado, porém é comum que seja adotado minimamente o padrão Dublin Core Simple. Além disso, O OAI PMH não define ligação entre os recursos e seus metadados, assim provedores de recursos devem definir um link nos metadados para acessar o conteúdo. O formato Dublin Core (WEIBEL et al., 1998) fornece o elemento identificador, que pode ser usado para este propósito.

Desta forma, o OAI-PMH não configura uma contribuição na representação dos metadados dos recursos educacionais, mas seu uso contribui no compartilhamento e

acesso a esses metadados. Assim, não há contribuição direta desta abordagem na solução dos problemas discutidos neste trabalho.

3.1.5 LRMI

A *Learning Resources Metadata Initiative* (LRMI) (INITIATIVE, 2013) foi formada em resposta à crescente necessidade de facilitar a busca por recursos de aprendizagem on-line. Ela tem sido impulsionada em parte pela oportunidade criada pelo projeto *schema.org* para desenvolver e incentivar o uso de vocabulários de metadados, que podem ser usados para melhorar os resultados de busca.

Schema.org é uma comunidade colaborativa com a missão de criar, manter e promover esquemas para dados estruturados na Internet. Além de membros das empresas patrocinadoras (Google, Microsoft, Yahoo e Yandex), há uma participação significativa da comunidade Web, através de listas de discussão públicas. Sendo o *Schema.org Community Group*⁴ da W3C (World Wide Web Consortium) o principal fórum de discussão dos grupos.

Atualmente, o Schema.org possui um amplo conjunto de vocabulários nas mais diversas áreas, como: Trabalhos Criativos (Livros, Filmes, Séries, Músicas, Receitas), Eventos, Pessoas, Lugares, Produtos e Ações. O uso desses vocabulários padroniza a representação da informação e podem ser utilizadas para descrição dos recursos educacionais

A LRMI se baseia no princípio de que quando grande parte dos conteúdos educacionais estiverem classificados de acordo com um arcabouço (vocabulário) universal, será muito mais fácil encontrar e filtrar o seu conteúdo, abrindo novas possibilidades para a busca e reuso de recursos educacionais. Assim, o uso de um vocabulário padrão compartilhado por diferentes repositórios e aplicações resolverá problemas relacionados à ambiguidades semânticas e também problemas envolvendo características culturais.

A Tabela 3.2 mostra as propriedades da LRMI. Destas propriedades, destaca-se a propriedade *about* que define o conteúdo dos recursos e o valor esperado para essa propriedade é definido pelo tipo *schema.org/Thing* que é a entidade mais genérica dos vocabulários definidos pelo Schema.org. Ou seja, com esta propriedade é possível

⁴<http://www.w3.org/community/schemaorg>

relacionar o conteúdo do recursos educacional a qualquer termo definido por esses vocabulários.

Neste contexto, a propriedade *about* possibilita a representação dos conteúdos dos recursos educacionais, definidos através dos vocabulários do Schema.org. Assim, esta propriedade se relaciona com o **problema III** discutido neste trabalho, que discute a necessidade de flexibilidade nas estruturas de classificação dos recursos educacionais. Entretanto, não há nesses vocabulários a estruturação inerente aos modelos de classificação de recursos educacionais, como por exemplo o sequenciamento de tópicos. Em outras palavras, o conteúdo dos recursos representado através da propriedade *about* da LRMI não define o contexto pedagógico dos recursos educacionais. Assim, não é possível distinguir o contexto de dois recursos relacionados a um mesmo termo, mesmo que estes contextos sejam diferentes, como descrito na Seção 2.1.3.

Em outra perspectiva, a propriedade *educationalAlignment* permite ao alinhamento do recurso com diferentes arcabouços educacionais definidos pela entidade *schema.org/AlignmentObject*. Um *AlignmentObject* possui um tipo de alinhamento (*AlignmentType*) que pode ser utilizada para definir a noção de requisitos entre os recursos e conceitos, envolvendo assim uma solução para os problemas I e II deste trabalho. Entretanto, a definição desta propriedade não é relacionada a conceitos do vocabulários do Schema.org, mas somente é definido que o valor destas propriedades é no formato de texto. Por um lado, esta liberdade possibilita que esta propriedade defina que um recurso necessite de outro recurso ou de um conceitos, caracterizando uma solução para ambos os problemas (I e II). Por outro lado, a ausência de uma definição mais precisa no valor desta propriedade dificulta a interpretação automatizada destes valores e, conseqüentemente, a construção de ferramentas que consumam entres recursos educacionais.

3.1.6 SeeOER

O SeeOER (Search EnginE for Open Education Resources)(GAZZOLA; CIFERRI; GIEMENES, 2014) é uma arquitetura desenvolvida para um mecanismo de busca na Web por Recursos Educacionais que visa a resolução de conflitos em nível de esquema e em nível de instância, oriundos do uso de diferentes padrões de metadados, repositórios

Tabela 3.2: Metadados LRMI.

Metadados	Descrição	Valores esperados
name	O título do recurso	schema.org/Text
about	O conteúdo do recurso	schema.org/Thing
dateCreated	Data de criação do recurso	schema.org/Date
author	O indivíduo que criou o recurso	schema.org/Person
publisher	A organização que é creditada a edição do recurso	schema.org/Organization
inLanguage	A língua primária do recurso	schema.org/Language
license	O Documento de Licença que é aplicado ao recurso.	URL ou schema.org/Creative-Work
educational Alignment	Alinhamento a um arcabouço educacional estabelecido	schema.org/Alignment-Object
educational Use	Formato de uso comum do recurso. Exemplos: trabalho em grupo, atividade	schema.org/Text
timeRequired	Duração média de uso do recurso	schema.org/Duration
typicalAge Range	Idade predominante do público alvo do recurso	schema.org/Text
interactive Type	Tipo predominante que caracteriza o modo de aprendizado do recurso educacional. Tipos suportados: Ativo, Expositivo e Misto	schema.org/Text
learningResource Type	Tipo do recurso educacional. Exemplos: Apresentação, Atividade, Discussão	schema.org/Text
isBasedOnUrl	Um recurso que foi utilizado na criação deste recurso	schema.org/URL

e plataformas de recursos.

Foram usados no desenvolvimento desta arquitetura cinco padrões de metadados que facilitam a catalogação, pesquisa e reutilização de recursos educacionais, são eles: o Dublin Core, IEEE LOM, Protocolo Open Graph (OGP), MathML e Vídeo Sitemaps. Os dois primeiros foram apresentados anteriormente neste capítulo. O Protocolo Open Graph (OGP) foi criado pelo Facebook. Ele requer apenas 4 informações essenciais: o título, o tipo, uma imagem miniatura e um URL. Porém, ele possui muitos outros metadados opcionais como metadados para localização (latitude, longitude) e para vídeos (resolução e o tipo), além de outros (FACEBOOK, 2014). O MathML é uma recomendação da W3C. Ele é uma especificação para descrever as expressões matemáticas nas páginas da Web (AUSBROOKS et al., 2003). O Vídeo sitemaps representa uma forma de se incluir metadados em vídeos e áudios. Ele é um arquivo XML que lista os URLs de um site junto com metadados adicionais sobre cada URL (SITEMAPS.ORG, 2008).

Neste contexto, o SeeOER possibilita a integração de repositórios que utilizem os padrões de metadados descritos acima, criando um ponto único de consulta que permite realizar buscas e acessar recursos desses repositórios. Desta forma, o processo de busca e reuso de recursos educacionais é facilitado, visto que os consumidores não necessitam navegar por diferentes repositórios, lidar com diferentes interfaces, mecanismos de consulta e padrões de metadados.

Do ponto de vista dos problemas abordados no Capítulo 2, assim como o protocolo OAI-PMH, o SeeOER apenas fornece mecanismos para obter metadados e obter recursos. Assim, não há mecanismos que estendam os padrões de metadados em vista de solucionar aqueles problemas.

3.2 Abordagens de Enriquecimento de Metadados para Recursos Educacionais

Nesta Seção, serão apresentadas abordagens que buscam enriquecimento dos metadados dos recursos educacionais para facilitar sua busca e reuso.

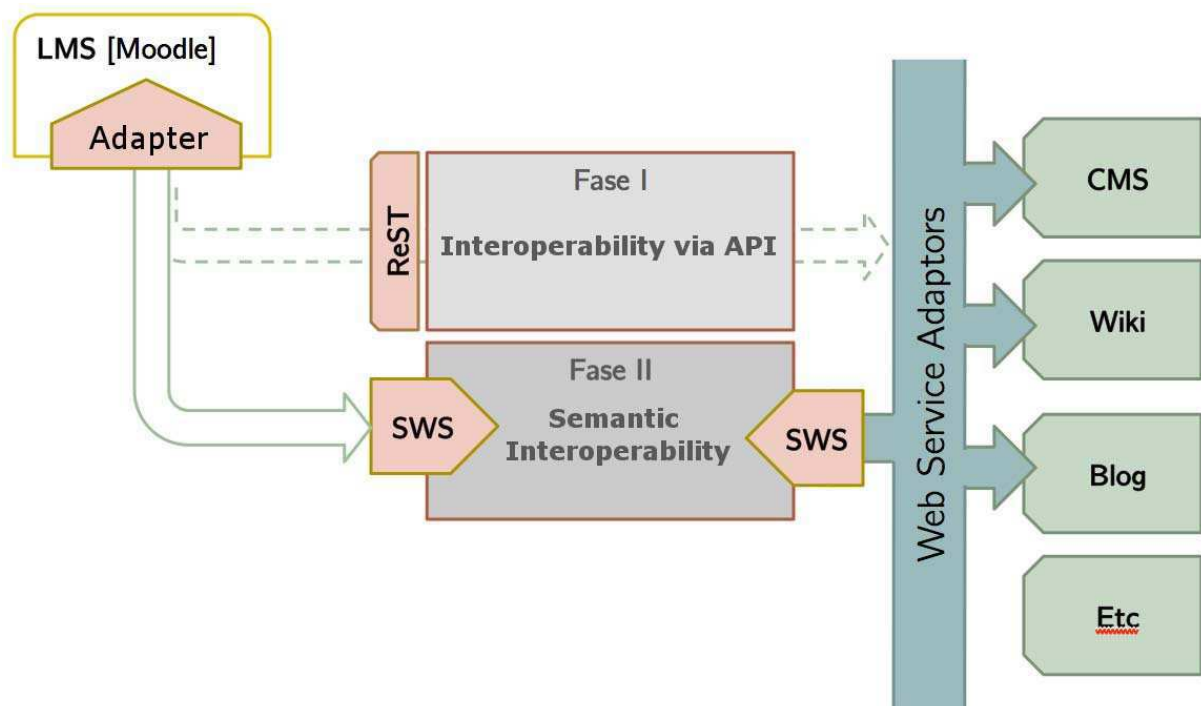
A LRMI, apresentado na Seção anterior, também é uma abordagem que enriquece os metadados através do uso dos Vocabulários do Schema.org. Entretanto, por ele

propor um conjunto de metadados foi classificado na Seção de Padrões de Metadados. Por outro lado, as abordagens apresentadas nesta Seção focam no enriquecimento dos metadados já existentes e não na definição destes metadados.

3.2.1 ASCETA Project

O objetivo do projeto ASCETA (DODERO et al., 2015) é aprimorar a integração de recursos, aplicações e serviços disponíveis na Web mantendo as características em que eles foram originalmente desenvolvidos. Nesta perspectiva, a plataforma ASCETA define serviços web semânticos (MARTIN et al., 2007) para prover a interoperabilidade semântica entre os consumidores dos recursos, principalmente Ambientes Virtuais de Aprendizagem, e os provedores de recursos, como repositórios, Wikis, Blogs, etc. A Figura 3.2 mostra a arquitetura da plataforma ASCETA.

Figura 3.2: Arquitetura da plataforma ASCETA, retirado de (DODERO et al., 2015).



Este projeto propõe o desacoplamento entre consumidores e provedores através de descrições semânticas dos serviços. Desta forma, quando o serviço de um provedor for alterado não implica diretamente em mudanças na programação do consumidor, mas alterações pouco invasivas na seleção de serviços, de modo a adaptá-la em relação as

mudanças da nova descrição do serviço.

Além disso, esta proposta utiliza a representação dos recursos baseados no padrão LOM agregando vocabulários do *Schema.org*, numa abordagem semelhante a adotada pela LRMI. Ou seja, é buscado o enriquecimento dos metadados do LOM através desses vocabulários formais.

Desta forma, este trabalho não apresenta extensões aos metadados do LOM, apenas seu enriquecimento. Trazendo para o contexto dos problemas discutidos no Capítulo 2, o enriquecimento dos metadados do padrão LOM não diminua as limitações desse padrão, já discutidas na Seção 3.1.1. Enfim, a plataforma ASCETA não provê mecanismos para a definição de requisitos específicos para recursos educacionais (Problema I), nem mecanismos para classificação flexível e integrada do conteúdo desses recursos. Por outro lado, assim como no LOM, a propriedade *requires* do LOM define a dependência entre recursos (Problema II).

Em resumo, este projeto acrescenta o uso de vocabulários formais do *Schema.org* para enriquecimento dos padrões de metadados do LOM. Apesar da clara contribuição no enriquecimento desses metadados, não há contribuição especificamente como solução para os problemas abordados no Capítulo 2. O foco deste trabalho está na interoperabilidade semântica entre provedores e consumidores de recursos educacionais através do uso de serviços web semânticos.

3.2.2 LOM Ontology

Buscando prover metadados com mais semântica, Koutsomitropoulos et al. (2010) propõem uma ontologia como extensão do padrão IEEE LOM, adicionando semântica a sua descrição. A necessidade desta ontologia surgiu com a necessidade de incorporar o padrão ao repositório educacional da Universidade de Patras⁵. Este repositório adotava um padrão baseado no Dublin Core e estes precisavam ser integrados/mapeados ao padrão LOM.

Neste contexto, o uso de ontologias provê mecanismos para mapeamento entre dois formatos de dados (SHOSHA; DEBRUYNE; O'SULLIVAN, 2015). Assim, este trabalho busca inicialmente a construção de uma ontologia para descrever o padrão LOM, para

⁵<http://repository.upatras.gr/dspace/>

que seja possível o seu mapeamento com os termos do padrão Dublin Core.

Para a construção dessa ontologia, foi realizado um estudo para verificar os atributos que são diretamente compatíveis entre o LOM e o Dublin Core. Por exemplo, os elementos LOM *Title*, *Language* e *Contribute* são diretamente mapeados aos elementos *dc.title*, *dc.language* e *dc.contributor*. Para os atributos que não possuem mapeamento direto, foram utilizadas as recomendações do documento *IEEE Draft Recommended Practice for Expressing IEEE Learning Object Metadata Instances Using the Dublin Core Abstract Model* (LTSC, 2008).

A ontologia construída representa explicitamente os valores e vocabulários LOM como entidades formais, permitindo a sua classificação e associação com termos do padrão Dublin Core através de relações bem definidas.

Nesta perspectiva, enquanto a plataforma ASCETA enriquece os metadados LOM através de vocabulários formais nos valores dos metadados, esta abordagem enriquece semanticamente os próprios metadados do LOM através de uma ontologia. Entretanto, assim como a plataforma ASCETA, esta abordagem não apresenta inclusão ou mudança de metadados ao padrão LOM. Assim, sem uma extensão significativa nestes metadados não há melhora como solução dos problemas relatados neste trabalho (Capítulo 2).

3.2.3 OBAA

O projeto Objetos de Aprendizagem Baseados em Agentes (OBAA) (BEHR; PRIMO; VICARI, 2014) foi desenvolvido pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) em parceria com a Universidade do Vale dos Sinos (UNISINOS) e visa lidar com questões de interoperabilidade de recursos educacionais em diversas plataformas. O objetivo principal do projeto foi de estabelecer uma especificação padronizada para os requisitos técnicos e funcionais de uma plataforma de produção, edição e distribuição de recursos educacionais.

O padrão OBAA é uma extensão do padrão LOM, ou seja, o conjunto completo de metadados do OBAA é formado por todas as categorias do LOM, com mais alguns metadados, complementando as categorias técnica e educacional; além de duas categorias novas relativas a aspectos de acessibilidade e segmentação. Nos metadados educacionais envolvidos nessa extensão, destaca-se a adição de uma propriedade para

determinar o tipo do conteúdo educacional (exemplos: relativos a fatos, conceitos, procedimentos ou atitudes), a forma de interação com o usuário do recurso e a estratégia didática mais adequada para se trabalhar o recurso educacional.

Além dessas extensões, de maneira similar ao trabalho de Koutsomitropoulos et al. (2010), foi construída a ontologia OBAA para representação dos metadados (GLUZ; VICARI, 2012). Assim, é proposto a extensão dos metadados descritos no LOM e o enriquecimento dos metadados através da descrição semântica dos conceitos.

Apesar destas adições nas propriedades ao padrão LOM, os metadados adicionados Ontologia OBAA não apresentam contribuição para a solução dos problemas I e II além das que já foram discutidas no padrão LOM e na LOM Ontology (KOUTSOMITROPOULOS et al., 2010).

Em outra perspectiva, uma extensão desse trabalho (GLUZ; SILVA; VICARI, 2014) propõe o alinhamento de ontologias para aumentar a semântica na busca por recursos educacionais. Neste contexto, o foco deste alinhamento se dá para resolver problemas de conflitos de nomes, escalas e unidades e de confusão por motivos temporais.

O alinhamento de ontologias pode ser utilizado como parte da solução do problema III, que discute a necessidade de estruturas flexíveis e integradas para classificação dos recursos educacionais. Ou seja, o alinhamento de ontologias pode ser utilizado na integração de diferentes estruturas de classificação de recursos. Entretanto, o foco definido para esta abordagem não contribui diretamente para o alinhamento dessas estruturas.

3.2.4 mEducator

Ontologias de Domínio podem ser utilizadas como vocabulário para descrição semântica dos recursos educacionais. Isto tem sido demonstrado com sucesso por projetos focados em domínios específicos, como Linked Data Life (www.linkedlifedata.com) na área biomédica (MOMTCHEV et al., 2009) e Organic.Edunet (www.organic-edunet.eu) em agricultura orgânica e agroecologia (EBNER et al., 2009). Mas o projeto que tem ganhado destaque por sua maturidade e uso de tecnologias inovadoras para representação de recursos educacionais é o mEducator (YU et al., 2011).

A base de dados do mEducator integra recursos educacionais na área de medicina

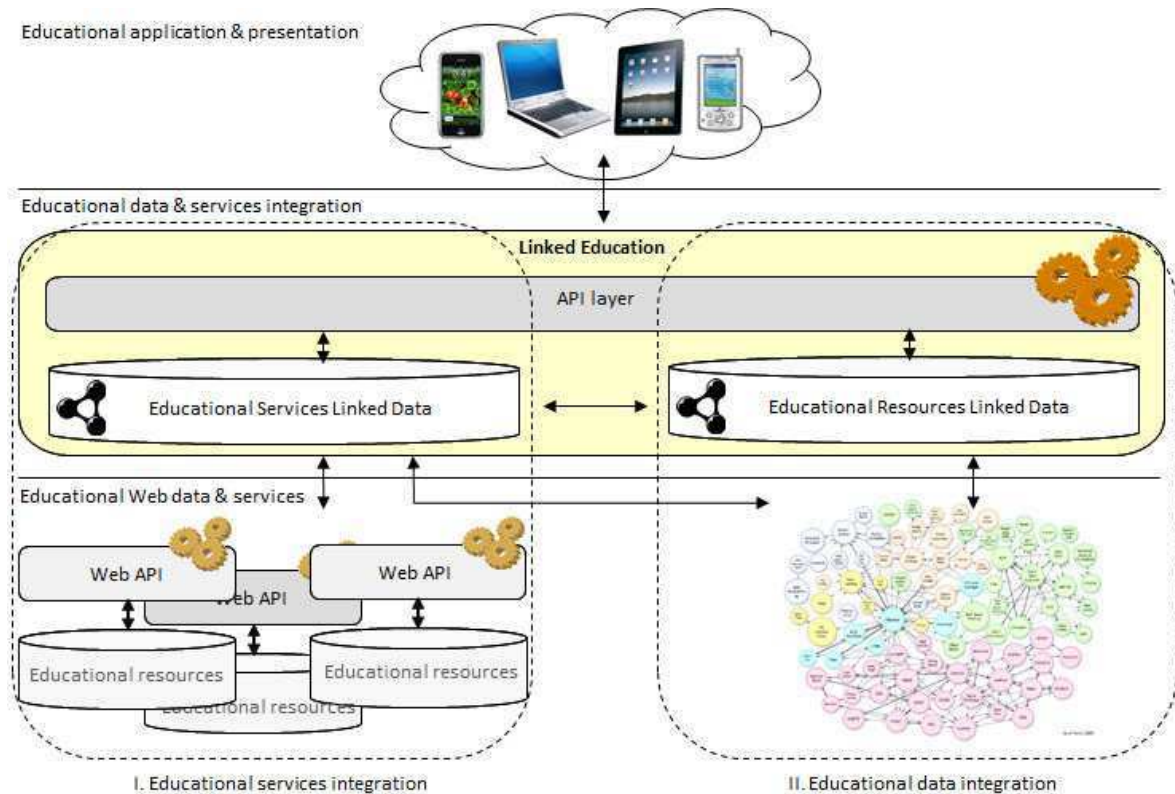
provenientes de 10 repositórios educacionais heterogêneos, utilizando mecanismos para recuperação de modelos e formatos heterogêneos e transformação em um schema RDF unificado, também utilizando técnicas de enriquecimento e classificação baseados em *Linked Data* (Dados Conectados) (HITZLER; JANOWICZ, 2013). Essa base de dados é atualizada diariamente por técnicas de coleta dinâmica de metadados de recursos educacionais utilizando APIs e serviços Web dos repositórios.

O schema de dados do mEducator(MITSOPOULOU et al., 2011) foi construído com base nos padrões mais adotados, como o LOM e o Dublin Core. A partir destes metadados, foi realizado um estudo para identificar os conceitos, vocabulários e propriedades mais utilizados nos repositórios da área de medicina. Esses dados foram reunidos dentro de um modelo unificado que foi depois estendido por especialistas no domínio de educação médica. Ainda que tenha o objetivo de ser usável e leve, mas também suficientemente abrangente, o schema de metadados do mEducator abrange os aspectos mais utilizadas do recursos educacionais - desde as mais básicas, como título e descrições aos mais sofisticados, como resultados de aprendizagem e modelos de licenciamento.

O mEducator utiliza a linguagem RDF (Resource Description Framework) para descrever e unificar os metadados vindos de repositórios heterogêneos. Desta forma, estes metadados são enriquecidos semanticamente pelo uso da RDF para representação formal dos metadados dos recursos educacionais. Para esse enriquecimento semântico são utilizados vocabulários de comunidades de Dados Conectados. A Figura 3.3 mostra a visão geral dessa abordagem.

O mEducator é uma das abordagens mais completas no que diz respeito ao enriquecimento de metadados de recursos educacionais e uso de tecnologias de Dados Conectados e Web Semântica para possibilitar a interoperabilidade semântica entre repositórios educacionais. Na Figura 3.3, no lado direito são representados os vocabulários de Dados Conectados e a definição dos metadados para recursos educacionais. No lado esquerdo, são ilustrados os repositórios dos recursos educacionais e a camada de serviços semânticos que são utilizados para coleta de metadados e acesso aos recursos. Por fim, na parte superior é mostrada a *API layer* que fornece o acesso aos recursos e mecanismos de buscas para consumidores heterogêneos.

Figura 3.3: Overview da abordagem de integração de recursos educacionais do mEducator, imagem retirada de (DIETZE et al., 2012).



No contexto dos problemas discutidos no Capítulo 2, o schema de dados do mEducator define a propriedade *educationalPrerequisites* que define os requisitos necessários em termos de conhecimentos prévios e capacidades para o uso eficiente do recurso. Esta propriedade atende diretamente ao problema I que define a necessidade de descrever requisitos específicos dos recursos educacionais. Como limitação desta solução, esta propriedade é definida por texto livre, sem especificação formal dos requisitos. Assim, o uso de um vocabulário formal facilita a construção de ferramentas que interpretem estes requisitos e tomem decisões em relação ao uso do recurso educacional.

Do ponto de vista da dependência entre recursos educacionais (Problema II), não há propriedade específica para definir esse tipo de dependência. A propriedade *educationalPrerequisites* não foi criada para especificar este tipo de relacionamento. Em outra perspectiva, utilizando esse modelo de dados é possível utilizar as propriedades *Creator* e *Discipline* para inferir relações entre recursos que foram criados por um mesmo autor para uma disciplina, indicando a possibilidade de dependência entre esses recursos.

Essa inferência pode gerar um alerta ao consumidor destes recursos para que ele esteja ciente da possibilidade de dependência entre recursos. Entretanto, esta informação deveria estar clara no modelo para facilitar a identificação deste problema.

Em relação ao problema III, a classificação do recurso quanto a seu conteúdo é feita através da propriedade *Subject/Keywords* que possuem valores definidos por vocabulários de Dados Conectados, como SKOS (Simple Object Knowledge Organization). Por um lado, o uso destes vocabulários permite a definição formal do conteúdo dos recursos educacionais, por outro lado esses vocabulários não foram concebidos para representar as características dos recursos educacionais. Ou seja, nesses vocabulários não há informações pedagógicas sobre o relacionamentos entre os recursos, como, por exemplo, a ordem de sequenciamento em um curso.

3.2.5 INTUITEL

Diante da elevada taxa de evasão em MOOCs (Massive Open Online Courses) (DAB-BAGH et al., 2016), o projeto INTUITEL (HENNING et al., 2014) propõe um modelo baseado em Caminhos de Aprendizagem (Learning Pathways) para prover flexibilidade e adaptabilidade no processo de aprendizagem em MOOCs. Nesta proposta, o professor define caminhos de aprendizagem que devem ser utilizados em um curso, para cada etapa contida nestes caminhos são disponibilizados um conjunto de recursos educacionais. A escolha dos recursos educacionais é baseada no perfil do estudante que está utilizando o sistema.

Ou seja, dois estudantes percorrendo o mesmo caminho de aprendizagem podem utilizar diferentes recursos de acordo com seu perfil. Desta forma, a personalização dos recursos é utilizada como uma ferramenta para evitar o choque cultural dos estudantes e, conseqüentemente, reduzir a taxa de evasão dos MOOCs.

Neste contexto, os Caminhos de Aprendizagem do INTUITEL são estruturas flexíveis que são definidas pelo professor para classificar (representar) os recursos educacionais, ou seja, esta proposta está relacionada ao problema III. Inclusive, os Caminhos de Aprendizagem são definidos por uma Ontologia de Topo, ou seja, existe uma descrição semântica para essas estruturas. Em contrapartida, uma limitação desta abordagem é a ausência de estruturas/mecanismos para conectar diferentes caminhos de aprendiza-

gem. Ou seja, esta abordagem provê mecanismos para criação de estruturas flexíveis de cursos para representação de recursos educacionais, mas não provê mecanismos para o mapeamento entre eles.

Do ponto de vista dos outros dois problemas (I e II), o projeto INTUITEL define o SLOM⁶ (Semantic Learning Object Model) e uma Ontologia Pedagógica⁷ para a representação semântica dos metadados dos recursos educacionais. Até onde as pesquisas deste trabalho avançaram, o SLOM e a Ontologia Pedagógica não são baseadas em outros padrões como o LOM e o Dublin Core, mas foram construídas com o objetivo de possibilitar a definição dos Caminhos de Aprendizagem. Após análise destes padrões não foi possível encontrar metadados que contribuam na solução dos problemas I e II.

3.2.6 Uso de Vocabulários de Dados Conectados

Em outra perspectiva, algumas abordagens adotam vocabulários que não são restritos a um domínio específico, como DBpedia (BIZER et al., 2009). A DBpedia é um esforço comunitário para extrair informações estruturadas da Wikipedia⁸, tornando estas informações disponíveis na Web. A DBpedia permite que você faça perguntas sofisticadas sobre informações na Wikipedia, opcionalmente incluindo ligações com outras fontes de dados ligados na Web. Desta forma, o vocabulário definido pela DBpedia pode ser utilizado para enriquecer as descrições dos recursos educacionais.

Por exemplo, Vidal et al. (2014) utilizam um sub-grafo dos conceitos do DBpedia para descrever semanticamente cada recurso, enquanto as outras abordagens definem os relacionamentos entre os recursos educacionais a um único conceito ou a um conjunto de conceitos através da múltipla definição da propriedade de relacionamento. Este trabalho possibilita que um recurso seja relacionado a um conjunto de conceitos conectados em um estrutura de grafo. Assim, a representação destes recursos ganha uma melhor descrição do contexto que esteja inserido.

Em uma outra abordagem, Dietze et al. (2013) apresentam uma abordagem socio-semântica para integrar recursos educacionais e utiliza DBpedia como fonte principal de

⁶http://www.intuitel.de/wp-content/uploads/2015/06/INTUITEL_318496_D4_1_SLOM.pdf

⁷http://www.intuitel.de/wp-content/uploads/2015/06/INTUITEL_318496_D2_1_PedagogicalOntology.pdf

⁸<http://wikipedia.com>

vocabulário formal. Nesta perspectiva, o uso da ampla base de conhecimento disponibilizada pela DBpedia é utilizada para enriquecer as descrições dos recursos educacionais.

Por fim, Piedra et al. (2014) utiliza o DBpedia e conceitos de Dados Conectados para integrar recursos educacionais no contexto de MOOCs. Esta proposta facilita a inclusão de recursos educacionais em cursos online massivos. Para isso, um serviço é disponibilizado para permitir que usuários descubram e acessem recursos abertos que são extraídos de repositórios públicos e enriquecidos com o vocabulário da DBpedia.

Em resumo, abordagens que utilizam o DBpedia para enriquecimento dos metadados do recursos educacionais ganham pela descrição formal de seus recursos por um vocabulário amplamente adotado e que constitui um dos pilares das tecnologias de Dados Conectados (*Linked Data*). Por outro lado, DBpedia é um vocabulário genérico que é utilizado em diversos domínios. Desta forma, ele carece de informações pedagógicas que ajudariam na solução dos problemas descritos no Capítulo 2.

3.3 Análise Comparativa

A fim de posicionar a solução proposta em relação ao estado da arte, realizou-se uma análise comparativa entre os principais trabalhos presentes na literatura e a solução proposta neste trabalho. Para realização dessa análise, foram definidos como critério 6 características que relacionados à solução dos três problemas discutidos no Capítulo 2. As características definidas são apresentadas abaixo:

1. **Mapeamento entre estruturas de curso:** capacidade da solução analisada prover mecanismos para o relacionamento entre as estruturas de cursos;
2. **Descrição Semântica:** analisar o nível de descrição semântica na representação dos recursos educacionais;
3. **Estrutura Flexível:** capacidade da solução de estruturar os recursos de modo personalizado.
4. **Restrição à Domínio:** verificar se a solução é direcionada a um domínio específico;

5. **Dependência entre Recursos:** avaliar se a solução possibilita representar a dependência entre dois recursos educacionais;
6. **Requisitos Específicos:** avaliar se a solução possibilita indicar a dependência de um recurso a um requisito específico.

A partir das características definidas, analisamos os trabalhos selecionados e compilamos os resultados na tabela 3.3. Alguns trabalhos apresentados neste Capítulo não foram incluídos nessa análise por não acrescentarem contribuições significativas para a solução dos problemas discutidos no Capítulo 2, como o OAI-PMH e o SeeOER, ou tiveram suas contribuições extendidas por outros trabalhos analisados, como o LOM e o Dublin Core. Os trabalhos selecionados foram:

1. mEducator (YU et al., 2011);
2. LRMI (INITIATIVE, 2013);
3. Projeto ASCETA (DODERO et al., 2015);
4. LOM Ontology (KOUTSOMITROPOULOS et al., 2010);
5. OBAA (BEHR; PRIMO; VICARI, 2014);
6. INTUITEL (HENNING et al., 2014);
7. Abordagem proposta neste trabalho.

Como pode-se ver na Tabela 3.3, o problema de requisitos específicos (problema I) somente tem soluções propostas pelo mEducator e o trabalho aqui apresentado. Os outros trabalhos, não apresentam mecanismos específicos para determinar conteúdos que são requisitos específicos para o uso de um recurso educacional. Como argumentado anteriormente, uma das limitações da solução proposta pelo mEducator é o fato da propriedade que indica estes requisitos é definido em texto livre e não através de um vocabulário bem definido, o que dificulta a construção de mecanismos que interpretem estes requisitos.

Em relação ao problema de dependência entre recursos (problema II), várias abordagens apresentam soluções para indicar a dependência entre recursos. Como já discutido

Tabela 3.3: Análise dos trabalhos relacionados

Funcionalidades		1	2	3	4	5	6	7
Descrição Semântica	Vocabulários de Dados Conectados	✓	✓	✓		✓		
	Ontologia de Domínio	✓		✓				
	Ontologia de Topo				✓	✓		✓
Mapeamento entre estruturas de curso								✓
Estruturação Flexível							✓	✓
Restrição a Domínio		✓						
Dependência entre Recursos			✓	✓	✓	✓		✓
Requisitos Específicos		✓						✓

anteriormente, apesar da boa usabilidade destas abordagens, ainda há uma lacuna na definição do grau de dependência entre recursos já que nessas abordagens a definição de dependência é absoluta. Além disso, um ponto que deve ser discutido é o uso incorreto da definição da dependência entre recursos para indicar um requisito específico de um recurso que poderia ser tratado por um recursos diferente.

Por fim, em relação ao problema de classificação de recursos educacionais em estruturas flexíveis e integradas (problema III), apenas o INTUITEL apresenta o mecanismo de Caminhos de Aprendizagem que permite a criação de estruturas flexíveis para a classificação de recursos educacionais. Entretanto, esta abordagem não possui mecanismos para mapear pontos comuns de diferentes estruturas.

Em resumo, percebe-se que os problemas discutidos no Capítulo 2 não são completamente resolvidos pelas abordagens apresentadas neste Capítulo. Ainda que o problema II seja tratado por algumas abordagens, ainda há lacunas nessas soluções que precisam ser resolvidas, principalmente na representação de diferentes níveis de dependência entre recursos. Os problemas I e III são tratados por algumas abordagens, mas de maneira incompleta.

Capítulo 4

Modelo Conceitual para Representação e Compartilhamento de Recursos Educacionais

Diante dos problemas discutidos e analisados nas seções anteriores este trabalho propõe uma abordagem de Integração de recursos educacionais. Inicialmente, apresentaremos as funcionalidades presentes nesta abordagem e como estas podem preencher as lacunas descritas nas seções anteriores. Estas funcionalidades servirão como guia para a construção de um *Modelo Conceitual* para representação dos recursos educacionais visando seu compartilhamento.

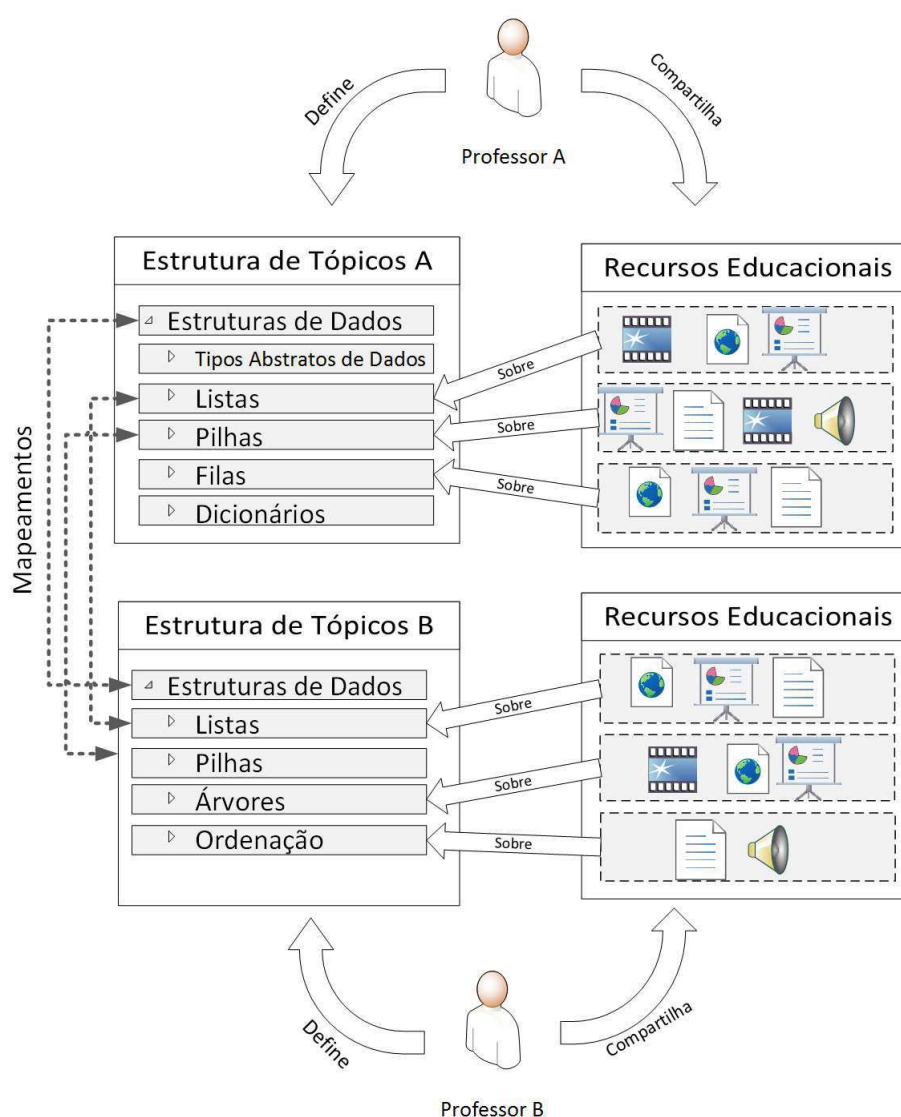
O Problema III apresentou o problema onde recursos criados em diferentes contextos precisam de diferentes estruturas de classificação. Neste contexto, a proposta da abordagem de integração é a flexibilização na definição das estruturas de classificação de recursos educacionais. Enquanto outras abordagens definem uma Ontologia de Domínio ou um vocabulário de Dados Conectados para a classificação dos recursos, na abordagem proposta o usuário do modelo é responsável por definir essa estrutura.

Ou seja, a estrutura de classificação dos recursos educacionais é flexível e pode ser alterada de acordo com as necessidades do usuário. Em resumo, os usuários podem definir a estrutura de tópicos para representar o conteúdo dos recursos de acordo com suas necessidades, diferente de outras abordagens definem uma estrutura fixa e estática.

A Figura 4.1 ilustra como o professor (usuário da abordagem proposta) é respon-

sável por definir a estrutura de tópicos que vai anotar os recursos que ele está compartilhando. Desta forma, um outro professor que tenha uma visão diferente em relação à estruturação dos tópicos pode criar sua própria estrutura. Entretanto, é importante ressaltar que estas estruturas não são desconexas, a abordagem de integração também tem ferramentas que possibilitam o mapeamento entre os pontos em comum das estruturas criadas. Desta forma, o modelo permite que as diferentes visões sejam representadas, mas mantém a integração dos pontos em comum.

Figura 4.1: Abordagem com estrutura flexível para representação de Recursos Educacionais.



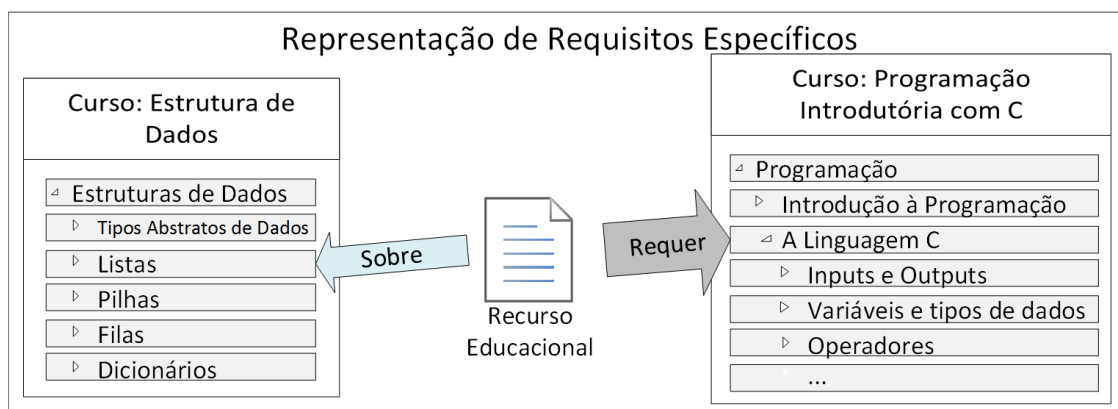
Entretanto, uma nova estrutura de classificação só deve ser criada após uma análise que conclua que nenhuma das estruturas existentes satisfazem as necessidades do

usuário (contexto dos recursos). O reúso de estrutura facilita o processo de compartilhamento de recursos e evita que informação redundante seja inserida na estrutura.

Ao criar um nova estrutura de classificação, o usuário define os tópicos que farão parte do modelo. Estes tópicos são organizados de maneira hierárquica, definindo a noção de tópico e sub-tópico. Além disso, os tópicos também seguem uma estrutura de sequência que define a ordem que esses tópicos devem ser apresentados em um curso. Essa estrutura de sequência permite inferir que a compreensão dos conteúdos de um tópico necessita dos conteúdos presentes nos tópicos anteriores.

O Problema em Aberto I coloca a necessidade de representação de requisitos específicos dos recursos educacionais, ou seja, requisitos que são necessários para a completa compreensão especificamente deste recurso e não necessariamente dos demais recursos sobre o mesmo conteúdo. Desta forma, além da estrutura de sequência que define a ordem dos tópicos, o usuário pode declarar explicitamente um requisito específico de um determinado recurso, como mostrado na Figura 4.2.

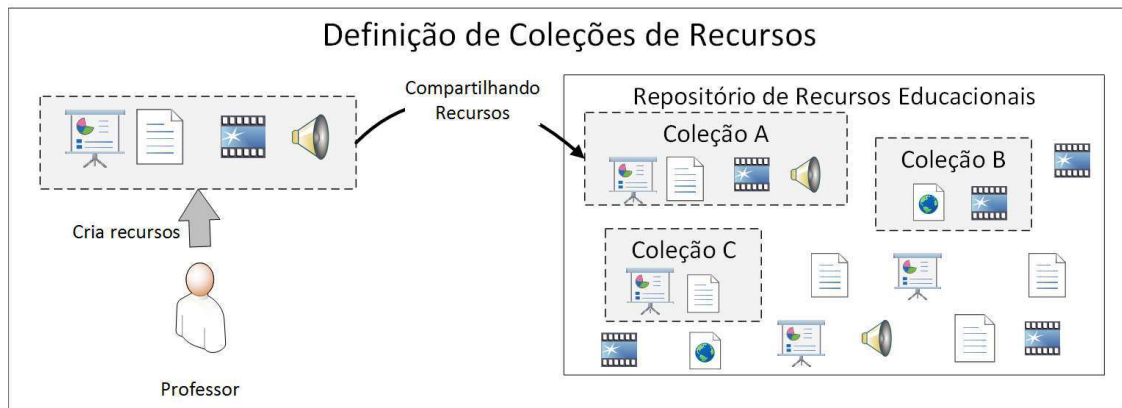
Figura 4.2: Declaração explícita de requisitos específicos dos recursos educacionais, onde o recurso é associado ao um tópico que representa seu conteúdo (Sobre) e outro que é um requisito específico.



Por fim, o Problema em Aberto II discute a interdependência entre recursos educacionais, ou seja, esse problema discute cenários onde recursos educacionais possuem forte acoplamento, caracterizando a necessidade de seu uso em conjunto para sua completa compreensão. O modelo conceitual deve permitir a identificação de recursos que foram construídos em conjunto, dentro de um mesmo contexto, como mostrado na Figura 4.3. Essa identificação alerta ao usuário do modelo que estes recursos podem

possuir algum nível de acoplamento, cabendo ao usuário avaliar se eles podem ser utilizados separadamente ou não.

Figura 4.3: Representação de coleções de recursos em um repositório, onde a coleção representa que um conjunto de recursos foi criado pelo mesmo autor para o uso em um mesmo contexto.



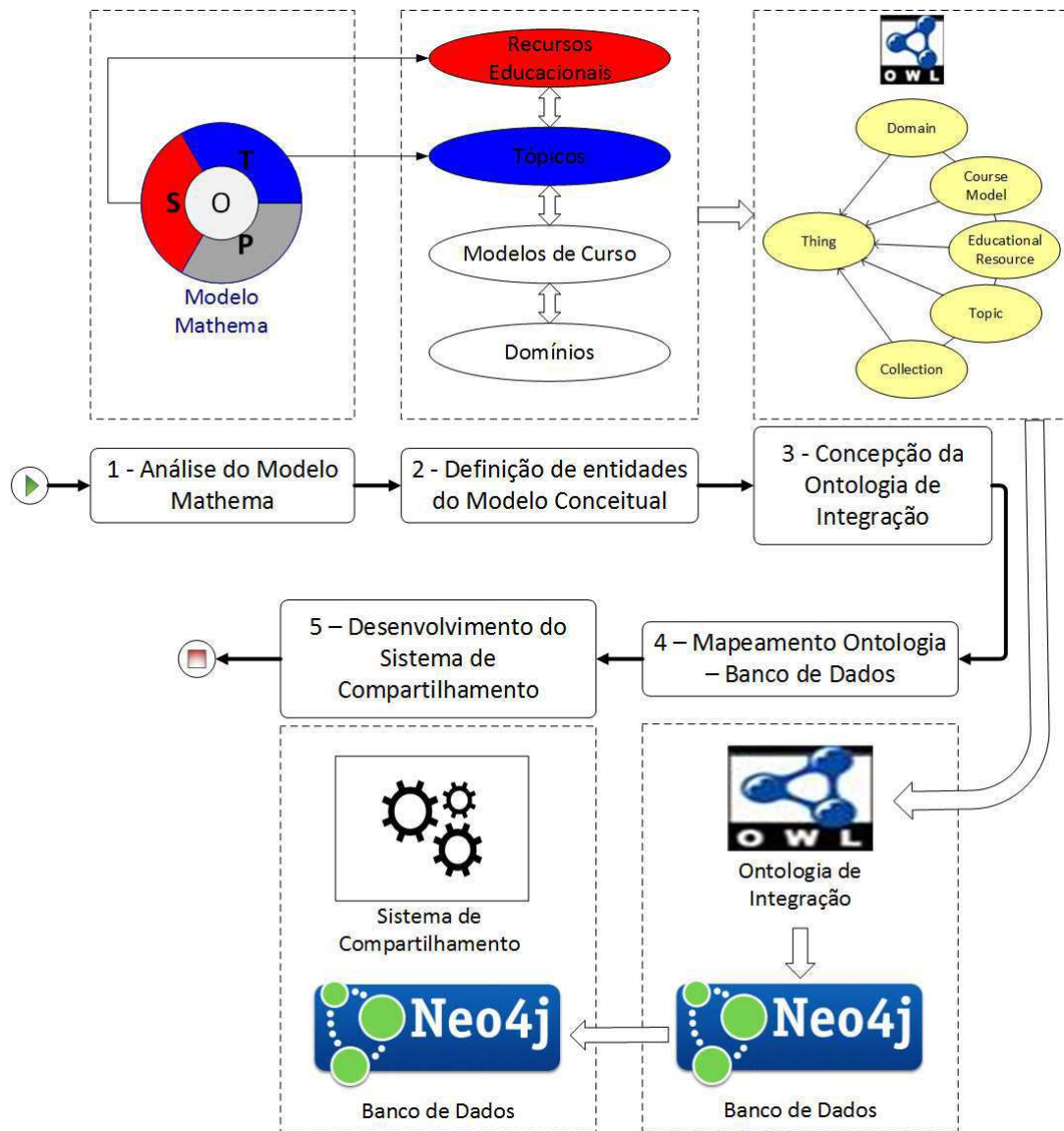
Desta forma, o Modelo Conceitual da abordagem proposta foi construído visando contemplar as funcionalidades discutidas nesta Seção. Nas próximas seções será apresentado o processo de construção e a formalização do Modelo.

4.1 Processo de Desenvolvimento

Nesta Seção será apresentado o processo de desenvolvimento do Modelo Conceitual para representação de recursos educacionais e o sistema de compartilhamento de recursos baseado nesse modelo. As etapas deste processo serão detalhadas a seguir:

Etapa 1 - Análise do Modelo Mathema - A estrutura de curriculum do Modelo Mathema(COSTA; PERKUSICH; FERNEDA, 1998) foi utilizado como base conceitual para a construção do modelo aqui proposto. Este modelo foi escolhido por definir de maneira formal e flexível a estrutura de tópicos para representação de domínios do conhecimento. Assim, foi conduzida uma análise em busca de identificar as estruturas presentes neste modelo que poderiam ser reutilizadas no Modelo Conceitual proposto neste trabalho. O resultado desta análise levou a seleção das estruturas de Suporte e Tópicos para representar os recursos educacionais e seus tópicos de classificação, respectivamente. A definição deste modelo

Figura 4.4: Processo de desenvolvimento do Modelo Conceitual e o sistema de compartilhamento de recursos.



e sua análise é descrita na Seção 4.2

Etapa 2 - Definição das Entidades do Modelo Conceitual - Com base nas estruturas do Modelo Mathema, foram especificadas as entidades do Modelo Conceitual proposto neste trabalho. Com destaque, a estrutura de Modelos de Curso foi definida com o objetivo de representar diferentes visões de um curso, onde cada Modelo de Curso é composto por um conjunto de Tópicos definidos de acordo com a visão do criador do curso. A definição das entidades presentes no Modelo Conceitual é descrita a partir da Seção 4.3;

Etapa 3 - Concepção da Ontologia de Integração - A Ontologia de Integração tem como objetivo representar formalmente as entidades e relacionamentos definidos no Modelo Conceitual. Esta representação tem como objetivo facilitar a interoperabilidade entre o Modelo Conceitual e o Sistema de compartilhamento de recursos educacionais com aplicações que desejem acessar os recursos. A Ontologia de Integração é descrita na Seção 4.5.

Etapa 4 - Mapeamento Ontologia - Banco de Dados - Nesta etapa é definido como as informações presentes no Modelo Conceitual serão armazenadas em um banco de dados. Ou seja, é feito o mapeamento entre a Ontologia de Integração e o Neo4J, que é um banco de dados orientado à grafos. Este mapeamento é descrito na Seção 5.2.

Etapa 5 - Desenvolvimento dos Sistema de Compartilhamento - Este sistema tem como objetivo estabelecer mecanismos de acesso ao banco de dados (Modelo Conceitual). Ou seja, este sistema é responsável por possibilitar a inserção e consulta de recursos educacionais de acordo com o Modelo Conceitual. O seu desenvolvimento é descrito ao longo do Capítulo 5.

4.2 Modelo Pedagógico do Mathema

4.2.1 Modelo Mathema

O Mathema define uma estrutura de organização do conhecimento de domínio, bem como uma arquitetura de agentes tutores. A estrutura de conhecimento é dividida em quatro estruturas:

Tópicos - define um conjunto de tópicos associados a uma determinada visão do domínio. Tais tópicos se assemelham a um sumário e tem a função de organizar o curriculum como um todo. Essas unidades estão relacionadas segundo uma ordem definida com base em critérios pedagógicos (e.g., relações de pré-requisito);

Suportes - algum tipo de conhecimento que poderá ajudar o estudante a compreender determinado conceito ou resolver determinado problema (e.g., conceitos,

exemplos, vídeo aulas, agentes humanos, agentes de software etc.).

Problemas - atividade avaliativa associada a uma determinada unidade pedagógica.

Assim como as unidades pedagógicas, estão relacionados segundo uma ordem com base em critérios pedagógicos (e.g., nível de dificuldade);

Objetivos de Aprendizagem - define um conjunto de habilidades que deverão ser obtidas pelo estudante no decorrer do processo de aprendizagem. Tais objetivos têm a função de guiar tanto o processo de aprendizagem (via o consumo de conhecimento de suporte) quanto o processo de avaliação (via a aplicação de problemas).

Dentre estas estruturas, a estrutura de Tópicos e de Suporte são particularmente uteis aos objetivos deste trabalho. Os recursos educacionais são um exemplo de possíveis suportes dentro da estrutura do Mathema, enquanto os tópicos podem ser utilizados para classificação desses recursos. Essas estruturas serão utilizadas para a construção do modelo de integração de recursos educacionais proposto neste trabalho.

4.2.2 Visão do Modelo Mathema como um Grafo

Definição 1. Seja G grafo sobre o qual se pretende definir uma estruturação de acordo com a visão Interna do modelo Mathema, um enfoque para esse grafo curricular pode ser definido por $G(V, E)$, V denota o conjunto de n vértices e E o conjunto de arestas.

Definição 2. São definidos os seguintes subconjuntos, disjuntos entre si, de V :

1. Seja $V^T \subset V$ o conjunto de **Tópicos**;
2. Seja $V^P \subset V$ o conjunto de **Problemas**;
3. Seja $V^S \subset V$ o conjunto de **Suportes**.
4. Seja $V^O \subset V$ o conjunto de **Objetivos de Aprendizagem**;

Definição 3. Sejam (v_i, v_j) , com $i, j \in \{1, \dots, n\}$, os pares de vértices que definem uma aresta dirigida, o conjunto $H \subseteq E$, $H = \{(v_i, v_j) | \{v_i, v_j\} \subseteq V^\alpha, \alpha \in \{T, P, S, O\}, v_i \neq v_j\}$, contém as arestas que estabelecem as relações hierárquicas entre dois vértices, tal

que: (1) as relações hierárquicas ligam um *elemento pai*(v_i) a um *elemento filho*(v_j); (2) os elementos que tem o mesmo pai definem um conjunto de *elementos irmãos*; (3) os elementos contidos no fechamento transitivo direto de um determinado elemento denotam o conjunto de *elementos descendentes*; (4) os elementos contidos no fechamento transitivo inverso de um dado elemento definem um conjunto de *elementos ancestrais*; Os elementos de origem de cada relação denotam o conjunto de *elementos genéricos* da hierarquia; (6) os elementos dissipadores de cada relação denotam o conjunto de *elementos específicos* da hierarquia.

Definição 4. Sejam (v_i, v_j) , com $i, j \in \{1, \dots, n\}$, os pares de vértices que definem uma aresta dirigida, o conjunto $S \subset E$, $S = \{(v_i, v_j) | \{v_i, v_j\} \subseteq V^\alpha, \alpha \in \{T, P, S, O\}, v_i \neq v_j\}$, contém as arestas que estabelecem as relações sequenciamento entre dois vértices, tal que: (1) a ordem das relações ligam um *elemento de origem*(v_1) a um *elemento de destino*(v_2); (2) os elementos contidos no fechamento transitivo direto de um dado elemento denotam o conjunto de *elementos sucessores*; (3) os elementos contidos no fechamento transitivo inverso de um dado elemento definem o conjunto de *elementos antecessores*;

4.3 Introduzindo Modelos de Curso

O conceito de **Modelos de Curso** tem como objetivo dar flexibilidade nas estruturas de curso que serão utilizadas para classificação dos recursos. Um Modelo de Curso define a estrutura de tópicos de um curso de um determinado domínio de acordo com a interpretação de um professor especialista nesse domínio.

Definição 5. Seja D um conjunto de domínios do conhecimento, ou áreas. Este trabalho tem como limite os domínios relacionados à computação. Exemplos: Programação, Redes de Computadores, Sistemas Operacionais, Inteligência Artificial.

Definição 6. Um Modelo de Curso M^a é composto por um conjunto de tópicos $T^a \subseteq V^T$ relacionados a um ou mais Domínios $D^a \subseteq D$.

Em resumo, um Modelo de Curso deve especificar os tópicos de uma disciplina de uma maneira estruturada (estruturas hierárquica e de sequenciamento). A estrutura

hierárquica define a noção de tópicos e sub-tópicos, seguindo a **Definição 3**. Enquanto a estrutura de sequenciamento determina a ordem que os recursos devem ser utilizados em um curso, seguindo a **Definição 4**.

Assim, cada diferente visão de uma estrutura de tópicos gera um Modelo de Curso, Entretanto, estes modelos compartilham pontos em comum e estes pontos devem ser definidos e representados no Modelo Conceitual. Para isso, três propriedades são definidas para o mapeamento de modelos:

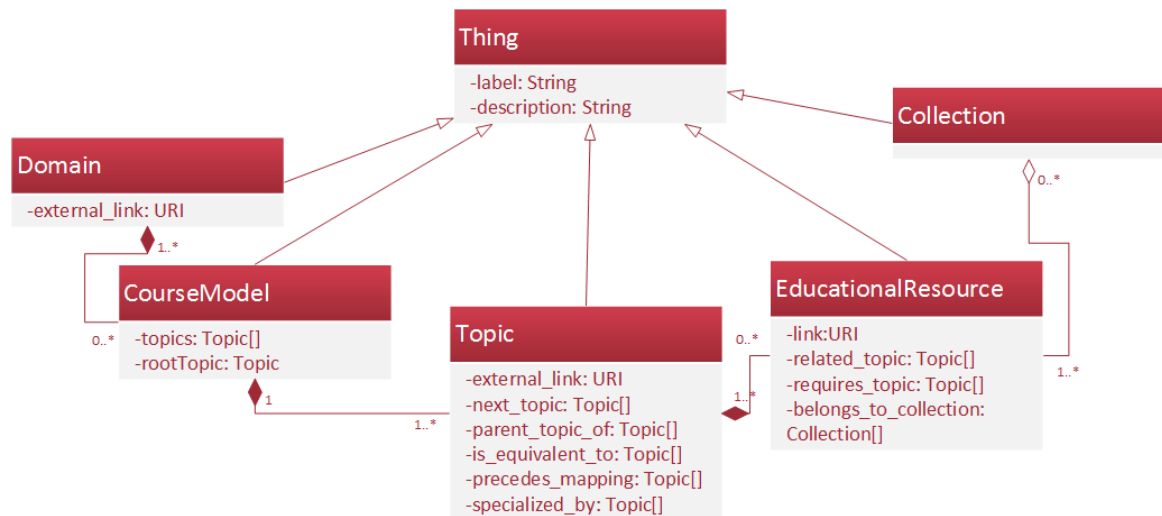
Definição 7. Sendo T^a e T^b o conjunto de tópicos dos modelos M^a e M^b , respectivamente. Um Modelo de Curso M^a pode ser alinhado (mapeado) ao modelo M^b usando as seguintes propriedades:

- 1: **Equivalência:** Um tópico $t_i \in T^a$ pode ser *equivalente* a um tópico $t^m \in T^b$. Define-se uma propriedade $e(T, T)$, onde $e(t^i, T^m)$ são tópicos equivalentes. Esta é uma propriedade reflexiva e transitiva que indica que estes tópicos tratam do mesmo conteúdo.
- 2: **Generalização:** Um tópico $t^i \in T^a$ pode ser uma *generalização* de um tópico $t^n \in T^b$. Define-se uma propriedade $g(T, T)$, onde $g(t^i, t^n)$ indica que t^i é uma *generalização* de t^n e t^n é uma *especialização* de t^i .
- 3: **Precedência:** Um tópico $t^j \in T^a$ pode ser um *tópico precedente* a um tópico $t^o \in T^b$. Define-se uma propriedade $p(T, T)$, onde $p(t^j, T^o)$ indica que t^j é um tópico precedente a t^o e t^o é um tópico subsequente a t^j .

4.4 Modelo Conceitual

O Modelo Conceitual para representação dos recursos educacionais foi construído com base nos conceitos apresentados nas Seções anteriores. Onde, a definição das estruturas de Recursos Educacionais (Support) e Tópicos, provenientes do Modelo Mathema, juntamente com a estrutura de Modelos de Curso como agrupamento para as estruturas de tópicos são as entidades básicas deste modelo. Figura 4.5 mostra o diagrama de classes UML com as entidades do modelo.

Figura 4.5: Diagrama de Classes UML com as entidades do Modelo Conceitual.



Neste modelo, a classe **Thing** representa uma generalização de todas as demais classes do modelo e possui os atributos `label` e `description` que são herdadas pelas demais classes. As classes **CourseModel**, **Topic** e **EducationalResource** representam as estruturas definidas nas seções anteriores.

A classe **CourseModel** possui um conjunto de *topics* e a indicação do tópico raiz da estrutura (*rootTopic*). O modelo introduz a classe **Domain** que representa um domínio do conhecimento e tem como objetivo classificar Course Models e facilitar sua busca.

A classe **Topic** possui as propriedades que definem as estruturas hierárquicas (*parent_topic_of*) e de sequenciamento (*next_topic*). Além disso, esta classe possui os atributos de mapeamento entre tópicos de modelos distintos (*is_equivalent_to*, *precedes_mapping* e *specialized_by*).

A classe **EducationalResource** possui o atributo que representa o *link* para acesso ao recursos, uma lista de Tópicos relacionais e Tópicos requeridos para atender a funcionalidade de declaração explícita de requisitos específicos dos recursos educacionais, Figure 4.2.

Esta classe ainda possui a ligação com a classe **Collection** para definir a funcionalidade de agrupamento de recursos educacionais concebidos em um mesmo contexto, Figure 4.3. Por sua vez, a classe `Collection` apenas herda os atributos da classe `Thing`.

4.5 Ontologia de Integração

Ontologias são utilizadas como uma linguagem comum na interoperabilidade semântica de fontes de informação heterogêneas (DEVEDZIC, 2015). Em (SICILIA, 2014) é definido que o uso de ontologias é fundamental para o avanço de sistemas educacionais e Dietze et al. (DIETZE et al., 2013) alegam que ontologias estão se tornando um padrão para interoperabilidade em ambientes educacionais. Neste contexto, a Ontologia de Integração foi construída com o propósito de representar semanticamente as entidades do Modelo Conceitual.

A Tabela 4.1 apresenta as entidades da Ontologia, a Tabela 4.2 apresenta as propriedades de dados (*data properties*) que são os atributos destas entidades, ou seja, o valor dessas propriedades são dados literais e não outras entidades. Já a Tabela 4.3 mostra as *object properties* que relacionam entidades.

Tabela 4.1: Entidades da Ontologia de Integração

Entidades	Descrição
Model	Um Modelo de Curso define a organização de um conjunto de tópicos em um curso de acordo com a visão pedagógica de um professor.
Domain	Se refere a uma área específicos do conhecimento e é utilizada para classificar os Modelos de Curso.
Topic	O conhecimento contido em um Modelo de Curso é dividido em Tópicos.
Educational Resource	Esta entidade representa um recurso educacional que pode ser utilizado no aprendizado de um tópico.
Collection	agrupa um conjunto de recursos educacionais criados por um mesmo autor para serem utilizados em um contexto específico.

Tabela 4.2: Data Properties of Integration Ontology

Propriedade	Domínio	Tipo	Descrição
label	Thing	String	Um conjunto de caracteres que definem um rótulo.
description	Thing	String	Um conjunto de caracteres que apresentam uma descrição da entidade.
link	Educational Resource	URI	Um link (URI) para acessar o Recurso Educacional.
external classification	Topic e Domain	URI	Um link (URI) para acessar uma estrutura de classificação externa que é relacionada a entidade.

Tabela 4.3: Propriedade de Objeto da Ontologia de Integração

Propriedade	Origem	Destino	Descrição
belongs to	Model	Domain	Esta propriedade conecta um Modelo de Curso a um Domínio. Podem haver mais de uma definição desta propriedade.
has topic	Model	Topic	Esta propriedade relaciona um Modelo de Curso a um Tópico que o compõe.
has root topic	Model	Topic	Esta propriedade indica qual é o tópico raiz da estrutura hierárquica. O objetivo desta propriedade é facilitar a navegação na estrutura de tópicos.
next topic	Topic	Topic	Esta propriedade define a estrutura de sequenciamento. Ela define o tópico de origem é antecessor ao tópico de destino na ordem de visualização de tópicos.
parent topic of	Topic	Topic	Especifica a estrutura hierárquica. Ela define que o tópico de origem é uma generalização do tópico de destino. Consequentemente, o tópico de destino é um sub-tópico ou uma especialização em relação ao tópico de origem.
belongs to model	Topic	Model	relaciona um Tópico a um Modelo de Curso. Essa propriedade e a propriedade <i>has topic</i> são inversas.
is equivalent to	Topic	Topic	Esta propriedade define que o conteúdo de um tópico é equivalente ao conteúdo de outro tópico, sendo estes tópicos de Modelos de Curso distintos.

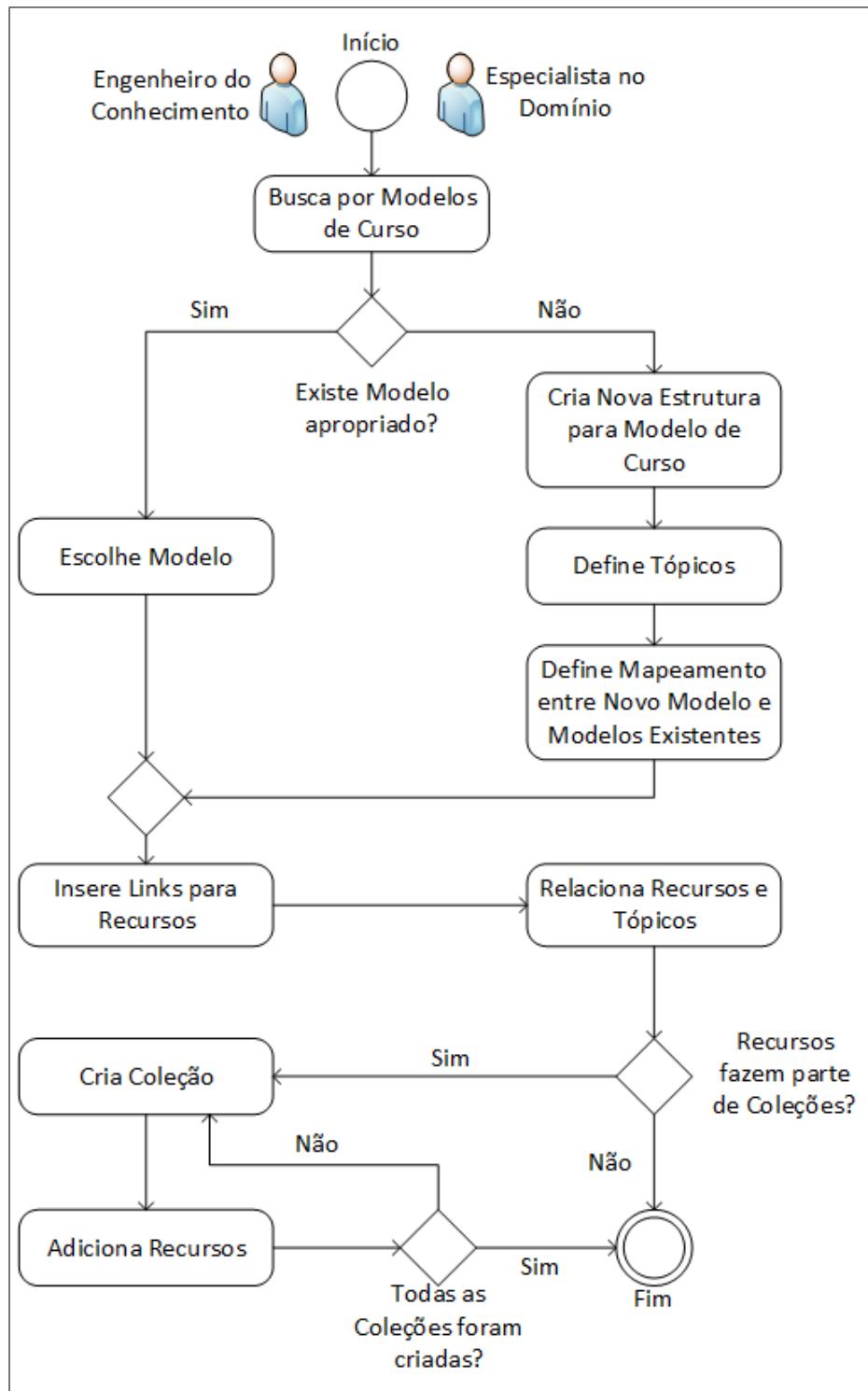
precedes	Topic	Topic	Esta propriedade é similar a propriedade <i>next topic</i> , ela também define que um tópico antecede o outro. Porém, diferente daquela propriedade, esta relaciona tópicos de diferentes Modelos de Curso.
specialized by	Topic	Topic	Esta propriedade é similar a propriedade <i>parent topic of</i> e também define que o tópico de origem é uma generalização do tópico de destino. Todavia, diferente daquela propriedade, esta relaciona tópicos de diferentes Modelos de Curso.
related topic	Educational Resource	Topic	Interliga os recursos educacionais aos seus tópicos relacionados. É possível relacionar um recurso a mais de um tópico.
requires topic	Educational Resource	Topic	Define que o recurso educacional tem um tópico como requisito específico. É possível ter mais de uma definição desta propriedade para indicar múltiplos requisitos.
belongs to collection	Educational Resource	Collection	Esta propriedade indica que o recurso educacional faz parte de um Collection.

4.5.1 Inserção de Recursos

A inserção de recursos no modelo segue o Diagrama de atividades mostrado na Figura 4.6. Essas atividades são descritas a seguir:

- Inicialmente, o usuário do modelo realiza a etapa de "**Busca por Modelos de Curso**". Esta etapa tem como objetivo localizar um Modelo de Curso ao qual se enquadram os recursos que serão inseridos. O usuário deve navegar pelos

Figura 4.6: Diagrama de Atividades do processo de inserção de recursos na estrutura de integração.



Modelos de cursos cadastrados e analisar a estruturação de Unidades Pedagógicas (Tópicos) de cada um deles.

- Caso seja encontrado um Modelo de Curso ao qual se enquadrem os recursos, esse modelo é selecionado na etapa "**Escolhe o Modelo**".
- Caso não exista um Modelo de Curso que seja compatível com os recursos, O usuário "**Cria Nova Estrutura para Modelo de Curso**" no modelo de integração. Nesta etapa, apenas as estruturas básicas do Modelo de Curso são criadas, como sua identificação e o Domínio correspondente.
- Em seguida, o usuário "**Define Tópicos**" que farão parte do Modelo. Nesta etapa também são definidas a estruturação hierárquica e de sequência do modelo de curso.
- Após a definição dos tópicos, o usuário "**Define Mapeamento entre Novo Modelo e Modelos Existentes**". Esta etapa serve para manter o alinhamento de recursos entre o modelo criado com os modelos já existentes.
- Com o modelo de curso escolhido, ou criado, o usuário "**Insera Links para Recursos**" no modelo de integração. Estes links vão permitir o acesso a esse recurso.
- Após isso, O usuário "**Relaciona Recursos e Tópicos**", ou seja, fazem a classificação desses recursos de acordo com os Tópicos do Modelo de Curso escolhido.
- Por fim, caso os recursos façam parte de coleções de recursos, o usuário **Cria Coleções e Adiciona Recursos** a esses tópicos.

É possível perceber que a atividade de inserção de recursos no modelo pode ser custosa em relação ao tempo empregado, principalmente se não for possível utilizar um Modelo de Curso já existente. Neste contexto, vê-se a necessidade de criação de soluções de software que auxiliem o usuário nas etapas de criação de um novo modelo e inserção de recursos. Também é possível investigar a possibilidade de automatização deste processo ou algumas de suas partes.

Capítulo 5

Implementação: Sistema de Compartilhamento de Recursos

Este Capítulo apresenta os processos e as estruturas de software que implementam o Modelo Conceitual, construído no Capítulo 4, como um sistema para compartilhamento de recursos educacionais na Web.

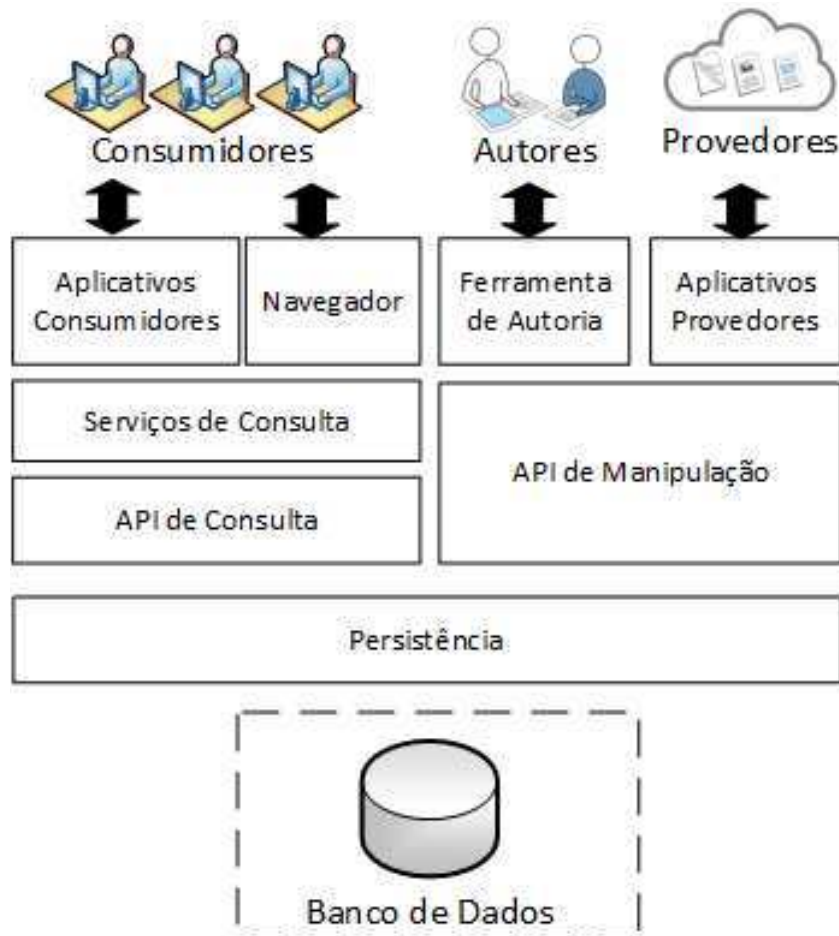
5.1 Visão Geral

A Figura 5.1 apresenta uma visão geral do Sistema de Compartilhamento que tem como objetivo implementar funcionalidades para o compartilhamento de recursos, utilizando o Modelo Conceitual para a representação dos recursos. As funcionalidades deste modelo são divididas em duas frentes, O **Módulo de Manipulação** responsável por inserir recursos educacionais ao sistema, definindo Modelos de Curso e suas estruturas de tópicos. O Módulo de Consultas é responsável pela busca de recursos educacionais e suas informações relacionadas, bem como a navegação nas estruturas de tópicos.

O Módulo de Manipulação é composto pela API de manipulação, as ferramentas de autoria e aplicações provedoras de recursos. O Módulo de Consultas é composto pela API de consultas, os serviços de consulta, o navegador de recursos e os aplicativos consumidores de recursos. Estes dois módulos armazenam e buscam informações no Módulo de Persistência, que é composto por um banco de dados orientado a grafos que

tem sua estrutura definida através da Ontologia de Integração definida na Seção 4.5

Figura 5.1: Visão Geral do sistema para Compartilhamento de recursos.



5.2 Banco de Dados e Ontologia

Como descrito, o banco de dados do sistema é baseado nos conceitos da Ontologia de Integração. Neste contexto, foi escolhido o banco de dados Neo4j¹ para armazenar os dados do modelo. Neo4j é um banco de dados orientado a grafos de código aberto, sendo o mais popular banco de dados orientado a grafos. Seu desempenho, escalabilidade e flexibilidade foram características que motivaram sua escolha.

Além disso, a construção do Modelo Conceitual utilizou frequentemente a representação em forma de grafos. Também é comum encontrar ferramentas que apresentem

¹<<http://neo4j.com>>

a visualização de ontologias em forma de grafos. Desta forma, apesar da existência de ferramentas que possibilitem o mapeamento de ontologias para soluções de banco de dados tradicionais, o uso de um banco orientado a grafos foi escolhido pelo foco na representação e consultas dos relacionamentos (arestas), permitindo um melhor desempenho na navegação das estruturas de tópicos dos sistema (ROBINSON; WEBBER; EIFREM, 2013). Todo o acesso ao banco de dados é feito através de uma API REST via protocolo HTTP. Assim, o acesso ao banco não é restrito a uma linguagem de programação ou framework.

Via de regra, as entidades do Modelo Conceitual são mapeados em Vértices do grafo, enquanto as propriedades são representados pelas arestas. Além disso, as URIs de identificação das instâncias são transformadas nos *ids* de identificação dos Vértices do grafo. A Tabela 5.1 mostra o mapeamento entre as entidades e propriedades da Ontologia de Integração (Modelo Conceitual) e o modelo de grafo do Neo4j.

5.3 Diagrama de Componentes

Na Figura 5.2 é apresentado o diagrama de componentes dos módulos de manipulação e consulta do sistema de compartilhamento de recursos educacionais. O detalhamento destes módulos são descritos a seguir.

5.3.1 Módulo de Manipulação

O Módulo de Manipulação é responsável por inserir e alterar informação no banco de dados. Este módulo não possui funcionalidades relacionadas à recuperação de dados. Esle implementa os conceitos definidos na Ontologia de Integração, inclusive observando as restrições lá definidas. Os componentes são descritos a seguir.

O acesso a este módulo é feito através do componente *facade*. Este componente implementa as funções de requisições para manipulação do modelo para os módulos externos. O componente *GraphModel* implementa as entidades definidas no Modelo Conceitual. Este componente recebe as requisições do componente *facade*, carrega as informações necessárias e aplica as alterações que atendam as requisições através do componente *HttpClient*, que acessa o banco de dados.

Tabela 5.1: Mapeamento entre as entidades e propriedades da Ontologia de Integração (Modelo Conceitual) e o modelo de grafo do Neo4j.

Modelo Conceitual	Modelo de Grafo do Neo4j
Entidades (Tabela 4.1)	
Instância de Modelo de Curso	Vértice com rótulo CourseModel .
Instância de Domínio	Vértice com rótulo Domain .
Instância de Tópico	Vértice com rótulo Topic .
Instância de Recurso Educacional	Vértice com rótulo Resource .
Instância de Coleção	Vértice com rótulo Collection .
Propriedade de Dados (Tabela 4.2)	
Label	Atributo de vértice chamado label .
Description	Atributo de vértice chamado description .
Link	Atributo de vértice chamado link .
External Classification	Atributo de vértice chamado external_classification .
Propriedades de Objetos (Tabela 4.3)	
belongs to	Aresta com rótulo BELONGSTO .
has topic	Aresta com rótulo HASTOPIC .
has root topic	Aresta com rótulo ROOTTOPIC .
next topic	Aresta com rótulo NEXT .
parent topic of	Aresta com rótulo PARENTOF .
belongs to model	Aresta com rótulo FROMMODEL .
is equivalent to	Aresta com rótulo EQUIVALENTTO .
precedes	Aresta com rótulo PRECEDES .
specialized by	Aresta com rótulo SPECIALIZEDBY .
related topic	Aresta com rótulo RELATEDTO .
requires topic	Aresta com rótulo REQUIRES .
belongs to collection	Aresta com rótulo FROMCOLLECTION .

Além disso, o componente *Consistency Evaluator* é responsável por verificar se o banco de dados está consistente com os conceitos definidos na Ontologia de Integração. Para isso, este módulo oferece rotinas para o módulo *GraphModel* que permitem verificar a consistência das alterações feitas pelas requisições antes delas serem inseridas no banco de dados. Este módulo também possui rotinas periódicas que utilizam o componente *HttpClient* para fazer consultas no banco de dados e verificar sua consistência.

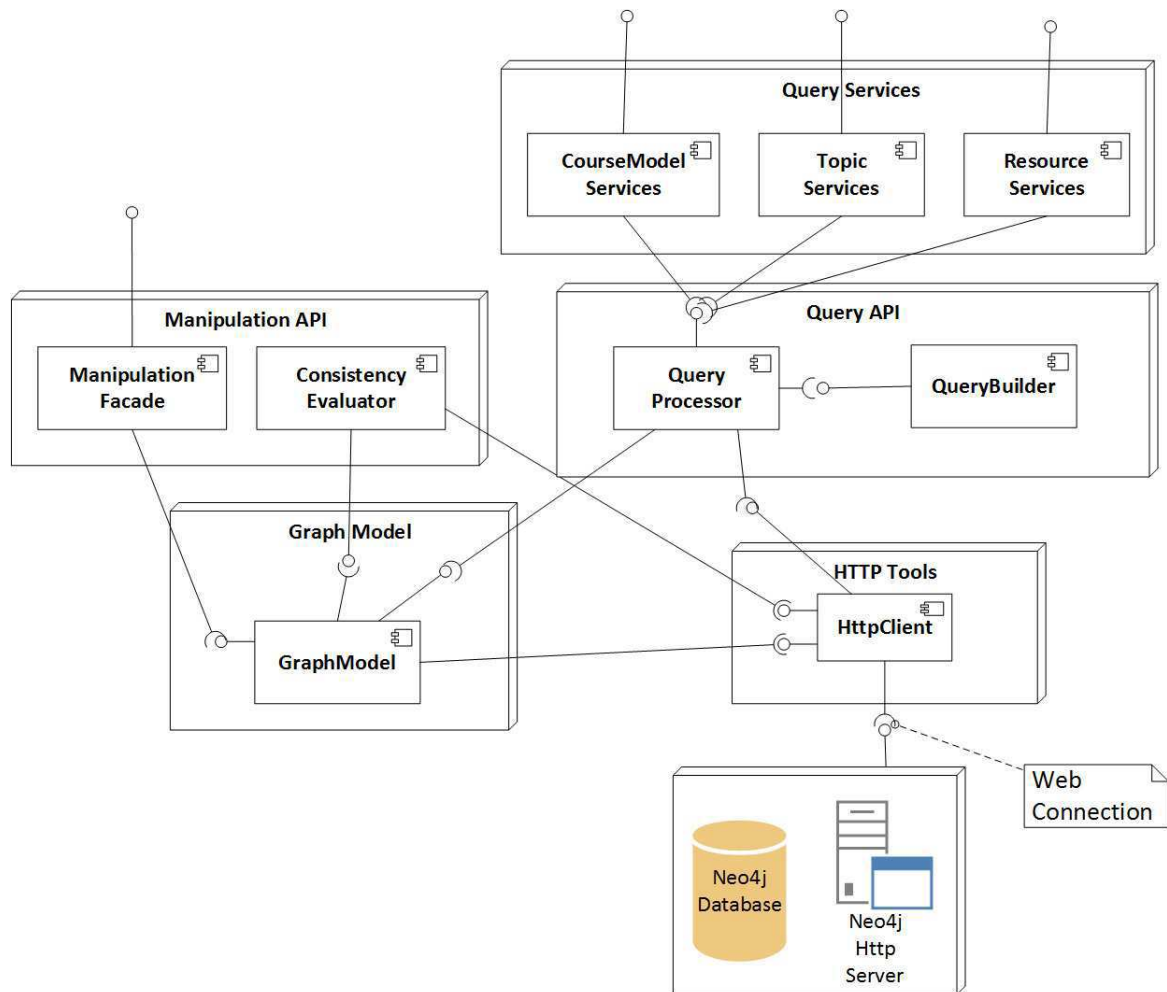


Figura 5.2: Componentes do Módulo de Manipulação.

5.3.2 Módulo de Consulta

Este Módulo realiza as consultas ao modelo. O módulo é composto por dois sub-módulos, o primeiro é o *Query API* que é responsável por prover a infraestrutura básica para consultas ao banco de dados. O segundo é o módulo de *Query Services* que utiliza as consultas providas pela *Query API* e é responsável por disponibilizar essas consultas aos módulos externos através de Serviços Web. Nenhum desses módulos faz alterações no banco de dados. Esses módulos e seus componentes internos são descritos a seguir.

O módulo *Query API* utiliza o componente *HttpClient* para acessar o banco de dados. O componente *Query Processor* é responsável por receber requisições de consultas e utiliza o componente *Query Builder* para criar consultas que atendam as requisições.

O componente *Query Builder* é responsável por criar consultas utilizando a linguagem Cypher (PANZARINO, 2014), que é usada para especificar consultas no Neo4j.

Em outra perspectiva, o módulo *Query Services* usa as rotinas providas pelo módulo *Query API* e fornece Serviços de Web que implementam consultas aos dados do sistema. O uso de serviços provê flexibilidade no acesso aos recursos educacionais, dado que esse acesso é feito através da Web e não é restrito a uma linguagem de programação ou plataforma específica. Os serviços de consulta são divididos em três componentes:

CourseModel Services : Consultas relacionadas à entidade Modelo de Curso. Por exemplo, este componente permite recuperar todos os Modelos de Curso cadastrados, as informações de um modelo específicos (rótulo e descrição), modelos de uma domínio específico e os tópicos de um domínio.

Topic Services : Consultas relacionadas aos tópicos. Por exemplo: quais são os subtópicos de um tópico, quais os próximos tópicos na estrutura de sequência, o mapeamento entre tópicos de diferentes modelos de curso e recursos educacionais relacionados a um tópico.

Resource Services : Consultas relacionadas aos recursos educacionais. Por exemplo, quais tópicos são relacionados a um recurso, quais tópicos são requisitos específicos de um recurso, se o recurso faz parte de uma coleção.

5.4 Serviços e Descrições Semânticas

Nesta Seção serão discutidos detalhes de implementação dos Serviços providos pelo módulo de consulta descrito na Seção anterior. Inicialmente, serão apresentados detalhes da implementação desses serviços. Em seguida, serão apresentados conceitos de Serviços Web Semânticos e como as descrições semânticas para serviços facilitam o reuso desses serviços. Por fim, a descrição semântica para serviços utilizada neste trabalho é definida.

5.4.1 Implementação dos Serviços

Os serviços foram implementados utilizando a linguagem Java², assim como os demais módulos da aplicação, e a JAX-RS³ que é uma API que auxilia o desenvolvedor na construção de Serviços Web. Os serviços seguem os conceitos da arquitetura REST (*Representational State Transfer*)(WEBBER; PARASTATIDIS; ROBINSON, 2010) e utilizam o formato JSON⁴, *JavaScript Object Notation*, para troca de mensagens.

Um dos fundamentos da arquitetura REST é o uso de métodos *HTTP* na definição das funcionalidades da aplicação, sendo os principais métodos: *POST*, *GET*, *PUT*, *PATCH*, e *DELETE*. Onde o método *POST* é relacionado às funcionalidades de criação de recursos, *GET* de recuperação de recursos, *PUT* e *PATCH* realizam atualizações e *DELETE* exclui recursos do sistema. Como se trata de um Módulo de Consultas, o acesso aos serviços é feito somente pelo método *GET* já que eles apenas recuperam informações do sistema.

A Tabela 5.2 apresenta as especificações dos serviços do módulo *CourseModel Services*.

Tabela 5.2: Especificação dos serviços do módulo *CourseModel Services*. Onde aparece **@id** deve ser substituído por um id de um Domínio ou Modelo de Curso, dependendo do serviço, que será utilizado como parâmetro do serviço.

Nome	Descrição	Padrão de Acesso
Listar Domínios	Retorna todos os domínios cadastrados no sistema	/Domain
Listar Modelos de um Domínio	Lista os Modelos de Curso associados a um Domínio	/Domain/ @id
Listar Modelos de Curso	Carrega todos os Modelos de Curso cadastrados no sistema	/Model
Listar Tópicos (Hierarquia)	Lista os Tópicos de um Modelo de Curso, organizados em sua estrutura hierárquica	/Model/ @id /hierarchy
Listar Tópicos (Sequência)	Lista os Tópicos de um Modelo de Curso, organizados em sua estrutura sequência	/Model/ @id /sequence

²www.java.net

³jax-rs-spec.java.net

⁴<http://jsonapi.org/>

A Tabela 5.3 mostra os serviços do módulo Topic Services. A Tabela 5.4 mostra os serviços do módulo Resource Service.

Tabela 5.3: Especificação dos serviços do módulo Topic Services. Onde aparece **@id** deve ser substituído por um id de um Tópico que será utilizado como parâmetro do serviço.

Nome	Descrição	Padrão de Acesso
Listar Tópicos Pais	Retorna o conjunto de tópicos pais de um determinado tópico	/Topic/@id/parents
Listar Tópicos Filhos	Retorna o conjunto de tópicos filhos de um determinado tópico	/Topic/@id/children
Listar Próximos Tópicos	Carrega o conjunto de próximos tópicos de um tópico baseado na estrutura de sequência	/Topic/@id/next
Listar Tópicos Anteriores	Carrega o conjunto de tópicos anteriores a um tópico de acordo com a estrutura de sequência	/Topic/@id/previous
Listar Recursos	Lista os recursos associados a um tópico	/Topic/@id/resources
Listar Tópicos Equivalentes	Lista os Tópicos com mapeamento de equivalência em relação ao tópico especificado	/Topic/@id/mapping/equivalent
Listar mapeamento de Tópicos anteriores	Lista os Tópicos que precedem tópico especificado de acordo com mapeamento <i>precedes</i>	/Topic/@id/mapping/before
Listar mapeamento de Tópicos posteriores	Lista todos os tópicos que são posteriores ao tópico especificado de acordo com o mapeamento <i>precedes</i>	/Topic/@id/mapping/after

Listar mapeamento de Tópicos especializados	Lista todos os tópicos que são especializações do tópico especificado de acordo com o mapeamento <i>specialized_by</i>	/Topic/@id/mapping/specialization
Listar mapeamento de Tópicos genéricos	Lista todos os tópicos que são generalizações do tópico especificado de acordo com o mapeamento <i>specialized_by</i>	/Topic/@id/mapping/generalization

Tabela 5.4: Especificação dos serviços do módulo Resource Services. Onde aparece @id deve ser substituído por um id de um Recurso Educacional ou Coleção, dependendo do serviço, que será utilizado como parâmetro do serviço.

Nome	Descrição	Padrão de Acesso
Listar Coleções	Retorna as Coleções das quais um recurso faça parte	/Resource/@id/collections
Listar Tópicos de um Recurso	Retorna os Tópicos relacionados a um Recurso Educacional	/Resource/@id/topics
Listar Requisitos de um Recurso	Retorna os Tópicos que são requisitos específicos de um Recurso Educacional	/Resource/@id/requires
Listar Recursos de uma Coleção	Carrega todos os Recursos de uma Coleção	/Collection/@id/resources

O Código 5.1 mostra o exemplo de uma resposta do serviço Listar Modelos de um Domínio. Este serviço retorna os modelos de curso relacionados a um domínio. Neste exemplo, os cursos estão ligados ao domínio de Linguagens de Programação. A linha 2 define a URL de acesso a Ontologia de Integração que é usada para descrever os parâmetros do serviço, como será discutido nas próximas seções. A linha 3 descreve que o serviço retornou Modelos de Curso (*Model*). Cada Modelo é representado por seu *id* e rótulo (*label*). Por exemplo, o Modelo com o id 423 (linha 5) é relacionado a um curso de introdução à linguagem Lisp (rótulo na linha 6).

Código Fonte 5.1: Resposta no formato JSON do serviço que retorna os modelos de curso de um determinado domínio

```
1 {
2   "@Ontology": "http://ontologies.herokuapp.com/CoreOntology.owl",
3   "@Ontology#Model": [
4     {
5       "@Ontology#id": "423",
6       "@Ontology#label": "Lisp Introduction"
7     },
8     {
9       "@Ontology#id": "383",
10      "@Ontology#label": "Introductory Programming in Python"
11    },
12    {
13      "@Ontology#id": "366",
14      "@Ontology#label": "JavaProgramming – Stefanini"
15    },
16    {
17      "@Ontology#id": "274",
18      "@Ontology#label": "Course_Java"
19    }
20  ]
21 }
```

No estágio atual de implementação, foram concluídos os serviços com funcionalidades de navegação no modelo conceitual, que são listados nas tabelas desta seção. Ainda não estão implementados serviços com funcionalidades de busca no modelo, ou seja, serviços a partir dos quais o usuário digita palavras chave e o sistema retorna resultados que se enquadrem na busca realizada. O desenvolvimento destes serviços de busca necessitam de um estudo mais aprofundado em relação ao seu funcionamento.

5.4.2 Serviços Web Semânticos

Serviços Web Semânticos foram inicialmente propostos por McIlraith et al. em (MCILRAITH; SON; ZENG, 2001) como uma extensão dos serviços Web com descrições semânticas a fim de fornecer definições declarativas formais de suas interfaces, bem como

do funcionamento destes serviços. Os *Serviços Web Semânticos* podem ser vistos como um ponto de intersecção entre a tecnologia dos *Web Services* e a Web semântica. Isto se deve ao fato de oferecer a interoperabilidade semântica encontrada na Web semântica juntamente com a dinamicidade de recursos presente nos *Web Services* (GARG et al., 2016; DACONTA; OBRST; SMITH, 2003; MARTIN et al., 2007).

A área de SWS vem ganhando atenção especial da academia. Essa tecnologia tem sido usada como promessa para tornar possível a automação de todos os aspectos da provisão e uso dos *Web Services*, como a criação, seleção, descoberta, composição e invocação de serviços. Isto é possível através do uso de ontologias para prover descrições semânticas do funcionamento dos serviços. Neste contexto, o uso de SWS possibilita o desenvolvimento de aplicações dinâmicas e escaláveis (BARROS et al., 2011).

A característica essencial dos SWS é o uso de linguagens com semântica bem definida que possibilitam o raciocínio automatizado sobre as características dos serviços. Várias linguagens tem sido propostas e utilizadas, incluindo aquelas derivadas da Web Semântica, como RDF e OWL, linguagens específicas para *Serviços Semânticos* como a *Web Service Modeling Language (WSML)*, ou outras derivadas da pesquisa em *Sistemas Baseados em conhecimento* como *F-Logic* e *OCML* (PEDRINACI; DOMINGUE; SHETH, 2010).

Nesta perspectiva, SWS vêm sendo adotados no contexto de compartilhamento de recursos educacionais visando facilitar a construção de ferramentas que consumam esses recursos. Os projetos *mEducator*(YU et al., 2011) e *ASCETA*(DODERO et al., 2015) são exemplos de abordagens que fornecem acesso a seus recursos através de *Serviços Web Semânticos* como um diferencial para facilitar o reuso de seus recursos.

Barros et al.(BARROS et al., 2011) descreve os passos para a construção de aplicações baseadas em SWS. Dos passos definidos, os três primeiros são relacionados à concepção de serviços e sua descrição semântica (*Especificação do Domínio*, *Especificação dos Serviços* e *Desenvolvimento dos Serviços*). A descrição desses passos é feita a seguir.

1. **Especificação do Domínio** - O domínio é formalmente especificado através de ontologias. Estas ontologias tem o propósito de especificar os conceitos e relacionamentos no sistema. No contexto de SWS, não é necessário especificar exausti-

vamente as entidades do sistema na ontologia pelo fato deste processo se tornar um pouco custos. O principal objetivo desta etapa é construir uma ontologia que especifique as entidades que serão utilizadas para descrever as características dos serviços (como parâmetros de entrada e saída, pré-condições, efeitos).

2. **Especificação dos Serviços** - Neste passo, os serviços que representam as funcionalidades do sistema são definidos. Estes serviços precisam ser descritos através de ontologias que especifiquem as características dos serviços. Existem abordagens padrões para essa especificação através de *frameworks* como OWL-S (MARTIN et al., 2007), WSMO (DOMINGUE; ROMAN; STOLLBERG, 2005) e SAWSDL (KOPECKY et al., 2007), mas elas podem ser estendidas e adaptadas de acordo com as características das aplicação.

Ao fim desta etapa, tem-se como resultado a especificação das características que descrevem as funcionalidades dos serviços, como seus parâmetros de entrada e saída. Detalhes sobre como acessá-los ainda não são disponíveis aqui, visto que não se tem a implementação do serviços em si.

3. **Desenvolvimento dos Serviços** - Seguindo uma abordagem *Top-Down*, as anotações semânticas concebidas na etapa anterior são utilizadas para construir serviços que implementem as funcionalidades do sistema. Nesta etapa, quando possível, é possível realizar buscas em repositórios de serviços em busca de serviços implementados por outros desenvolvedores que possam ser reutilizados no contexto do sistema, este reuso pode reduzir o tempo aplicado no desenvolvimento dos serviços.

Com os serviços devidamente implementados ou escolhidos para reuso, a descrição semântica destes serviços é finalizada. Na etapa anterior foram definidas as características que descrevem as funcionalidades dos serviços. Nesta etapa é descrito como acessar estes serviços, especificando seu endereço de acesso e o formato dos parâmetros de entrada e saída.

Adaptando estas etapas ao desenvolvimento dos serviços de acesso ao sistema de compartilhamento, a primeira etapa foi realizada durante a especificação da Ontologia

de Integração, construída na Seção 4.5. De fato, as entidades descritas na Ontologia de Integração representam as entidades do sistema e podem ser utilizadas na descrição das funcionalidades dos serviços. Por exemplo, temos um serviço que recebe como parâmetro de entrada um **Modelo de Curso** e retorna como parâmetro de saída os **Tópicos** relacionados a esse modelo. Neste exemplo, os parâmetros de entrada e saída são representados por entidades descritas na Ontologia de Integração. As demais etapas serão descritas nas Seções seguintes.

5.4.3 Descrição Semântica para Serviços

Inicialmente, é necessário definir o framework para descrição semântica dos serviços. Neste contexto, analisou-se as principais abordagens para descrição de serviços semânticos. A WSMO(DOMINGUE; ROMAN; STOLLBERG, 2005) foi descartada por utilizar a linguagem WSML para construção de ontologias e a Ontologia de Integração ter sido construída com a linguagem OWL.

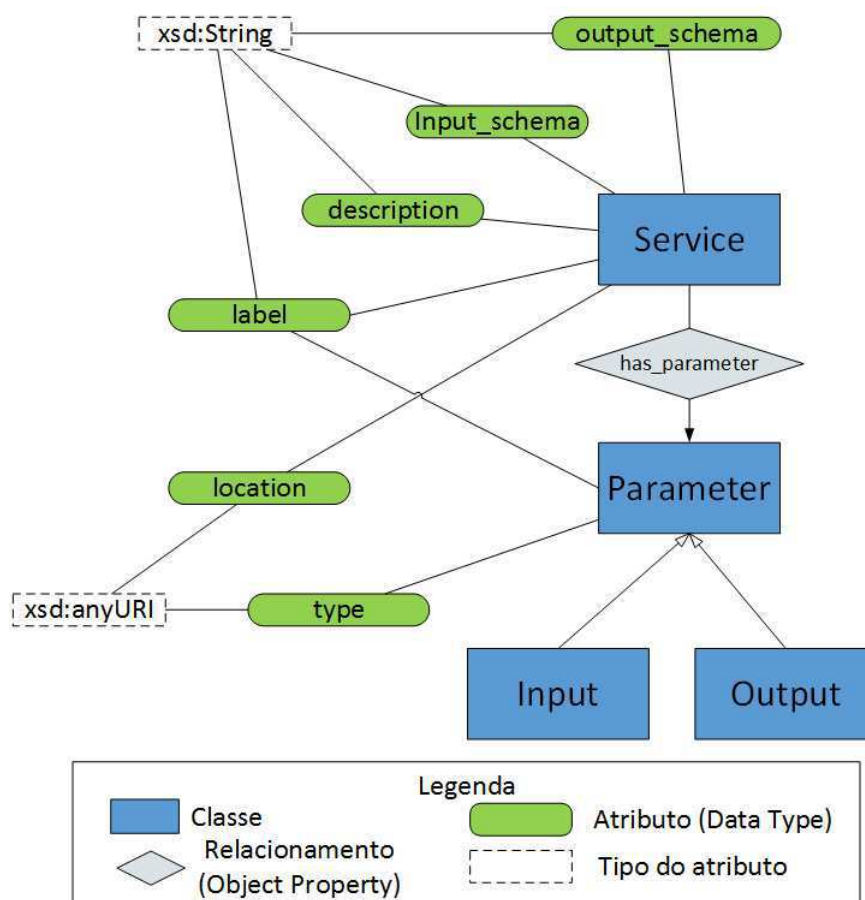
Em outra perspectiva, a linguagem OWL-S é construída sobre a OWL e utiliza essa linguagem para descrições dos serviços. Por exemplo, os parâmetros de entrada e saída de um serviços são anotados utilizando conceitos definidos em um ontologia no formato OWL. A linguagem OWL-S define três componentes: *Profile*, *Process* e *Grounding*. O *Profile* descreve um perfil do serviço com informações que servem para identificar suas funcionalidades (nome, descrição, parâmetros de entrada e saída, limitações de aplicação, qualidade de serviço), o *Process* descreve o processo de funcionamento do serviços, se ele é um processo atômico ou uma composição de serviços, definindo o seu fluxo de parâmetros. Já o *Grounding* mostra detalhes sobre como utilizar o serviço, seus protocolos de comunicação, número de portas e formatos de mensagem(AMEL; RAMEDANE, 2016).

Entretanto, a adoção da OWL-S apresenta algumas limitações para sua adoção neste trabalho. Por exemplo, a especificação do *Grounding* é definida para serviços baseados na linguagem XML para troca de dados. Entretanto, os serviços desenvolvidos neste trabalho são baseados na arquitetura REST(WEBBER; PARASTATIDIS; ROBINSON, 2010) e utilizam JSON, *JavaScript Object Notation*, para a troca de mensagens. Outro problema notável na OWL-S é custo relacionado ao tempo de resposta

na descoberta de serviços (KLUSCH et al., 2015).

Desta forma, alguns parâmetros da linguagem OWL-S foram escolhidos como base para criação de uma *Ontologia de Serviço* que visa representar semanticamente os serviços de consulta. Esta Ontologia foi construída a partir um sub-conjunto das descrições presentes na OWL-S e foram adicionadas funcionalidades para complementar a descrição dos serviços (suporte à troca de mensagens utilizando JSON).

Figura 5.3: Representação gráfica da Ontologia de Serviço e suas Entidades.



A Figura 5.3 mostra as entidades da Ontologia de Serviço, com seus atributos e relacionamentos. A classe *Service* representa os serviços Web, ou seja, para cada serviço no sistema será criada uma instância desta classe para representá-lo. Esta classe tem como atributos um rótulo (*label*), descrição (*description*) e localização (*location*). Cada serviço tem seu conjunto de parâmetros (*Parameter*), que podem ser de entrada (*Input*) ou de saída (*Output*).

Cada serviço também tem um *schema* para os parâmetros de entrada e outro para

os de saída. estes *schemas* definem o formato que os parâmetros de entrada devem ser enviados aos serviços e como os parâmetros de saída serão retornados. Estes schemas seguem uma definição baseada no JSON Schema⁵.

Por fim, O Código 5.2 mostra um exemplo de schema dos parâmetros de saída do serviço que retorna os Modelos de Curso de um domínio, um exemplo de saída deste serviço foi mostrado no Código 5.1.

Código Fonte 5.2: JSON Schema do parâmetro de saída do serviço que retorna os modelos de curso de um determinado domínio

```
1 {
2   "@Ontology": "http://ontologies.herokuapp.com/CoreOntology.owl",
3   "type": "object",
4   "properties": {
5     "@Ontology#Model": {
6       "type": "array",
7       "items": {
8         "type": "object",
9         "properties": {
10          "@Ontology#id": {
11            "type": "string"
12          },
13          "@Ontology#label": {
14            "type": "string"
15          }
16        },
17        "required": [
18          "@Ontology#id",
19          "@Ontology#label"
20        ]
21      }
22    },
23  },
24  "required": []
25 }
```

Ainda no código 5.1, a linha 2 especifica a URI que define a Ontologia de Integração,

⁵<http://json-schema.org>

a linha 3 define que o retorno do serviço é um objeto e não um tipo simples, a linha 5 define que o objeto de retorno é um Modelo de Curso, já a linha 6 diz que o serviço retorna um conjunto de objetos (array) e não apenas uma instância. Da linha 9 até a 16 são definidas as propriedades do Modelo de Curso que serão retornadas (*id* e *label*) e o seu tipo (String). Já nas linhas entre 17 e 20, a chave *required* define que as propriedades *id* e *label* são obrigatórias nos modelos retornados. Percebe-se também neste código que em nenhum local é definido o uso da chave *required* para indicar a obrigatoriedade do retorno de Modelos de Curso. Ou seja, este serviço pode retornar um conjunto vazio de modelos de curso no caso onde não há modelos cadastrados no domínio especificado.

Capítulo 6

Avaliação da Proposta

Durante a construção de um processo de avaliação de um trabalho de pesquisa, é comum analisar metodologias utilizadas por trabalhos correlatos e adaptá-las ao contexto do trabalho em questão. Neste contexto, realizou-se uma análise do processo avaliativo das abordagens relacionadas com o objetivo de identificar características que possam ser incorporadas neste trabalho, como métricas de avaliação e base de dados.

Entretanto, não foi encontrada nos trabalhos relacionados uma metodologia de avaliação que se adaptasse satisfatoriamente ao processo de avaliação deste trabalho. De fato, parte dos trabalhos analisados se dedica à descrição de sua proposta mas não empreende grandes esforços no processo avaliativo, em alguns casos a avaliação é inexistente. Os problemas de avaliação na pesquisa de informática em educação são conhecidos, principalmente no Brasil, e foram discutidos em trabalhos como (MAGALHÃES et al., 2013) e (OSPINA et al., 2015).

Dentre os trabalhos com metodologia avaliativa bem definida, é comum identificar processos avaliativos que tem como objetivo avaliar a capacidade de enriquecimento de metadados utilizando como métricas o *tempo de resposta* do processo de busca por recursos educacionais, a *quantidade de metadados enriquecidos* e a *qualidade desse enriquecimento semântico* (RAJABI; SICILIA; ALONSO, 2015; DIETZE et al., 2012, 2015; BEHR; PRIMO; VICARI, 2014). Porém, esses trabalhos não abordam diretamente estes problemas discutidos neste trabalho e isso se reflete em sua avaliação. Assim, não se encontra nesses processos avaliativos maneiras de caracterizar a capacidade dos modelos como solução para esses problemas.

Das métricas utilizadas, a qualidade dos metadados enriquecidos é a que mais se alinha com a avaliação deste trabalho. Todavia, essa métrica é tratada em diversos contextos, a maioria deles se relaciona à precisão dos termos utilizados, geralmente escolhidos de maneira automática, para descrever o recurso educacionais. Assim, essa métrica acaba sendo utilizada para avaliar o processo de anotação, não o modelo de representação dos recursos.

Em outra perspectiva, se encontra pouca intersecção no que diz respeito ao conjunto de recursos utilizados. Isto é, cada abordagem utiliza seu próprio repositório de recursos educacionais. Além disso, esses repositórios utilizados são baseados nos padrões de metadados discutidos na Seção 3.1, herdando suas limitações na representação do contexto dos recursos que são relacionadas aos problemas discutidos nesses trabalho. Desta forma, devido a essa ausência de metadados, a adoção desses repositórios neste processo avaliativo requer a execução de uma custosa análise dos recursos educacionais desses repositórios para complementar seus metadados e identificar cenários que possam ser utilizados neste processo.

Em contrapartida, o estudo realizado na Seção 2.2 analisou os cursos descritos no documento *Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Computer Science* da ACM/IEEE(CURRICULA; SOCIETY, 2013) e identificou os metadados e cenários relacionados aos problemas discutidos neste trabalho. Assim, estes dados podem ser utilizados neste processo avaliativo para avaliar o funcionamento do trabalho aqui proposto em cenários relacionados aos problemas aqui discutidos.

Em resumo, não se encontra nos trabalhos relacionados um framework completo e coeso de avaliação que possa ser replicado neste trabalho. Neste contexto, a avaliação deste trabalho foi dividida em três processos avaliativos distintos. O primeiro processo utilizou questionários respondidos por professores e estudantes de pós-graduação na área de computação com o objetivo de caracterizar a crença desses especialistas na ocorrência e importância dos problemas abordados neste trabalho. Além disso, nesse mesmo questionário, os professores foram questionados em relação a sua confiança na eficácia da abordagem aqui proposta como parte da solução dos problemas levantados.

No segundo processo avaliativo, professores utilizaram o sistema de Autoria para adicionar recursos educacionais ao sistema de compartilhamento. Para isso, foram uti-

lizados os cursos presentes no documento da ACM/IEEE(CURRICULA; SOCIETY, 2013) e analisados na Seção 2.2. Assim, os professores utilizaram o sistema de autoria para criar modelos de curso e sua estrutura de tópicos baseados nestes cursos e adicionar recursos educacionais a esses tópicos. Neste contexto, buscou-se avaliar o processo de inserção de recursos no sistema de compartilhamento de recursos, e também a conformidade do modelo conceitual na representação dos cursos escolhidos. Para isso, foram discutidos cenários relacionados aos problemas abordados neste trabalho e como eles foram resolvidos pelo modelo conceitual através da utilização do sistema de Autoria.

Por fim, foi desenvolvido um experimento de avaliação do módulo de consulta através dos serviços de consulta. Neste experimento, estudantes de um curso técnico em Informática utilizaram os serviços de consulta para criar um sistema de Navegação nas estruturas do modelo conceitual e no acesso aos recursos. Desta forma, avaliou-se a capacidade de construção de ferramentas que consumam recursos educacionais através dos serviços de consulta.

6.1 Avaliação da Abordagem

Esta avaliação tem como objetivo consultar especialistas sobre sua opinião quanto à efetividade do Modelo Conceitual e o sistema de compartilhamento de recursos na solução dos problemas levantados na Seção 2.1. Para isso, esta avaliação faz uso de três questionários respondidos através da Web, onde cada questionário está relacionado a um dos problemas levantados:

Questionário I - relacionado ao problema de recursos com requisitos específicos.

Questionário II - relacionado ao problema de dependência entre recursos.

Questionário III - relacionado ao problema de heterogeneidade nas estruturas de curso.

Cada questionário visa responder as seguintes questões:

- Qual o impacto do problema? Ele ocorre em todas as áreas da Ciência da Computação? Com que frequência ele ocorre?

- A solução proposta neste trabalho através do modelo conceitual e o sistema de compartilhamento de recursos ajuda a resolver o problema?

Os questionários foram respondidos por especialistas no domínio de Ciência da computação, principalmente professores e estudantes de pós-graduação. Estes especialistas foram convidados através de e-mail enviado a lista de e-mails da Sociedade Brasileira de Computação, a participação foi feita de maneira voluntária. A Tabela 6.1 mostra a distribuição dos participantes que responderam cada um dos Questionários. A quantidade de participantes foi diferente entre os questionários pois eles foram aplicados separadamente e a participação em cada um deles era voluntária.

Tabela 6.1: Resumo dos participantes

Questionário	Professor	Estudante de Pós-graduação	Outros	Total
Questionário I	22	22	4	48
Questionário II	18	17	3	38
Questionário III	16	20	4	40

Cada questionário consiste de 4 etapas: i) Descrição do Problema, ii) Questionamentos sobre o problema, iii) Proposta de solução e iv) Questões sobre a solução. Assim, o participante deve ler a descrição do problema para compreendê-lo, em seguida ele avalia a importância do problema de acordo com sua experiência no uso e compartilhamento de recursos educacionais. Por fim, o participante deve ler a descrição proposta de solução deste trabalho para o problema citado e, então, indicar sua confiança na efetividade desta solução.

6.1.1 Frequência e ocorrência dos problemas

Em todos os questionários, os participantes foram perguntados sobre a ocorrência de cada problema nas diferentes áreas da Ciência da Computação. A Figura 6.1 mostra a distribuição das respostas para os três problemas.

Além disso, os participantes responderam sobre a frequência destes problemas. A distribuição das respostas é mostrada na Figura 6.2.

Figura 6.1: Distribuição das respostas sobre a ocorrência dos problemas na área de computação.

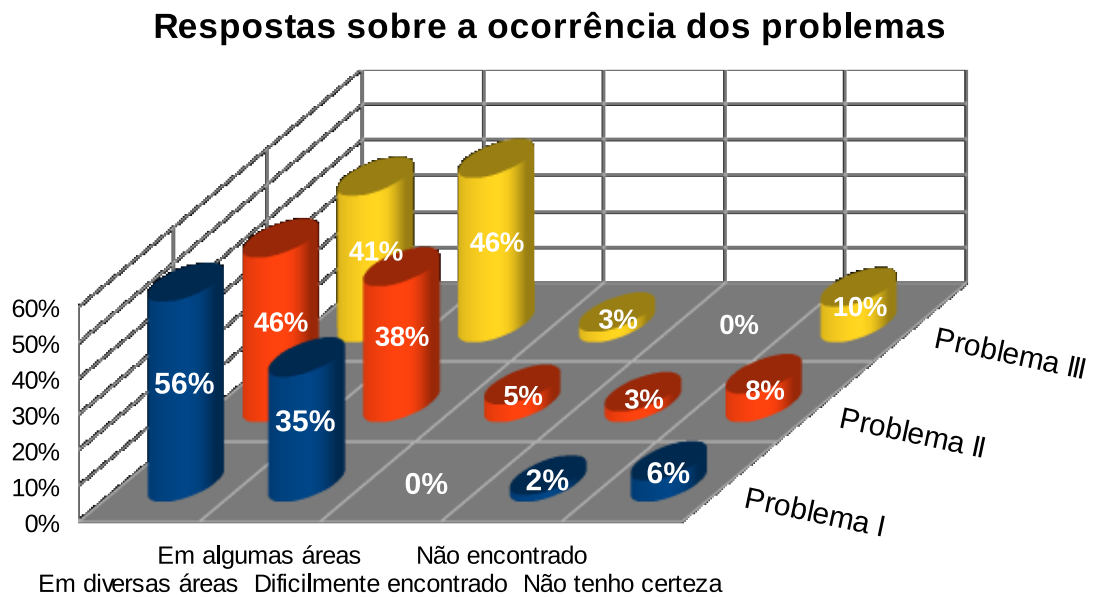
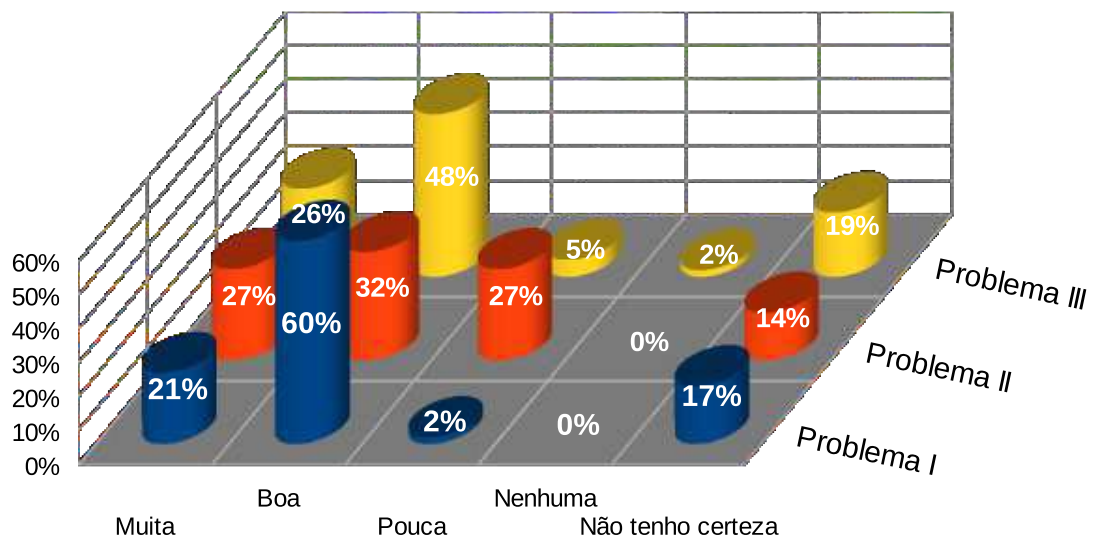


Figura 6.2: Distribuição das respostas sobre a frequência dos problemas na Ciência da Computação.

Respostas para: Com que frequência estes problemas ocorrem?



6.1.2 Questionário I: Recursos com requisitos específicos

Em relação ao problema, inicialmente foi perguntado sobre o impacto do uso de recursos educacionais com um requisito específico por um estudante que não domine este

requisito:

- 64,6% dos participantes apontaram que esse estudante terá problemas no uso que levarão à dificuldades ou até impossibilitarão a compreensão do recurso.
- 27,1% responderam que o estudante terá dificuldade mas isso não impossibilitará a compreensão do seu conteúdo.
- 2,1% acreditam que o estudante terá uma pequena dificuldade que não influenciará na compreensão do recurso.
- 6,3% disseram não ter certeza sobre o impacto deste problema.

A Tabela 6.2 mostra a distribuição de respostas em relação às perguntas sobre o uso do modelo conceitual como solução para o problema do compartilhamento de recursos com requisitos específicos. Os participantes leram a descrição da solução e responderam as perguntas apresentadas nesta tabela. Destaca-se nesta tabela que 85,4% dos participantes acreditam que a solução do modelo para identificação de requisitos específicos ajudaria na busca por recursos educacionais. Além disso, 72,9% acreditam que o modelo evitaria este problema.

Tabela 6.2: Respostas para o Problema I

Questão	Sim	Não	Não tenho certeza
Você acredita que a identificação dos requisitos específicos, como mostrado no modelo, evitaria o problema descrito neste questionário?	72,9%	10,4%	16,7%
Você acredita que a identificação dos requisitos específicos de cada recurso, como mostrado no modelo, facilitaria a busca por recursos educacionais?	85,4%	2,1%	12,5%

6.1.3 Questionário II: problema de Dependência entre Recursos Educacionais

A Tabela 6.3 apresenta as respostas relacionadas ao impacto do uso de um recurso educacional isolado dos recursos que ele depende. 83,7% dos participantes indicam

que algum grau de dificuldade na compreensão dos recursos que são usados separados dos recursos que eles dependam.

Tabela 6.3: Respostas para a pergunta: Qual o impacto:?

Opção	%	Número de respostas
Problemas no uso do recurso, dificultando sua compreensão ou até inviabilizando a mesma.	40,5%	
Dificuldade no uso do recurso mas não impossibilitando a compreensão de seu conteúdo.	43,2%	
Pequena dificuldade que não influenciará na compreensão do recurso.	10,8%	
Não tenho certeza.	5,4%	

A Tabela 6.4 mostra as respostas para questões relacionadas a solução proposta visando resolver o problema deste questionário.

Tabela 6.4: Respostas do Questionário II

Questão	Sim	Não	Não tenho certeza
busca por recursos educacionais seria melhor se mostrasse a dependência entre recursos?	78,4%	5,4%	16,2%
Na sua opinião, a identificação de coleções de recursos, como descrito acima, ajuda a evitar o uso isolado de recursos dependentes?	70,3%	16,2%	13,5%

No final deste questionário, os participantes foram perguntados se o agrupamento de recursos em coleções é útil para professores que estão buscando recursos educacionais para criação de um novo curso. 86,5% responderam ser muito útil, 10,8% responderam ser pouco útil, ninguém respondeu que não há utilidade. 2,7% responderam que não tinham certeza.

6.1.4 Questionário III: problema de heterogeneidade das estruturas de curso.

A Tabela 6.5 mostra as respostas relacionadas ao Questionário III. Destaca-se que 71,8% dos participantes acreditam que as estruturações dos cursos nos quais os recursos estão inseridos deveriam ser usadas como critério na busca por recursos educacionais. Estas respostas também demonstram um quantidade de considerável de participantes, superior a 25%, responderam não ter certeza da eficiência da proposta para resolução do problema. Nas próximas Seções nós discutiremos o significado desses resultados.

Tabela 6.5: Respostas para o Questionário III

Questão	Sim	Não	Não tenho certeza
O uso de recursos educacionais concebidos para cursos com diferentes estruturas pode causar dificuldade para o usuário deste recurso?	64,1%	10,3%	25,6%
Na busca por recursos educacionais, a estrutura do curso que o recurso está inserido deveria ser utilizada como critério para identificar os recursos que melhor se encaixem no perfil do usuário?	71,8%	2,6%	25,6%
O uso de estruturas de curso flexíveis para classificar recursos educacionais ajudam a encontrar recursos que melhor se encaixam no perfil do consumidor destes recursos?	71,8%	2,6%	25,6%
Esta abordagem auxilia a evitar o problema descrito neste questionário?	56,48%	7,7%	35,9%

Por fim, os participantes foram perguntados sobre a utilidade de informar a estruturação do curso para o qual o recurso foi construído para um professor que está buscando recursos educacionais para a criação de um novo curso. 76,9% deles responderam que essa informação é muito útil ao professor. 10,3% apontaram pouca utilidade e 2,6% não viram utilidade. 10,3% não tem certeza sobre isso.

6.1.5 Discussão da Avaliação

Os resultados encontrados nos questionários apontam, primeiramente, para uma concordância com os obtidos na Seção 2.2. Isto é, os resultados do Estudo Preliminar

mostram a ocorrência dos problemas abordados em diversas áreas da computação. Os resultados dos questionários também apontam para a mesma conclusão, ou seja, a considerável maioria dos participantes confirmaram a ocorrência e frequência dos problemas nas diversas áreas da computação. Além disso, os participantes dos Questionários também indicaram que estes problemas impactam na compreensão do conteúdo dos recursos educacionais. Em resumo, os resultados dos Questionários confirmam a existência e importância dos problemas abordados neste trabalho.

No questionário I, sobre o problema de recursos com requisitos específicos, 72,9% dos participantes responderam que a solução do modelo de representação dos requisitos específicos para cada recurso e o uso dessa informação na busca evitaria o problema abordado neste questionário. Além disso, 85,4% dos participantes acreditam que essa solução facilitaria a busca por recursos educacionais. Estes resultados mostram de forma consistente a confiança dos participantes nos benefícios e vantagens do modelo de integração como solução para o Problema I, tratado neste questionário.

No questionário II (Dependência entre Recursos), 70,3% dos participantes apontaram que a proposta de identificação de coleções de recursos ajuda a evitar o uso isolado de recursos dependentes. Mais ainda, 86,5% responderam como muito útil o agrupamento de recursos educacionais em coleções para professores que estão procurando recursos para criação de um novo curso. Desta forma, os resultados deste questionário mostraram que a abordagem de agrupamento de recursos em coleções foi considerada muito útil para a maioria dos participantes, além de ajudar a evitar o problema do uso isolado dos recursos educacionais dependentes entre si.

Por fim, no questionário III (Heterogeneidade nas Estruturas de Curso), 71,8% dos participantes concordaram que a estruturação flexível de cursos para classificar os recursos educacionais ajuda a encontrar recursos que melhor se adequem ao contexto do consumidor, ou seja, permite uma busca por recursos mais refinada sem a necessidade de análise individual de cada recurso. Entretanto, este questionário apresenta uma taxa considerável de incerteza dos participantes. 56,6% dos participantes acreditam que a abordagem proposta ajuda a evitar os problemas relacionados ao problema III, 7,7% acreditam que a abordagem não ajuda a resolver o problema e 35,9% dos participantes não tem certeza quanto a isso.

A incerteza destes participantes pode ter diferentes explicações: as informações contidas no questionário não foram claras o suficiente para que esses participantes tomassem uma resposta ou os participantes não tinham conhecimento apropriado sobre o tema para entender o problema, a solução e as perguntas. Como este é um questionário não assistido, não foi possível interagir com os participantes para responder questionamentos e tirar dúvidas. Assim, é recomendável que em trabalhos futuros sejam realizados novos experimentos de avaliação para confirmar os questionamentos deste questionário devido a grande quantidade de incerteza. Porém, apesar da considerável incerteza de parte dos participantes nesta questão, os resultados das demais questões apontam para a importância e necessidade de estruturas flexíveis para representação de recursos educacionais.

Em resumo, os resultados desta avaliação mostram a aprovação dos participantes em relação ao Modelo Conceitual e sua contribuição para ajudar a evitar/resolver os problemas descritos na Seção 2.1. Apesar desses resultados não serem definitivos para atestar a capacidade do Modelo Conceitual na solução dos problemas, a aprovação dos conceitos envolvidos na solução proposta por especialistas é um resultado positivo e demonstra o potencial da abordagem proposta, além da sua aceitação por parte deles.

6.2 Avaliação do processo de Autoria

Esta Seção apresenta um estudo de caso que busca avaliar o processo de inserção de recursos no sistema de compartilhamento de recursos educacionais proposto neste trabalho. Para isso, este estudo buscou analisar como ocorre a inserção dos recursos catalogados e analisados na Seção 2.2.

Foram definidas as seguintes questões de pesquisa que esta avaliação buscou responder:

- Q1: O Modelo Conceitual é capaz de representar recursos educacionais de cursos reais no domínio da Ciência da Computação?
- Q2: Professores, com o devido treinamento, são capazes de identificar a ocorrência dos Problemas em Aberto discutidos na Seção 2.1?

- Q3: Em cenários reais, o Modelo Conceitual e o sistema de compartilhamento de recursos são capazes de representar requisitos específicos de recursos educacionais (Problema I)?
- Q4: Em cenários reais, o Modelo Conceitual e o sistema de compartilhamento de recursos são capazes de representar coleções de recursos (Problema II)?
- Q5: Em cenários reais, O Modelo Conceitual e o sistema de compartilhamento de recursos são capazes de representar diferentes estruturas de curso e realizar o mapeamento de seus pontos em comum (Problema III)?

6.2.1 Descrição do processo de avaliação

Este processo de avaliação possui três estágios:

- Análise inicial dos recursos educacionais buscando identificar a ocorrência dos Problemas em Aberto e como eles podem ser representados no modelo de integração.
- Uso do Sistema de Autoria para criação dos Modelos de Curso para representação dos recursos usados nesse experimento.
- Avaliação de cenários que mostrem a eficiência do Modelo Conceitual e do sistema de compartilhamento na representação dos recursos educacionais e seu desempenho diante dos Problemas em Aberto.

Para o desenvolvimento deste processo, quatro professores da área de Ciência da Computação foram convidados para participar neste estudo de caso. Os participantes receberam as seguintes instruções:

- 1: Visualizar os vídeos tutoriais para entender o Modelo Conceitual e o funcionamento do Sistema de Autoria.
- 2: Analisar os recursos educacionais apresentados no relatório *Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Computer Science* (CURRICULA; SOCIETY, 2013) e adaptá-los ao Modelo Conceitual.
- 3: Identificar os cenários onde ocorrem os Problemas em Aberto.

4: Utilização do Sistema de Autoria para adicionar os recursos educacionais dos cursos analisados, seguindo o Modelo Conceitual.

Desta forma, inicialmente, eles assistiram um tutorial com o objetivo de compreender os objetivos do modelo de integração e o uso de suas entidades. Este tutorial foi realizado através de um recurso de vídeo com 26 minutos de duração. Em seguida, estes professores assistiram 4 vídeos tutoriais que mostram como utilizar o Sistema de Autoria ¹. A duração total desses quatro vídeos do Sistema de Autoria somam cerca de 20 minutos. Assim, os recursos usados no treinamento dos professores somaram um total de 46 minutos de vídeo.

Em seguida, os participantes analisaram os recursos dos cursos presente no documento da ACM/IEEE e apresentados na Seção 2.2. Eles analisaram esses recursos educacionais buscando definir a estruturação de tópicos desses cursos para a construção dos Modelos de Curso e suas estruturas de tópicos. Além disso, eles procuraram identificar a existência de Problemas em Aberto nestes cursos. A distribuição dos cursos se deu de acordo com a área de afinidade de cada participante e os mesmos ficaram responsáveis por fazer essa divisão. A duração total do processo durou 7 dias, mas o tempo gasto por cada um foi variável devido ao tamanho heterogêneo dos cursos analisados.

Diferente do estudo realizado na Seção 2.2 os professores buscaram detalhar de maneira mais profunda a organização de tópicos dos cursos. Ou seja, no primeiro estudo buscou caracterizar o panorama de tópicos abordados e o seu sequenciamento, enquanto o segundo buscou analisar os tópicos com uma granularidade mais fina.

Com o treinamento apropriado, os professores criaram os Modelos de Curso e adicionaram os recursos ao sistema. Após isso, eles definiram e analisaram cenários que demonstraram a efetividade do modelo como solução para os Problemas em Aberto. Estes cenários são apresentados no decorrer desta Seção.

Os cursos apresentados na Seção 2.2 foram representados no Modelo Conceitual através do Sistema de Autoria. No total, foram catalogados 24 Modelos de Curso com um total de 1417 tópicos. Assim, a questão de pesquisa **Q1** foi respondida positiva-

¹Os vídeos utilizados neste experimento podem ser encontrados em sites.google.com/site/tipsufal2015/

mente, visto que o modelo foi capaz de representar recursos educacionais provenientes de cursos reais da Ciência da Computação. Além disso, como mostrado no restante dessa Seção, **Q2** também foi respondida positivamente porque os participantes deste estudo de caso foram capazes de identificar os Problemas descritos na Seção 2.1.

Para responder as demais questões, foram definidos, com a ajuda dos professores, três cenários para análise do funcionamento da abordagem proposta na solução dos problemas definidos na Seção 2.1. Cada cenário está relacionado a um problema e neles são mostrados o funcionamento do sistema de compartilhamento de recursos educacionais.

6.2.2 Problema I: Requisitos Específicos

Este problema é relacionado à identificação de recursos que possuam requisitos específicos que não fazem parte dos cursos que eles fazem parte (conceitos externos). O objetivo deste cenário é verificar a eficiência do Modelo na identificação de requisitos específicos de recursos educacionais.

O Modelo Conceitual define a propriedade *requires_topic* para indicar a dependência em relação a um tópico de outro modelo de curso. Esta Seção apresentará como o sistema de compartilhamento permite a representação dos requisitos específicos e como eles podem facilitar o processo de busca.

Inicialmente, o sistema de autoria permite que o recurso seja classificado de acordo com seus tópicos relacionados e também seus requisitos específicos. A distinção desses relacionamentos é explícita no modelo (propriedades diferentes). A Figura 6.3 mostra a tela de visualização de um recurso educacional² em uma página do sistema de autoria.

Ainda na Figura 6.3, a parte central da tela mostra que o recurso é relacionado ao tópico *Aprendizagem de Máquina Básica* (Basic Machine learning) e tem um requisito específico relacionado ao tópico raiz de um modelo de curso sobre a **Programação em Lisp** (Lisp Programming). Mais abaixo, o sistema identifica que este recurso faz parte de uma coleção de recursos (*Artificial Intelligence - Maryland Collection*) que será discutido na próxima Seção.

²Este recurso pode ser encontrado em <http://www.csee.umbc.edu/courses/undergraduate/471/fall11/train-biases.lisp>

Figura 6.3: Visualização de um recurso do tópico de Aprendizagem de Máquina no sistema de Autoria.



O sistema de autoria apresenta, de maneira separada, os tópicos relacionados e os requeridos de um recurso. Assim, o usuário do sistema de compartilhamento se torna capaz de interpretar detalhes sobre seu conteúdo e seus requisitos específicos sem realizar uma análise mais profunda. Neste exemplo, o recurso de aprendizagem de máquina utiliza exemplos baseados na linguagem Lisp, assim o usuário que precisa ter conhecimento sobre essa linguagem para entender o conteúdo deste recurso.

Com a devida anotação, é possível alertar os usuários sobre requisitos específicos de cada recurso. A Figura 6.4 mostra o protótipo do sistema de navegação (Navigator) com a apresentação dos resultados da funcionalidade de busca por recursos educacionais e seus respectivos requisitos. Este exemplo mostra a busca por recursos relacionados ao termo *Machine Learning*.

Desta forma, o modelo conceitual adiciona informações específicas sobre os recursos educacionais e estas informações podem ser utilizados na sua seleção. A Figura 6.4 mostra claramente aos usuários os requisitos de cada recurso. Assim, o usuário pode evitar recursos que precisam de conceitos que ele não entenda.

Assim, é possível ver que o modelo conceitual e o sistema de compartilhamento proposto neste trabalho é capaz de representar requisitos específicos dos recursos educacionais, e informar ao usuário sua existência, ajudando na seleção destes recursos. Assim, este cenário responde positivamente ao questionamento **Q3** porque mostra que o modelo conceitual é capaz de representar requisitos específicos dos recursos educacionais (Problema I).

Figura 6.4: Busca por recursos no sistema de compartilhamento, mostrando seus requisitos específicos.

Core Navigator

Home

Machine learning Search

Results for Machine Learning

Resources	Requirements
http://www.manning.com/pharrington/MLIAchapter1sample.pdf	python
http://enr.case.edu/rav_soumya/ai_course_exemplar/lecture12.pdf	-
http://www.csee.umbc.edu/courses/undergraduate/471/fall11/c20_leaming1.ppt	Lisp
https://www.youtube.com/watch?v=UzxYlbK2c7E	-
http://www.inf.ed.ac.uk/teaching/courses/dme/html/Tutorial.pdf	Java Weka

Outro ponto a se observar é a integração entre os requisitos dos recursos e o sistema de compartilhamento. Isto é, se um estudante encontra um recurso que precise de um conteúdo que ele não domine, ele pode utilizar o mesmo sistema para encontrar um outro recurso que o ajude a dominar o conteúdo que é necessário para utilizar o primeiro recurso. Por exemplo, na Figura 6.3, o estudante pode utilizar o sistema para procurar por recursos educacionais sobre a linguagem Lisp com o objetivo de obter o conhecimento necessário para compreender o recurso sobre Aprendizagem de Máquina.

Como desvantagem, os professores indicaram que a representação de requisitos específicos e a sua anotação no sistema é uma atividade custosa em relação ao tempo. Especialmente quando o professor que está inserindo o recurso no sistema não é o criador do mesmo, demandando um tempo adicional para a análise do recurso.

Além disso, é possível que um requisito de um recurso não seja percebido pelo professor e ele não adicione este requisito ao recurso. Neste contexto, os professores sugeriram uma abordagem colaborativa para adicionar requisitos específicos. Ou seja, um usuário pode identificar um requisito específico e submeter uma sugestão para inclusão do requisito para complementar as informações sobre o recurso.

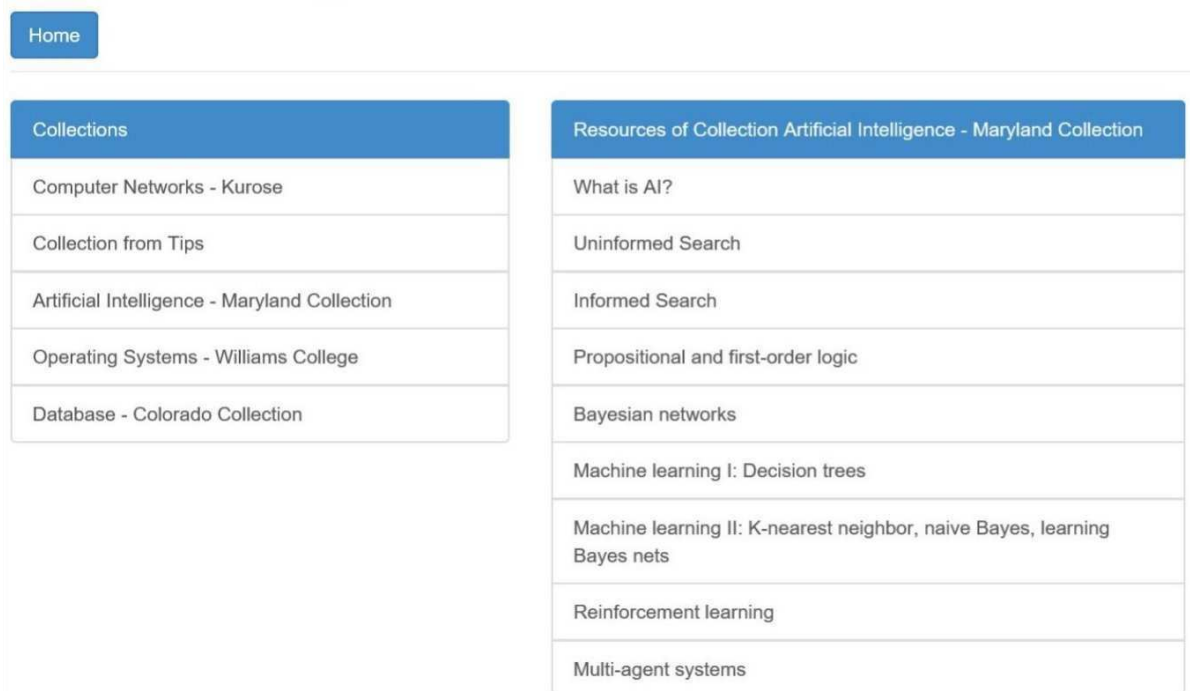
6.2.3 Problema II: Dependência entre recursos

A criação de recursos educacionais em conjunto para um mesmo curso pode gerar uma relação de dependência entre eles. Neste contexto, a organização de recursos educacionais em coleções busca agrupar estes recursos construídos dentro do mesmo contexto para seu uso em conjunto. Neste cenário será analisado a representação destas coleções utilizando o sistema de compartilhamento.

A Figura 6.3 apresentou a tela de visualização de um recurso educacional no sistema de autoria. Esta tela mostra o campo relacionado às coleções que o recurso faz parte. Por esse campo, o usuário pode acessar a página da coleção que mostra seus recursos, como mostrado na Figura 6.5. Assim, a questão **Q4** também é respondida positivamente pelo fato deste cenário mostrar a efetividade do modelo na representação de recursos educacionais criados dentro de um mesmo contexto.

Figura 6.5: Visualização de uma coleção na área de Inteligência Artificial no sistema de autoria.

Core Authoring



The screenshot displays the 'Core Authoring' interface. At the top, there is a 'Home' button. Below it, there are two main panels. The left panel, titled 'Collections', lists several collections: 'Computer Networks - Kurose', 'Collection from Tips', 'Artificial Intelligence - Maryland Collection', 'Operating Systems - Williams College', and 'Database - Colorado Collection'. The right panel, titled 'Resources of Collection Artificial Intelligence - Maryland Collection', lists various resources: 'What is AI?', 'Uninformed Search', 'Informed Search', 'Propositional and first-order logic', 'Bayesian networks', 'Machine learning I: Decision trees', 'Machine learning II: K-nearest neighbor, naive Bayes, learning Bayes nets', 'Reinforcement learning', and 'Multi-agent systems'.

Após a realização do experimento, os professores destacaram que o agrupamento de recursos educacionais em coleções facilita a busca por recursos que foram feitos dentro de um mesmo contexto. Eles indicaram que isso torna mais rápido o reuso de recursos

educacionais pois existem menos inconsistências em recursos de uma mesma coleção. Entretanto, eles apontaram que ainda existem lacunas relacionadas ao problema de dependência entre recursos educacionais. Eles afirmaram que ainda é necessário prover uma solução que indique claramente a dependência entre os recursos.

Neste contexto, o agrupamento de recursos educacionais em coleções deixam para o usuário a responsabilidade de verificar se a dependência entre recursos permite seu uso separadamente. Isto é, o recurso fazer parte de uma coleção alerta ao consumidor a possibilidade de dependência entre recursos educacionais e ele é o responsável por avaliar a dependência entre esses recursos e determinar se ela limita o reuso destes recursos. Entretanto, ainda é necessário definir mecanismos para a representação em detalhes a dependência entre recursos educacionais para facilitar o processo onde o usuário decide se a dependência entre os recursos inviabiliza o seu uso separado.

6.2.4 Problema III: Cursos com Estruturas Heterogêneas

Este cenário se refere à capacidade do modelo em representar diferentes estruturas de curso e a integração entre eles, além demonstrar como essa representação auxilia no processo de busca por recursos educacionais. Para isso, inicialmente, foi utilizado o exemplo da área de redes de computadores mostrado na Figura 2.1 na Seção 2.1.

Neste cenário foram apresentadas duas diferentes estruturas de curso da área de redes de computadores baseado em dois livros. Cada um desses livros foram utilizados para criar dois modelos de curso no sistema de compartilhamento. Sejam os modelos: *Kurose* (baseado em (KUROSE; ROSS, 2006)) e *Tanenbaum* (baseado em (TANENBAUM, 2003)). Após o design dos modelos no sistema, eles foram devidamente mapeados com as propriedades de *equivalência* (4 vezes) e *generalização* (2 vezes), como mostrado na Figura 2.1.

Em seguida, os professores envolvidos neste experimento foram responsáveis por encontrar recursos relacionados ao domínio de redes de computadores e analisar seu conteúdo com o objetivo de classificá-los de acordo com o modelo apropriado. Esta decisão se baseia no sequenciamento de tópicos de cada modelo, onde para um recurso ser classificado em um tópico específico ele não pode utilizar conteúdo que não foi apresentado em um tópico anterior deste modelo.

Por exemplo, um recurso sobre *Camada de Transporte* que usa conceitos apresentados na *Camada de Enlace* não deve ser classificado no modelo *Kurose*, porque neste modelo a *Camada de Enlace* aparece depois da *Camada de Transporte*. Assim o estudante utilizaria um recurso que necessita de conceitos que ainda não foram apresentados a ele.

Em outro contexto, este mesmo recurso mencionado acima pode ser classificado no modelo *Tanenbaum*, pois o conteúdo da *Camada de Enlace* é apresentado antes da *Camada de Transporte* neste modelo.

Para a análise deste cenário, os professores buscaram e analisaram tópicos relacionados à *Camada de Enlace*. Essa atividade mostrou alto custo em relação ao tempo para a análise desses recursos, inviabilizando, assim, uma análise mais profunda nos demais tópicos. Os professores analisaram 13 recursos educacionais relacionados a este tópico. 5 deles se enquadram exclusivamente no modelo *Kurose*, enquanto 4 foram classificados como exclusivos no modelo *Tanenbaum*. Os 4 recursos restantes não utilizaram conceitos de outros tópicos e foram classificados em ambos os modelos.

A Figura 6.6 mostra a busca por recursos educacionais utilizando o protótipo do sistema Navigator. Nesta Figura, o usuário procura por tópicos relacionados à *Camada de Enlace* e que tenha como restrição de tópicos anteriores a *Camada Física* e *Introdução*.

No cenário acima, os resultados da busca apontam o tópico *Camada de Enlace de Dados (Data Link layer)* do modelo *Tanenbaum* com 9 recursos educacionais e exatamente com os mesmos tópicos anteriores. Mais abaixo na Figura 6.6, o segundo resultado foi o tópico *camada de Enlace (Link Layer)* do modelo *Kurose* com 8 recursos educacionais mas com três tópicos anteriores que não satisfazem os critérios de busca (*camadas de aplicação, transporte e rede*).

A busca por recursos educacionais especificando tópicos anteriores permite ao sistema indicar o modelo de curso mais apropriado ao usuário. Este cenário mostra a capacidade do modelo conceitual em representar diferentes formatos de estruturas de curso, o uso do sistema de autoria para inserir recursos educacionais e como as diferentes estruturas de curso podem ser utilizadas para representar o contexto dos recursos educacionais.

Figura 6.6: Busca por tópicos utilizando restrição de tópicos anteriores no sistema Navigator.

The screenshot displays the 'Core Navigator' interface. At the top, there is a 'Home' button. Below it, the interface is divided into two main sections: 'Topics' and 'Previous topics'. In the 'Topics' section, a search box contains 'Link layer' and a 'Search' button. In the 'Previous topics' section, a search box contains 'physical Layer' and a 'Search' button. Below these, there are two panels: 'Previous topics added' and 'Result for previous topics'. The 'Previous topics added' panel shows 'Intro' and 'physical layer' with red 'x' marks. The 'Result for previous topics' panel shows 'physical layer'. Below this, the 'Results for Link layer' section is shown, containing two model entries. The first model is 'Tanenbaum' with 9 resources, showing 'Data link layer' as the current topic and 'Intro' and 'physical layer' as previous topics. The second model is 'Kurose' with 8 resources, showing 'Link layer' as the current topic and 'Intro', 'application layer', 'transport layer', and 'network layer' as previous topics.

Por fim, o cenário mostrou que o modelo conceitual é capaz de representar diferentes estruturas de curso e fazer o mapeamento entre elas. Assim, a questão Q5 é respondida positivamente neste cenário.

6.2.5 Conclusões

Este estudo de caso buscou avaliar a capacidade de inserção de recursos educacionais no sistema de compartilhamento de recursos. Para isso, quatro professores foram convidados a utilizar o sistema de Autoria para cadastrar os recursos catalogados na Seção 2.2. Além disso, o estudo de caso analisou a capacidade do Modelo Conceitual em representar os recursos vindos de cursos reais disponibilizados na Web.

Para a realização deste processo, os professores participaram de um treinamento através de tutoriais em formato de vídeo com o objetivo de introduzir as entidades e objetivos do Modelo Conceitual. Também ocorreu o treinamento relacionado ao uso do sistema de autoria. Este processo de treinamento obteve sucesso visto que após

a realização deste processo os professores apresentaram o domínio necessário no uso do sistema de autoria para realizar as atividades do estudo de caso.

Outro resultado positivo obtido neste estudo de caso foi o sucesso na inserção dos recursos no sistema de compartilhamento de recursos educacionais. Os professores criaram os Modelos de curso e estruturaram seus tópicos de acordo com a estrutura hierárquica e de sequenciamento. Este sucesso mostra o bom funcionamento do sistema de Autoria e a habilidade do Modelo Conceitual em representar os recursos educacionais provenientes de cursos reais.

Após isso, foram levantados cenários que foram utilizados como base para demonstrar a capacidade do Modelo Conceitual em atuar como solução para os problemas discutidos na Seção 2.1. No cenário I foi mostrado como o Modelo Conceitual representa os requisitos específicos de recursos educacionais e como essa representação pode, conceitualmente, ser utilizada para facilitar a identificação destes requisitos e facilitar o processo de busca. O cenário II mostrou o agrupamento de recursos educacionais em coleções para indicar ao usuário a possibilidade de dependência entre recursos. Por fim, o cenário III utilizou o exemplo na área de redes de computadores, onde os professores buscaram por recursos relacionados ao tópico sobre a *Camada de Enlace* e foi mostrado que alguns desses tópicos se adequavam a apenas um modelo e não ao outro. Além disso, foi mostrado o conceito da funcionalidade de busca que utiliza o conhecimento prévio do usuário para indicar o modelo de curso mais apropriado.

Desta forma, o experimento mostrou cenários que demonstram a capacidade do Modelo Conceitual e do sistema de compartilhamento de recursos educacionais na representação destes recursos, considerando os problemas abordados neste trabalho.

6.3 Avaliação do Processo de Consulta

Como dito anteriormente, o objetivo desta avaliação é verificar a capacidade de construção de aplicações que consumam recursos educacionais do sistema de compartilhamento. Neste contexto, a construção destes sistemas envolve o uso dos serviços de consulta que foram descritos na Seção 5.4. Para o correto uso destes serviços, é necessário compreender o Modelo Conceitual proposto neste trabalho.

Este estudo buscou responder as seguintes questões:

- Q1** - Os serviços permitem a construção de aplicações que naveguem pelas estruturas do Modelo Conceitual?
- Q2** - Qual o tempo de desenvolvimento de uma aplicação simples de navegação pelas estruturas do Modelo Conceitual?
- Q3** - Como se dá a compreensão das entidades do Modelo Conceitual e as funcionalidades dos serviços para desenvolvedores sem conhecimento prévio sobre eles?

Nesta avaliação, 43 estudantes do 4º ano do curso técnico de nível médio em Informática do Instituto Federal de Alagoas foram divididos em 10 grupos, onde cada grupo era responsável por criar uma aplicação Web que utilizasse os Serviços de Consulta para navegar nas estruturas do Modelo Conceitual e acessar os recursos educacionais. Esta atividade foi proposta como projeto de encerramento da disciplina de Programação Web, onde os estudantes haviam estudado as linguagens HTML³, CSS⁴, Javascript⁵ e PHP⁶.

O desenvolvimento do projeto teve duração de 35 dias, durante esse período, os estudantes tiveram 4 horas de encontros semanais para desenvolvimento e acompanhamento do projeto. Este acompanhamento foi feito pelo professor da disciplina que teve o papel de instrutor no desenvolvimento do projeto.

Ocorreram 5 encontros com o instrutor, no primeiro encontro o professor apresentou os detalhes do projeto e apresentou aos estudantes O Modelo Conceitual em uma apresentação de 1 hora de duração. Além disso, os estudantes receberam treinamento relacionado aos conceitos de Serviços Web e como acessá-los utilizando a linguagem PHP. Este treinamento foi necessário já que o uso de Serviços não foi abordado na disciplina. Pelo mesmo motivo, o uso da linguagem PHP para manipular o formato JSON também foi discutido. Os alunos foram questionados sobre o uso prévio de Serviços Web e em 4 grupos havia pelo menos um participante que já havia trabalhado com Serviços Web em algum nível.

³<http://www.w3.org/html/>

⁴<http://www.w3.org/Style/CSS/>

⁵<https://www.javascript.com/>

⁶<http://php.net/>

Nos demais encontros, os estudantes poderiam utilizá-los para o desenvolvimento do projeto e tirar dúvidas com o professor. Entretanto, o desenvolvimento não ocorria exclusivamente durante os encontros e os estudantes ficaram livres para implementar o sistema de acordo com sua disponibilidade.

Foram definidas as seguintes funcionalidades para o Sistema de Navegação:

- Listar os Domínios cadastrados no sistema.
- Navegação entre os modelos de curso de cada domínio.
 - O sistema deve carregar os domínios e possibilitar que o usuário liste os modelos de cada domínio.
- Visualização dos Tópicos de cada Modelo.
 - Visão da estrutura hierárquica e de sequência.
- Acesso aos recursos educacionais de cada Tópico.

Todos os grupos entregaram o projeto dentro do prazo. Após a entrega do projeto, os alunos responderam um questionário buscando avaliar o andamento do projeto, esse questionário foi respondido em grupo. Além disso, o professor fez uma análise dos projetos para verificar se as funcionalidades foram implementadas corretamente.

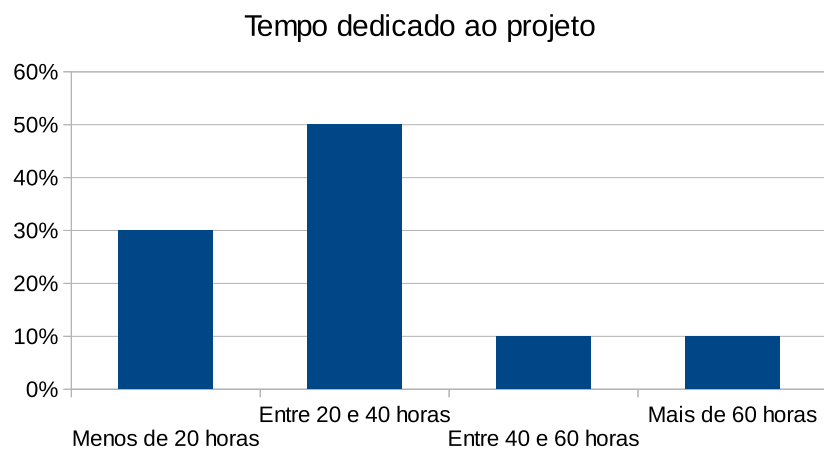
Em relação à análise dos projetos, 9 dos 10 grupos implementaram de maneira satisfatória os requisitos definidos para o sistema de navegação. O projeto que não atendeu aos requisitos apresentou incompletude na navegação das estruturas do Modelo Conceitual, o sistema listava os Domínios e os Modelos de Curso mas não conseguia apresentar os Tópicos na estrutura hierárquica nem o acesso aos Recursos. Em uma auto-avaliação sobre os motivos do insucesso no desenvolvimento do projeto, o grupo alegou que fez má gestão do tempo disponibilizado para o projeto, deixando muitas tarefas para a última semana que não puderam ser concluídas dentro do prazo.

Desta forma, comprovou-se que os serviços de consulta implementam as funcionalidades de navegação nas estruturas do modelo conceitual e podem ser utilizados para a construção de aplicações que utilizem o Modelo Conceitual para consumo de recursos educacionais. O uso dos serviços teve sucesso em 9 dos 10 grupos envolvidos no estudo,

e o grupo que não obteve sucesso alegou motivos que não envolvem o uso dos serviços. Desta forma, responde-se positivamente à questão **Q1** sobre a viabilidade do uso dos serviços para a construção de aplicações que naveguem pelas estruturas do Modelo Conceitual.

Os estudantes foram questionados sobre o tempo médio que foi empregado no desenvolvimento do projeto. A Figura 6.7 mostra a distribuição das respostas. 30% dos grupos respondeu que dedicou menos de 20 horas no desenvolvimento do projeto, 50% indicou que dedicou entre 20 e 40 horas, 10% entre 40 e 60 horas e 10% mais de 60 horas. Apesar dessa medição não ser precisa, já que não foi utilizado nenhuma ferramenta de medição específica, a grande maioria dos grupos (80%) responderam que dedicaram menos de 40 horas no desenvolvimento do trabalho, o que demonstra uma tendência entre os grupos.

Figura 6.7: Distribuição das respostas dos grupos sobre o tempo dedicado ao desenvolvimento do projeto.



Neste contexto, a pergunta **Q2** questiona o tempo de desenvolvimento de uma aplicação simples de navegação utilizando os serviços de consulta. Com os resultados obtidos neste estudo, conclui-se que o desenvolvimento desta aplicação pode ocorrer num prazo de 35 dias (duração do estudo), onde 80% dos grupos de desenvolvimento alegaram ter dedicado menos de 40 horas no desenvolvimento do projeto. Deve se considerar também que os grupos envolvidos no estudo eram compostos exclusivamente por estudantes de nível técnico que, na sua maioria, não tiveram contato anterior com desenvolvimento orientado a serviços. Desta forma, o tempo de desenvolvimento da

aplicação por uma equipe de especialistas tende a ser menor do que os obtidos nesse estudo.

Em outra perspectiva, os grupos responderam questões acerca dos conceitos e tecnologias utilizados no projeto. Essas questões utilizaram a escala de Likert (GÜNTHER, 1999) em suas respostas, onde os grupos indicaram sua concordância com determinada afirmação. A Tabela 6.6 contém a distribuição das respostas dos grupos para essas questões.

Tabela 6.6: Respostas dos grupos para os questionamentos sobre os conceitos e tecnologias envolvidas no projeto.

Afirmação	Concordo Totalmente	Concordo Parcialmente	Neutro	Discordo Parcialmente	Discordo totalmente
É fácil compreender as entidades do Modelo Conceitual.	10%	30%	30%	30%	0%
É fácil utilizar Serviços Web.	0%	50%	50%	0%	0%
É fácil compreender as funcionalidades de cada serviço.	0%	60%	0%	40%	0%
É fácil manipular os dados recebidos pelos serviços no padrão JSON.	30%	20%	20%	30%	0%

Inicialmente, os grupos opinaram sobre a frase: *é fácil compreender as entidades do Modelo Conceitual*. Um grupo concordou completamente, 3 concordaram parcialmente, 3 responderam como neutros em relação à afirmação e 3 discordaram parcialmente. As respostas mostram equilíbrio em relação à facilidade de compreensão das entidades do Modelo Conceitual. Este resultado demonstra a necessidade em melhorar a apresentação dessas entidades e como elas se relacionam para facilitar sua compreensão.

Em seguida, os grupos opinaram sobre a frase: *é fácil utilizar Serviços Web*, onde 50% dos grupos concordaram parcialmente e 50% se posicionaram como neutros em relação à afirmação. Assim, apesar da maioria dos participantes não ter tido contato com serviços antes do projeto, nenhum grupo apresentou algum tipo de discordância em relação à facilidade do uso de serviços. Já em relação à frase: *é fácil compreender as funcionalidades de cada serviço*, 60% dos grupos concordaram parcialmente, enquanto

40% dos grupos discordaram parcialmente. Assim como na primeira afirmação, sobre a compreensão das entidades do Modelo Conceitual, há um equilíbrio na distribuição das respostas. Assim, é preciso trabalhar na documentação e apresentação dos serviços, já que alguns grupos apontaram certa dificuldade na compreensão de suas funcionalidades.

Por fim, os grupos opinaram sobre a frase: *é fácil manipular os dados recebidos pelos serviços no padrão JSON*, onde 30% concordaram totalmente, 20% concordaram parcialmente, 20% se mantiveram neutros em relação à afirmação e 20% discordaram parcialmente. Apesar da novidade em se utilizar o padrão JSON por parte dos estudantes e as respostas dos serviços possuírem anotações semânticas, como definidas na Seção 5.4, parte considerável das respostas concordaram com a facilidade de manipulação das respostas dos serviços. Com a melhora na documentação do Modelo Conceitual e dos serviços de consulta é possível facilitar a compreensão e manipulação das respostas dos serviços.

Neste contexto, a questão **Q3** perguntou sobre como ocorre a compreensão das entidades do Modelo Conceitual e as funcionalidades dos serviços de consulta por parte de desenvolvedores. Nesta perspectiva, um fato positivo foi o sucesso na construção das aplicações por parte dos grupos participantes no estudo (9 entre 10 grupos completaram o desenvolvimento da aplicação). A construção bem sucedida da aplicação requer a compreensão das entidades e das funcionalidades dos serviços. Entretanto, as respostas obtidas nos questionários mostram que as opiniões dos grupos não há consenso em apontar como fácil a compreensão das entidades do modelo e dos serviços.

Assim, é preciso melhorar a apresentação do Modelo Conceitual e a documentação dos serviços de consulta com o objetivo de facilitar a sua compreensão e, consequentemente, a construção de aplicações que consumam recursos educacionais do sistema de compartilhamento baseado no Modelo Conceitual. No contexto do experimento realizado, o contato semanal com o instrutor ofereceu suporte à compreensão destes conceitos e facilitou no andamento do projeto. Como este suporte não é comum, fica ainda mais evidente a necessidade em aperfeiçoar o material de suporte ao uso do Modelo e dos serviços de consulta. Como atenuante, vale ressaltar que este foi o primeiro experimento que envolveu o uso dos serviços de consulta e obteve sucesso no desenvolvimento das aplicações.

Em resumo, este estudo analisou o desenvolvimento de aplicações que utilizam os serviços de consulta para navegação nas estruturas do Modelo Conceitual. Dos 10 grupos envolvidos, 9 obtiveram sucesso no desenvolvimento da aplicação. O grupo que não obteve sucesso alegou má gestão do tempo como motivo para não conseguir concluir a aplicação dentro do prazo. Os resultados mostram que os serviços de consulta implementam de forma correta a navegação nas entidades do Modelo Conceitual.

Capítulo 7

Conclusão e Sugestões para Trabalhos Futuros

Inicialmente, este trabalho se dedicou a descrever três problemas em aberto na representação e compartilhamento de recursos educacionais na Web, sendo eles: (problema I) - falta de descrição de requisitos específicos para o uso de recursos educacionais; (problema II) - ausência de representação da dependência entre recursos educacionais e (problema III) - Necessidade de flexibilidade nas estruturas para classificação de recursos educacionais. Os problemas estão relacionados à lacunas nas descrições dos recursos que não possuem informações relevantes para a sua seleção e uso.

Os problemas I e II resultam no uso inadequado de recursos educacionais por usuários não estão preparados para o seu uso. O problema I se refere a necessidade de representar requisitos específicos de recursos educacionais e informá-los aos consumidores destes recursos durante o processo de busca. Esta informação tem como objetivo evitar que o consumidor utilize um recurso sem o embasamento teórico necessário, o que implica em dificuldades em seu uso.

O problema II trata do problema do uso separado de recursos que foram concebidos para uso integrado. O uso separado de um destes recursos pode apresentar inconsistências e ausência de informações que inviabilizem ou dificultem seu uso.

Por fim, o problema III se trata da necessidade de diferentes estruturas para classificação dos recursos educacionais tendo em vista que eles foram construídos para atuar em determinados contextos e seu uso fora de contexto pode ser inadequado. As-

sim, se torna necessário prover mecanismos para que os criadores de recursos possam compartilhá-los em estruturas que representem corretamente o contexto de uso dos recursos.

Após a descrição dos problemas, foi realizado um estudo preliminar para caracterizar a sua ocorrência em cursos reais do domínio da Ciência da Computação. Este estudo buscou analisar as estruturas dos cursos e verificar pontos de heterogeneidade que remetessem ao problema III. Além disso, os recursos destes cursos foram analisados para caracterizar a ocorrência do problema I. Os resultados deste estudo mostraram a existência dos problemas nos cursos estudados, evidenciando a heterogeneidade de suas estruturas e a existência de requisitos específicos nos recursos educacionais.

Em outro momento, a caracterização da importância destes problemas também é discutida no primeiro estudo avaliativo do Capítulo 6, em que questionários, respondidos por professores e estudantes de pós-graduação, perguntaram acerca da experiência e opinião dos entrevistados sobre a ocorrência e importância desses problemas. As respostas desses questionários mostram que, na opinião dos especialistas entrevistados, esses problemas são frequentes e causam prejuízos no processo de busca e reuso dos recursos educacionais.

Após a definição dos problemas e sua importância, os trabalhos que apresentam propostas para padronização de metadados de recursos educacionais e/ou o enriquecimento semântico destes metadados foram analisados com o objetivo de verificar sua contribuição na solução destes problemas. Os resultados desta análise mostram que alguns trabalhos apresentam contribuições na solução destes problemas, mas estas soluções ainda possuem limitações, deixando incompleta a solução destes problemas.

Por exemplo, existem soluções que representem a noção de dependência de um recurso educacional, mas não há diferenciação entre a dependência entre recursos e requisitos específicos, reduzindo assim a precisão da informação dado ao consumidor do serviço. Em relação ao problema III, algumas abordagens, como (INTUITEL, 2015), que permitem que o usuário crie a estruturação de um curso (*Learning Pathways*) para classificação dos recursos. Porém, faltam mecanismos para realizar o mapeamento entre estas estruturas, causando isolamento entre os recursos e dificultando sua busca e reuso.

Diante deste cenário, foi construído um Modelo Conceitual, baseado no modelo Mathema(COSTA; PERKUSICH; FERNEDA, 1998), que descreve a estrutura de conhecimento na qual os recursos educacionais serão classificados de acordo com seu conteúdo. Este Modelo é representado por uma Ontologia de Integração para viabilizar a sua integração semântica. Além disso, um sistema de compartilhamento de recursos educacionais baseado no Modelo Conceitual foi implementado com o objetivo de demonstrar a viabilidade do uso deste modelo. Este sistema disponibiliza o acesso aos recursos através de serviços Web com descrições semânticas baseadas na Ontologia de Integração para facilitar o uso destes serviços e a interpretação de seus resultados.

Este Modelo Conceitual possui as seguintes funcionalidades para solução dos problemas abordados neste trabalho: (i) uma propriedade para especificação de requisitos específicos de recursos educacionais, (ii) agrupamento de recursos educacionais em coleções de recursos para indicar a possibilidade de dependência entre recursos, e (iii) a modelagem de estruturas de cursos flexíveis e integradas entre si para classificação de recursos educacionais.

Para avaliação deste trabalho, foram realizados três processos avaliativos envolvendo o Modelo Conceitual e o sistema de compartilhamento. Na primeira avaliação, especialistas responderam um questionário para indicar sua confiança na capacidade do modelo como solução para os problemas discutidos neste trabalho. O segundo estudo buscou avaliar o processo de inserção de recursos no sistema de compartilhamento e a capacidade do Modelo Conceitual em representar recursos educacionais vindo de cursos disponibilizados na Web. Finalmente, o terceiro estudo buscou avaliar o módulo de consulta do sistema de compartilhamento através da implementação de aplicações Web que fazem uso dos serviços de consulta.

Os resultados destas avaliações mostram as contribuições da abordagem proposta neste trabalho para a solução dos problemas discutidos. A definição de requisitos específicos dos recursos educacionais permite que usuários do sistema de compartilhamento identifiquem a existência destes requisitos ainda no processo de escolha dos recursos, ajudando a evitar o problema I. Além disso, o Modelo Conceitual define a criação de estruturas de conhecimento flexíveis e integradas para classificação dos recursos educacionais como solução para o problema III.

Em relação ao problema II, que versa sobre a identificação da dependência entre recursos educacionais, este trabalho utilizou como premissa que existem diferentes níveis de dependência entre os recursos educacionais e que o usuário que pretende reutilizar estes recursos é responsável por analisá-los e decidir se estes podem ser reutilizados separadamente ou não. Neste contexto, a solução proposta define o agrupamento de recursos criados em um mesmo contexto em coleções para alertar quanto à possibilidade de dependência entre estes recursos. Esta solução apresenta uma solução parcial do problema II. Apesar de se tratar de uma solução útil, a solução ideal envolve classificar a dependência em níveis para dar informações que ofereçam subsídios para o usuário decidir sobre o uso separado dos recursos sem a necessidade de uma análise completa dos recursos.

Neste contexto, a solução completa do problema II não pôde ser implementada por dois motivos: (i) ausência de um padrão que defina os níveis de dependência entre recursos, e (ii) custo relacionado à análise dos recursos para definir qual o nível de dependência entre eles. Assim, para resolver estes problemas, sobre a definição de um padrão para níveis de dependência é necessário um estudo detalhado que analise uma grande quantidade de recursos educacionais e caracterize os padrões de dependência encontrados. Em relação do custo para determinar o nível de dependência, é preciso desenvolver ferramentas que automatizem esse processo, ou parte dele, para viabilizar a análise de dependência em grande escala.

Em resumo, a pesquisa buscou apresentar contribuições para a solução dos problemas descritos. Inicialmente, o esforço para descrição e caracterização dos problemas foi uma contribuição necessária para revelar a importância do problema e a necessidade de solução.

7.1 Limitações da abordagem proposta

Algumas limitações deste trabalho podem ser destacados. As estruturas de curso flexíveis requerem ao professor que ele analise diferentes estruturas para identificar qual delas é a mais apropriada para a classificação de seus recursos. Este processo aumenta o tempo necessário para adicionar os recursos ao modelo para seu compartilhamento.

Além disso, ainda não existem mecanismos que evitem a redundância de informação dentro do modelo. Ou seja, o usuário que deseja inserir recursos no sistema de compartilhamento tem flexibilidade para construir modelos de cursos que se adequem aos seus recursos, e essa criação pode ocorrer mesmo que já exista no sistema um modelo que atenda suas necessidades. O mapeamento entre estes cursos semelhantes atenua este problema mas a redundância de informação pode causar problemas de desempenho e até dificultar o acesso a recursos.

Neste contexto, o uso do modelo em cenários reais e em larga escala (grande quantidade de cursos e recursos educacionais) depende de mecanismos que automatizem o processo de criação de modelos de curso, seu mapeamento e sua manutenção. Sem esses mecanismos, o uso do sistema de compartilhamento se torna muito custoso e passível de erros e incompletude nas informações inseridas no modelo.

A documentação do Modelo Conceitual e do sistema de compartilhamento ainda precisa de aprimoramentos, visto que no terceiro experimento do Capítulo 6 alguns desenvolvedores apontaram dificuldade na compreensão das entidades do Modelo e nas funcionalidades dos serviços.

A implementação do sistema de compartilhamento ainda está no nível de protótipo e precisa de maturidade para sua adoção em cenários reais. Para isso, é necessário um refatoramento completo da interface Web, fazendo as otimizações necessárias. Também é necessário realizar testes de usabilidade para identificar a melhor maneira de implementar as funcionalidades do sistema de compartilhamento.

Em outra perspectiva, a descrição dos serviços semânticos é baseada em uma abordagem própria e não segue um padrão amplamente utilizado pela comunidade. Apesar de ser construída com um subconjunto das propriedades do framework OWL-S, o uso de ferramentas construídas para o uso destes padrões não são diretamente compatíveis com a descrição de serviços adotada pelo sistema de compartilhamento. Assim, tendo em vista o uso destas ferramentas, é necessário um esforço para a adaptá-las ao padrão utilizado.

7.2 Sugestões para Trabalhos Futuros

Nesta Seção serão apresentadas sugestões de trabalhos futuros que derivam desta pesquisa.

- **Avaliação do Sistema de Compartilhamento de Recursos**

Como trabalhos futuros pretende-se realizar uma avaliação mais profunda do sistema para compartilhamento de recursos que implementa o modelo conceitual proposto neste trabalho. Esta avaliação visa testar o funcionamento do sistema com um número maior de recursos e em diferentes contextos. A complexidade de realização deste experimento é consideravelmente baixa visto que há ampla disponibilidade de recursos na Web, mas apresenta um alto custo de execução devido à necessidade de voluntários aptos a utilizar o sistema e adicionar os recursos.

- **Modelo para Representação de Dependência entre Recursos Educacionais**

Em outra perspectiva, como dito anteriormente, é necessário criar uma abordagem que melhor represente os diferentes níveis de dependência entre recursos, facilitando a avaliação quanto ao seu reuso separadamente. O nível de dependência deve considerar as extensões da dependência (exemplo: se a dependência está em uma seção do recurso ou em toda a sua extensão) e também o impacto do seu uso (exemplo: se o uso separado do recurso impossibilita a compreensão do recurso ou apenas causa leve dificuldade).

Além disso, é necessário criar ferramentas para facilitar o processo de determinação dos níveis de dependência entre recursos para possibilitar a análise de dependência em larga escala. Pode-se utilizar na construção destas ferramentas técnicas de processamento de linguagem natural e soluções colaborativas que permitam que usuários dos recursos indiquem este nível de dependência.

- **Construção de um Framework de Avaliação**

Um dos problemas encontrados no processo de avaliação foi a inexistência de um framework de avaliação completo e coeso relacionado aos problemas discutidos neste trabalho. Desta maneira, a construção desse framework é uma atividade custosa mas

necessária para avaliar de maneira eficaz as diversas soluções como propostas de solução para esses problemas.

Isto posto, o framework de avaliação deve conter exemplos de ocorrência de cada problema e, também, outros que sejam relacionados à representação de recursos educacionais. Cada exemplo seria constituído por um conjunto de recursos e as informações referentes a eles. Também poderiam ser incorporadas informações sobre usuários na busca por recursos e suas necessidades específicas.

A partir destas informações é possível verificar a capacidade de representação da informação de cada abordagem e identificar problemas em seu uso, isto é, onde as necessidades dos usuários não foram entendidas devia à falta de informações da abordagem. Por exemplo, uma abordagem pode não representar a dependência entre recursos e sugerir o uso de um recurso separado devido a ausência desta informação.

• Implementação dos Serviços de Consulta

Como dito na Seção 5.4, o módulo de consulta ainda não implementa os serviços de busca por recursos educacionais baseado em palavras chave, a implementação atual apenas abrange os serviços de navegação nas estruturas do modelo. Assim, o desenvolvimento destes serviços de busca facilitará a construção de aplicações que desejam consumir os recursos educacionais.

A complexidade de construção do mecanismo de busca está relacionada à seleção de atributos dos recursos educacionais. É possível criar um algoritmo simples baseado nos rótulos e descrições dos tópicos. Assim, ao receber uma palavra-chave como parâmetro, o mecanismo buscaria por tópicos que correspondessem ao parâmetro e retornaria como resultado da busca os recursos associados aos tópicos selecionados. Deve-se considerar uma base de sinônimos e dicionários, como o YAGO (REBELE et al., 2016), além do uso técnicas de recuperação de informação para aprimorar os resultados da busca.

Também é necessário considerar os critérios para ranqueamento de resultados. Um dos critérios mais comuns é a similaridade entre as palavras chaves e as informações dos recursos. Mas também é possível estabelecer critérios baseados na estruturação dos Modelos de Cursos de cada recurso, a existência de requisitos específicos e a dependência entre recursos, considerando apenas informações presentes no modelo proposto

neste trabalho.

Estes serviços podem ser aprimorados ao receber como parâmetros de entrada as informações referentes ao usuário que está buscando o recursos, além da palavra-chave. Assim, seria possível especificar o conhecimento prévio do usuário para definir qual Modelo de Curso tem a estrutura que melhor se encaixa nestas características e priorizar recursos deste modelo.

- **Recomendação Personalizada de Cursos**

Devido ao fato do Modelo proposto incorporar informações sobre a estruturação dos cursos nos Modelos de Curso, é possível criar ferramentas de recomendação personalizada de cursos para usuários. Ou seja, é possível recomendar cursos para alunos de acordo com seu conhecimento e objetivos de aprendizagem (aquilo que ele deseja aprender).

Para isso, é necessário representar o conhecimento prévio do usuário e utilizar a estrutura de sequenciamento de tópicos definir a ordem dos tópicos que o estudante deverá seguir, excluindo ou diminuindo a presença de tópicos que ele já tenha conhecimento.

Além disso, é possível utilizar o mapeamento de precedência (*precedes* entre tópicos de Modelos de Curso distintos para recomendar um sequenciamento de cursos que interessem ao usuário.

Por exemplo, supondo um Modelo de Curso na área de Programação na Linguagem Java e outro na área de Programação Web com Java, existindo o mapeamento de precedência entre os tópicos do primeiro curso em relação aos do segundo. Neste cenário, um grupo de programadores precisa obter os conhecimentos presentes no curso de Programação Web com Java para o desenvolvimento de um projeto. Neste grupo de programadores, um subgrupo domina a programação utilizando a linguagem Java enquanto o outro não programam nesta linguagem.

Nesta perspectiva, é possível recomendar cursos personalizados a cada um destes programadores. Aqueles que já programam na linguagem Java receberiam a recomendação focada no curso de Programação Web, enquanto aos outros seria recomendado o estudo do primeiro curso que contém os conceitos básicos da linguagem e depois o

acesso ao segundo curso.

Ou seja, a recomendação baseada nas informações dos Modelos de Curso podem ser utilizadas para criar recomendações de cursos personalizados para estudantes baseado nos conhecimentos prévios dos estudantes e nos seus objetivos de aprendizagem. A recomendação pode evitar que os estudantes utilizem os recursos de um curso sem ter o conhecimento prévio adequado e também empregue muito tempo em tópicos que ele já domine.

- **Documentação do Sistema de Compartilhamento**

Além disso, como dito anteriormente, ainda é necessário empregar esforços no aprimoramento dos materiais de documentação do Modelo Conceitual e dos serviços de consulta, de modo a facilitar a sua compreensão e, conseqüentemente, o desenvolvimento de aplicações que consumam os recursos educacionais.

A documentação deve abranger desde o detalhamento do Modelo Conceitual e sua aplicação, a especificação da implementação do sistema de compartilhamento e a sua utilização. Nesta perspectiva, podem ser desenvolvidos tutoriais para inserção de recursos no sistema utilizando o módulo de autoria, utilização do sistema de navegação para busca de recursos, a construção de aplicações que compartilhem recursos educacionais com o sistema e a construção de aplicações que consumam recursos do sistema de compartilhamento.

- **Abordagens para Anotação dos Recursos Educacionais**

Em outra perspectiva, o módulo de manipulação prevê a construção de aplicações que adicionem recursos educacionais ao sistema de compartilhamento, principalmente aplicações que (semi-)automatizem a anotação semântica destes recursos de acordo com o Modelo Conceitual. Estas aplicações podem ser utilizadas para adaptar recursos disponíveis em repositórios educacionais ao Modelo Conceitual utilizando as informações de metadados fornecidas pelos repositórios e o conteúdo dos recursos

Para isso, técnicas de povoamento de ontologias podem ajudar na construção destas aplicações. Povoamento de Ontologias é o termo usado para designar as técnicas utilizadas para extração e classificação de instâncias de classes, relacionamentos e propriedades de uma ontologia (FARIA; GUTIERREZ, 2011).

Como mostrado no processo de avaliação, a adição de recursos ao Modelo é uma tarefa demorada que exige conhecimento de especialistas no domínio dos recursos. O uso de técnicas de povoamento de ontologias pode facilitar e tornar mais ágil esta atividade, possibilitando a disponibilização de mais recursos pelo sistema de compartilhamento.

- **Mapeamento de Modelos de Curso via Alinhamento de Ontologias**

Um dos problemas que passarão a existir com a ampla adoção do Modelo Conceitual e do Sistema de Compartilhamento é a incompletude de informações no modelo que limitem a busca de recursos. Isto é, a abordagem provê mecanismos para que sejam definidos diferentes Modelos de Curso de acordo com a visão de estruturação tópicos do usuário. Apesar dos mecanismos de mapeamento entre estruturas de curso, o usuário pode não realizar todos os mapeamentos necessários para que o novo modelo criado seja alinhado aos existentes. Assim, o novo modelo estará isolado dos demais e os mecanismos de busca não conseguirão identificar pontos em comum entre os modelos, o que limitará o reuso de seus recursos.

Embora seja claro o problema da incompletude de informações na criação do Modelo de Curso, existem motivos que levam um usuário a não definir todas as informações sobre um modelo, por exemplo: o usuário pode cometer erros devido à imperícia no uso do sistema ou no domínio do conteúdo dos recursos, ou a quantidade de modelos seja numerosa e o processo de mapeamento se torne custoso ou até inviável de se realizar manualmente.

Neste contexto, o uso de técnicas de Alinhamento de Ontologias podem ser aplicadas para estabelecer mapeamentos entre modelos que não foram definidos pelos usuários. A correspondência ontológica (*Ontology Matching*) é o processo de encontrar as relações entre ontologias, e alinhamento é o resultado desse processo onde essas relações são definidas e representadas (NGO; BELLAHSENE, 2016). Com essas técnicas se torna possível identificar pontos em comum entre modelos de curso e identificar mapeamentos de equivalência entre seus tópicos.

Além disso, é possível também realizar análises relacionadas à redundância de informação no modelo. Isto é, alguns Modelos de Curso podem conter a mesma informação e, de certa forma, podem ser *mesclados* em ordem de evitar informação duplicada. Por

exemplo, os tópicos de um Modelo de Curso podem estar contidos em outro modelo com as mesmas estruturas de sequenciamento e hierárquicas, tornando desnecessária existência do primeiro tendo em vista que suas informações estão contidas no segundo. Neste exemplo, a remoção do modelo desnecessário reduzirá a redundância de informação e tornará mais rápida e fácil a busca por informações no modelo.

7.3 Contribuições da Pesquisa

Após a conclusão da pesquisa, destacam-se as seguintes contribuições obtidas como resultado:

- Levantamento e definição de três problemas em aberto relacionados ao compartilhamento de recursos educacionais.
- Caracterização da ocorrência e importância problemas em cenários do domínio de Computação através de estudos preliminares.
- Especificação do Modelo Conceitual para representação dos recursos educacionais como proposta de solução para os problemas levantados. Deste modelo se destacam:
 - Uso de uma Ontologia de Integração para especificação das entidades do modelo e seus relacionamentos, agregando assim uma representação formal com o objetivo de facilitar a interoperabilidade do modelo.
 - Definição explícita de requisitos específicos de recursos educacionais e a diferenciação entre requisitos específicos e dependência entre recursos.
 - Flexibilidade na criação de estruturas de tópicos para representação do conteúdo dos recursos educacionais, mantendo a integração destas estruturas através de propriedades de mapeamento.
- Desenvolvimento de um Sistema de Compartilhamento de recursos com base no Modelo Conceitual. Ressalta-se deste sistema:

- Disponibilização de serviços semânticos para compartilhamento de recursos educacionais com o objetivo de facilitar a interoperabilidade semântica entre o sistema de compartilhamento e os consumidores dos recursos.
- Uso de um banco de dados orientado a grafos para armazenamento dos dados do Modelo em consonância com os dados definidos pela Ontologia de Integração. No levantamento de trabalhos relacionados não foi encontrada na literatura nenhum trabalho que utilize abordagem semelhante.
- Reflexão sobre sugestões de trabalhos futuros que levarão ao desenvolvimento da área de compartilhamento de recursos educacionais.

Bibliografia

AMEL, B.; RAMEDANE, M. From owl-s to timed automata network: Operational semantic. *Procedia Computer Science*, v. 83, p. 409 – 416, 2016. ISSN 1877-0509. The 7th International Conference on Ambient Systems, Networks and Technologies (ANT 2016) / The 6th International Conference on Sustainable Energy Information Technology (SEIT-2016) / Affiliated Workshops. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050916302368>>.

ATKINS, D. E.; BROWN, J. S.; HAMMOND, A. L. *A review of the open educational resources (OER) movement: Achievements, challenges, and new opportunities*. [S.l.]: Creative common, 2007.

AUSBROOKS, R. et al. Mathematical markup language (mathml) version 2.0 . w3c recommendation. *World Wide Web Consortium*, Boston, MA, USA:, v. 2003, 2003.

AZER, S. A. Are wikipedia articles reliable learning resources in problem-based learning curricula? In: *Educational technologies in medical and health sciences education*. [S.l.]: Springer, 2016. p. 117–136.

BARROS, H. et al. Integrating educational repositories to improve the reuse of learning objects. In: ACM. *Proceedings of the 30th Annual ACM Symposium on Applied Computing*. [S.l.], 2015. p. 270–272.

BARROS, H.; MAGALHÃES, J.; COSTA, E. An ontology based approach for sharing distributed educational resources. In: *Proceedings of the IADIS International Conference WWW/Internet 2014*. [S.l.: s.n.], 2014. v. 13, p. 139–146.

BARROS, H. et al. Steps, techniques, and technologies for the development of intelligent applications based on semantic web services: A case study in e-learning systems. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, Elsevier, v. 24, n. 8, p. 1355–1367, 2011.

BEHR, A.; PRIMO, T. T.; VICARI, R. Obaa-leme: A learning object metadata content editor supported by application profiles and educational metadata ontologies. *Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação*, v. 3, n. 1, p. 455, 2014.

BIZER, C. et al. {DBpedia} - a crystallization point for the web of data. *Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web*, v. 7, n. 3, p. 154 – 165, 2009. ISSN 1570-8268. The Web of Data. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1570826809000225>>.

- BOHL, O. et al. The sharable content object reference model (scorm)-a critical review. In: IEEE. *Computers in Education, 2002. Proceedings. International Conference on*. [S.l.], 2002. p. 950–951.
- CARVALHO, V. et al. Um modelo para recuperação de objetos de aprendizagem no padrão iee lom utilizando o protocolo oai-pmh e repositórios de objetos de aprendizagem públicos. In: *Anais dos Workshops do IV Congresso Brasileiro de Informática na Educação*. [S.l.: s.n.], 2015. v. 4, n. 01, p. 11.
- CERVERA, J. F. et al. Quality metrics in learning objects. In: SICILIA, M.-A.; LYTRAS, M. (Ed.). *Metadata and Semantics*. Springer US, 2009. p. 135–141. ISBN 978-0-387-77744-3. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/978-0-387-77745-0_13>.
- CLEMENTS, K.; PAWLOWSKI, J.; MANOUSELIS, N. Open educational resources repositories literature review—towards a comprehensive quality approaches framework. *Computers in Human Behavior*, Pergamon, v. 51, p. 1098–1106, 2015.
- COBO, C. Exploration of open educational resources in non-english speaking communities. *International Review of Research in Open & Distance Learning*, v. 14, n. 2, 2013.
- COSTA, E. d. B.; PERKUSICH, A.; FERNEDA, E. From a tridimensional view of domain knowledge to multi-agent tutoring system. In: *Proceedings of the 14th Brazilian Symposium on Artificial Intelligence: Advances in Artificial Intelligence*. London, UK, UK: Springer-Verlag, 1998. (SBIA '98), p. 61–72. ISBN 3-540-65190-X. Disponível em: <<http://dl.acm.org/citation.cfm?id=645851.669162>>.
- CURRICULA, A. f. C. M. A. Joint Task Force on C.; SOCIETY, I. C. *Computer Science Curricula 2013: Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Computer Science*. New York, NY, USA: ACM, 2013. 999133. ISBN 978-1-4503-2309-3.
- DABBAGH, N. et al. Massive open online courses. In: *Learning Technologies and Globalization*. [S.l.]: Springer, 2016. p. 9–13.
- DACONTA, M. C.; OBRST, L. J.; SMITH, K. T. *The Semantic Web : A Guide to the Future of XML, Web Services, and Knowledge Management*. Indianapolis: Wiley, 2003. 281 p. Paperback. ISBN 0471432571. Disponível em: <<http://www.amazon.com/exec/obidos/redirect?tag=citeulike07-20&path=ASIN/0471432571>>.
- DEVEDZIC, V. Not fade away? *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, Springer, p. 1–9, 2015.
- DICHEV, C.; DICHEVA, D. Is it time to change the oer repositories role? In: ACM. *Proceedings of the 12th ACM/IEEE-CS joint conference on Digital Libraries*. [S.l.], 2012. p. 31–34.
- DIETZE, S. et al. Interlinking educational resources and the web of data: A survey of challenges and approaches. *Program: electronic library and information systems*, Emerald Group Publishing Limited, v. 47, n. 1, p. 60–91, 2013.

DIETZE, S. et al. A linked dataset of medical educational resources. *British Journal of Educational Technology*, v. 46, n. 5, p. 1123–1129, 2015. ISSN 1467-8535. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1111/bjet.12276>>.

DIETZE, S. et al. Linked education: interlinking educational resources and the web of data. In: ACM. *Proceedings of the 27th Annual ACM Symposium on Applied Computing*. [S.l.], 2012. p. 366–371.

DODERO, J. M. et al. Learning technologies and semantic integration of learning resources. *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*, v. 10, n. 1, p. 11–16, Feb 2015. ISSN 1932-8540.

DOMINGUE, J.; ROMAN, D.; STOLLBERG, M. Web service modeling ontology (wsmo)-an ontology for semantic web services. In: *W3C Workshop on Frameworks for Semantics in Web Services*. [S.l.: s.n.], 2005. p. 776–784.

DOVROLIS, N. et al. Semantic annotation and linking of medical educational resources. In: SPRINGER. *5th European Conference of the International Federation for Medical and Biological Engineering*. [S.l.], 2012. p. 1400–1403.

EBNER, H. et al. Learning object annotation for agricultural learning repositories. In: IEEE. *Advanced Learning Technologies, 2009. ICALT 2009. Ninth IEEE International Conference on*. [S.l.], 2009. p. 438–442.

ERLANG. *Erlang/OTP System Documentation*. 2016. Disponível em: <http://www.erlang.org/doc/getting_started/robustness.html>.

FACEBOOK. *The Open Graph Protocol*. 2014. Disponível em: <<http://ogp.me>>.

FARIA, C. G. de; GUTIERREZ, M. d. R. G. Um processo semi-automático para o povoamento de ontologias a partir de fontes textuais. *iSys-Revista Brasileira de Sistemas de Informação*, v. 3, 2011.

GARG, S. et al. A qos-aware approach for runtime discovery, selection and composition of semantic web services. *International Journal of Web Information Systems*, Emerald Group Publishing Limited, v. 12, n. 2, 2016.

GAZZOLA, M.; CIFERRI, C.; GIEMENES, I. Seeoer: Uma arquitetura para mecanismo de busca na web por recursos educacionais abertos. In: *III Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE 2014)* p. [S.l.: s.n.], 2014. p. 1013–1022.

GLUZ, J. C.; SILVA, L. R. J. D.; VICARI, R. Aligning ontologies to bring semantics to learning object search. In: SPRINGER. *Intelligent Tutoring Systems*. [S.l.], 2014. p. 619–620.

GLUZ, J. C.; VICARI, R. M. An owl ontology for ieee-lom and obaa metadata. In: SPRINGER. *Intelligent Tutoring Systems*. [S.l.], 2012. p. 691–693.

GRUBER, T. R. Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing? *International journal of human-computer studies*, Elsevier, v. 43, n. 5, p. 907–928, 1995.

- GUERRA, J. et al. An intelligent interface for learning content: Combining an open learner model and social comparison to support self-regulated learning and engagement. In: ACM. *Proceedings of the 21st International Conference on Intelligent User Interfaces*. [S.l.], 2016. p. 152–163.
- GÜNTHER, H. Como elaborar um questionário. *Instrumentos psicológicos: manual prático de elaboração*, Laboratório de Pesquisa em Avaliação e Medida Instituto Brasileiro de Avaliação e Pesquisa em Psicologia Brasília, p. 231–258, 1999.
- HATAKKA, M. Build it and they will come?—inhibiting factors for reuse of open content in developing countries. *The Electronic Journal of Information Systems in Developing Countries*, v. 37, 2009.
- HENNING, P. A. et al. Personalized web learning: Merging open educational resources into adaptive courses for higher education. *Personalization Approaches in Learning Environments*, v. 55, 2014.
- HITZLER, P.; JANOWICZ, K. Linked data, big data, and the 4th paradigm. *Semantic Web*, v. 4, n. 3, p. 233–235, 2013.
- INITIATIVE, L. R. M. *LRMI SURVEY REPORT August 2013 Update*. [S.l.], 2013. Disponível em: <<http://www.lrmi.net/wp-content/uploads/2013/08/LRMI-Survey-Report-August-2013-Update.pdf>>.
- INTUITEL. *INTUITEL*. 2015. [Www.intuitel.de](http://www.intuitel.de). Último acesso em Maio de 2016.
- JOHN, B. et al. Comparative analysis of current methods in searching open education content repositories. *The Online Journal of Science and Technology-April*, v. 6, n. 2, 2016.
- JUDITH, K.; BULL, D. Assessing the potential for openness: A framework for examining course-level oer implementation in higher education. *education policy analysis archives*, v. 24, 2016.
- KALLEB, D. et al. A quantitative analysis of learning objects and their metadata in web repositories. In: SPRINGER. *Social Computing in Digital Education: First International Workshop, SOCIALEDU 2015, Stanford, CA, USA, August 19, 2015, Revised Selected Papers*. [S.l.], 2016. v. 606, p. 49.
- KANWAR, A.; KODHANDARAMAN, B.; UMAR, A. Toward sustainable open education resources: A perspective from the global south. *The Amer. Jrnl. of Distance Education*, Taylor & Francis, v. 24, n. 2, p. 65–80, 2010.
- KLUSCH, M. et al. Semantic web service search: A brief survey. *KI - Künstliche Intelligenz*, p. 1–9, 2015. ISSN 1610-1987. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s13218-015-0415-7>>.
- KOPECKY, J. et al. Sawsdl: Semantic annotations for wsdl and xml schema. *Internet Computing, IEEE*, IEEE, v. 11, n. 6, p. 60–67, 2007.

- KOUTSOMITROPOULOS, D. A. et al. The use of metadata for educational resources in digital repositories: Practices and perspectives. *D-Lib Magazine*, v. 16, n. 1/2, 2010.
- KUROSE, J.; ROSS, K. *Redes de Computadores e Internet*. [S.l.]: Pearson Education, 2006.
- LAGOZE, C.; SOMPEL, H. Van de. The making of the open archives initiative protocol for metadata harvesting. *Library hi tech*, MCB UP Ltd, v. 21, n. 2, p. 118–128, 2003.
- LEAL, J. P.; QUEIROS, R. A comparative study on lms interoperability. *Higher Education Institutions and Learning Management Systems: Adoption and Standardization*, Information Science Reference, p. 142, 2011.
- LEARNING TECHNOLOGY STANDARDS COMITEE. *Standard for Learning Object Metadata*. 2002. Disponível em: <<http://grouper.ieee.org/groups/ltsc/wg12/20020612-Final-LOM-Draft.html>>.
- LTSC, I. *Draft Recommended Practice for Expressing IEEE Learning Object Metadata Instances Using the Dublin Core Abstract Model (IEEE P1484.12.4/D1)*. [S.l.], 2008. Disponível em: <<http://dublincore.org/educationwiki/DCMIIEEEELTSCTaskforce?action=AttachFile&do=get&target=LOM-DCAM-newdraft.pdf>>.
- MAGALHÃES, C. V. et al. Caracterizando a pesquisa em informática na educação no brasil: Um mapeamento sistemático das publicações do sbie. In: *Anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*. [S.l.: s.n.], 2013. v. 24, n. 1, p. 22.
- MARTIN, D. et al. Semantic web services, part 1. *IEEE Intelligent Systems*, IEEE Computer Society, Los Alamitos, CA, USA, v. 22, n. 5, p. 12–17, 2007. ISSN 1541-1672.
- MASTERMAN, L. et al. Jisc open educational resources programme: Phase 2 oer impact study: Research report. *University of Oxford*, 2011.
- MCILRAITH, S. A.; SON, T. C.; ZENG, H. Semantic web services. *IEEE Intelligent Systems*, IEEE Computer Society, Los Alamitos, CA, USA, v. 16, n. 2, p. 46–53, 2001. ISSN 1541-1672.
- MEYER, M.; RENSING, C.; STEINMETZ, R. Multigranularity reuse of learning resources. *ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications, and Applications (TOMCCAP)*, ACM, v. 7, n. 1, p. 1, 2011.
- MIAO, F.; MISHRA, S.; MCGREAL, R. Open educational resources: Policy, costs and transformation. Commonwealth of Learning (COL), 2016.
- MIKROYANNIDIS, A. et al. Teaching linked open data using open educational resources. In: *Open Data for Education*. [S.l.]: Springer, 2016. p. 135–152.
- MITSOPOULOU, E. et al. Connecting medical educational resources to the linked data cloud: the meducator. In: *RDF Schema, Store and API, Linked Learning 2011: the 1st International Workshop on*. [S.l.: s.n.], 2011.

- MOMTCHEV, V. et al. Expanding the pathway and interaction knowledge in linked life data. *Proc. of International Semantic Web Challenge*, 2009.
- NEVEN, F.; DUVAL, E. Reusable learning objects: a survey of lom-based repositories. In: ACM. *Proceedings of the tenth ACM international conference on Multimedia*. [S.l.], 2002. p. 291–294.
- NGO, D.; BELLAHSENE, Z. Overview of yam++-(not) yet another matcher for ontology alignment task. *Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web*, Elsevier, v. 41, p. 30–49, 2016.
- OSPINA, P. E. et al. Estatística em informática na educação. *Jornada de Atualização em Informática na Educação*, v. 4, n. 1, p. 95–135, 2015.
- PANZARINO, O. *Learning Cypher*. [S.l.]: PACKT, 2014.
- PEDRINACI, C.; DOMINGUE, J.; SHETH, A. Semantic web services. In: *Handbook of Semantic Web Technologies*. [S.l.]: Springer, 2010, (Semantic Web Applications, volume 2).
- RAJABI, E.; SICILIA, M.-A.; ALONSO, S. S. Interlinking educational resources to web of data through iee lom. *Comput. Sci. Inf. Syst.*, v. 12, n. 1, p. 233–255, 2015.
- REBELE, T. et al. Yago: a multilingual knowledge base from wikipedia, wordnet, and geonames. In: SPRINGER. *International Semantic Web Conference*. [S.l.], 2016. p. 177–185.
- ROBINSON, I.; WEBBER, J.; EIFREM, E. *Graph Databases*. O’Reilly Media, 2013. Disponível em: <<http://graphdatabases.com/>>.
- RODRÍGUEZ, P. et al. Recommendation system of educational resources for a student group. In: *Highlights of Practical Applications of Scalable Multi-Agent Systems. The PAAMS Collection*. [S.l.]: Springer, 2016. p. 419–427.
- SHIFFMAN, D. *The Nature of Code*. 2012. Disponível em: <<http://natureofcode.com/book/chapter-7-cellular-automata/>>.
- SHOSHA, R.; DEBRUYNE, C.; O’SULLIVAN, D. Towards an adaptive tool and method for collaborative ontology mapping. In: SPRINGER. *On the Move to Meaningful Internet Systems: OTM 2015 Workshops*. [S.l.], 2015. p. 319–328.
- SICILIA, M.-A. *Handbook of metadata, semantics and ontologies*. [S.l.]: World Scientific, 2014.
- SITEMAPS.ORG. *What are sitemaps?* 2008. Disponível em: <<http://www.sitemaps.org/>>.
- TANENBAUM, A. S. *Redes de Computadores*. [S.l.]: Pearson education, 2003.
- WEBBER, J.; PARASTATIDIS, S.; ROBINSON, I. *REST in practice: Hypermedia and systems architecture*. [S.l.]: "O’Reilly Media, Inc.", 2010.

WEIBEL, S. et al. Dublin core metadata for resource discovery. *Internet Engineering Task Force RFC*, v. 2413, n. 222, p. 132, 1998.

YU, H. Q. et al. A linked data-driven & service-oriented architecture for sharing educational resources. 2011.

Apêndice A

Questionários aplicados

A.1 Questionário I - Recursos com Requisitos Específicos

O conteúdo do Questionário I apresentado na Seção 6.1 é reproduzido na íntegra no decorrer desta Seção. Inicialmente é feita uma introdução explicando o questionário para o participante (Seção A.1.1). Em seguida, o questionário descreveu o problema em questão (Seção A.1.2) e apresentou questões sobre este problema (Seção A.1.3). Por fim, foi apresentada a solução proposta (Seção A.1.4) e foram feitas questões sobre ela (Seção A.1.5).

A.1.1 Introdução

Este formulário é composto de duas etapas.

Inicialmente, é descrito um problema relacionado ao compartilhamento de recursos educacionais através da Web. Serão apresentadas alguns questionamentos relacionados a esse problema. Em seguida, apresentamos uma proposta para solução deste problema. Por fim, você responderá algumas perguntas relacionadas à solução apresentada.

Neste estudo, consideramos como recursos educacionais quaisquer documentos, vídeos, páginas da Web ou aplicativos que podem ser utilizados com finalidade educacional.

A.1.2 Descrição do problema: Recursos com requisitos específicos

Na construção de recursos educacionais é comum assumir requisitos básicos para a sua compreensão. Por exemplo, um recurso sobre multiplicação de números inteiros assume que o seu consumidor (estudante) tem conhecimento sobre o que são *números inteiros* e já foram apresentados a *adição de números inteiros*. Esses requisitos básicos são comuns a todos os recursos sobre o mesmo tema.

Entretanto, alguns recursos podem assumir requisitos específicos que não são comuns aos demais recursos do mesmo tema. Desta forma, estes requisitos podem impactar na compreensão desses recursos e, conseqüentemente, no tema abordado.

Para contextualizar este problema usaremos o recurso disponibilizado em <http://goo.gl/ZoF3xE>. Este recurso apresenta conteúdos relacionados ao tópico de Aprendizagem de Máquina. Entre os requisitos específicos deste recurso, nota-se que ele utiliza exemplos baseados na linguagem Java e, além disso, a API Weka.

Desta forma, a compreensão completa deste recurso está vinculada ao conhecimento prévio desta linguagem e desta API. Ou seja, um estudante que não conheça a linguagem Java terá dificuldade em compreender completamente este recurso.

Em resumo, o compartilhamento de recursos educacionais com requisitos específicos leva ao problema de reuso destes recursos por estudantes que não tem o perfil adequado para compreendê-lo.

A.1.3 Questões sobre o problema

- Em geral, qual o impacto o uso de recursos educacionais com um requisito específico por um estudante que não domine este requisito?
 - Problemas no uso do recurso, dificultando sua compreensão ou até inviabilizando a mesma.
 - Dificuldade no uso do recurso mas não impossibilitando a compreensão de seu conteúdo.
 - Pequena dificuldade que não influenciará na compreensão do recurso.

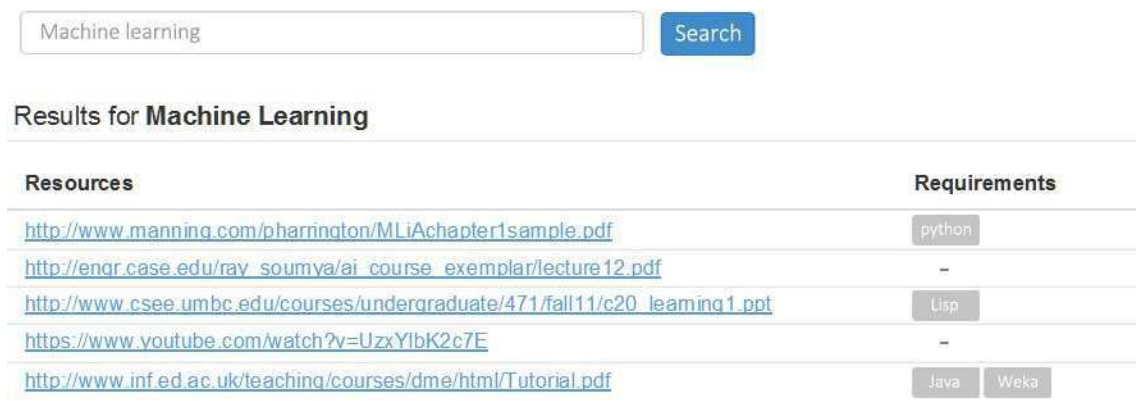
- Não tenho certeza.
- Qual a ocorrência desse problema nas áreas da computação? (Considere áreas da computação como: Engenharia de Software, Redes de Computadores, Banco de Dados, Sistemas Operacionais, Inteligência Artificial, entre outras.)
 - Em diversas áreas.
 - Em algumas áreas.
 - Dificilmente encontrado.
 - Não encontrado.
 - Não tenho certeza.
- Com que frequência este problema pode ser encontrado na áreas de Computação?
 - Muita frequência.
 - Boa frequência.
 - Pouca frequência.
 - Nenhuma frequência.
 - Não tenho certeza.
- A busca por recursos educacionais seria melhor para o estudante se ela limitasse os resultados aos recursos que não possuem requisitos específicos que ele não domine.
 - Sim.
 - Não.
 - Não tenho certeza.

A.1.4 Abordagem Proposta: Modelagem de Requisitos específicos

Nesta abordagem, ao inserir recursos educacionais no sistema de compartilhamento de recursos é possível definir requisitos específicos para cada um deles.

Com esta definição, é possível criar mecanismos de busca que informem ao usuário requisitos específicos de cada recurso para que ele possa identificar esses requisitos antes de utilizar os recursos. A figura abaixo mostra o resultado de uma busca por recursos relacionados ao tópico de "Machine Learning". Para cada recurso é apresentado o seu conjunto de requisitos específicos.

Figura A.1: Tela da busca por recursos educacionais relacionados ao tópico Machine Learning.



Resources	Requirements
http://www.manning.com/pharrington/MLiAchapter1sample.pdf	python
http://enqr.case.edu/ray_soumya/ai_course_exemplar/lecture12.pdf	-
http://www.csee.umbc.edu/courses/undergraduate/471/fall11/c20_learning1.ppt	Lisp
https://www.youtube.com/watch?v=UzxYIbK2c7E	-
http://www.inf.ed.ac.uk/teaching/courses/dme/html/Tutorial.pdf	Java Weka

Por fim, a solução proposta visa criar mecanismos para identificar requisitos específicos de recursos educacionais para facilitar o processo de busca por estes recursos.

A.1.5 Questões sobre a abordagem

- Você acredita que a identificação dos requisitos específicos evitaria o problema descrito na etapa anterior?
 - Sim.
 - Não.
 - Não tenho certeza.
- Você acredita que a identificação dos requisitos específicos de cada recurso, como mostrado acima, facilitaria a busca por recursos educacionais?
 - Sim.
 - Não.

- Não tenho certeza.
- Utilize o campo abaixo para enviar comentários sobre o problema e a abordagem proposta. (opcional)
- Você é:
 - Professor.
 - Estudante de pós-graduação.
 - Outro.

A.2 Questionário II - Dependência entre Recursos

O conteúdo do Questionário II apresentado na Seção 6.1 é reproduzido na íntegra no decorrer desta Seção. Inicialmente foi feita uma introdução explicando o questionário para o participante com mesmo conteúdo do questionário I (Seção A.1.1). Em seguida, o questionário descreveu o problema em questão (Seção A.2.1) e apresentou questões sobre este problema (Seção A.2.2). Por fim, foi apresentada a solução proposta (Seção A.2.3) e foram feitas questões sobre ela (Seção A.2.4).

A.2.1 Descrição do Problema: Dependência entre Recursos

Este problema diz respeito ao compartilhamento de recursos educacionais que possuem dependência entre si. Isto é, recursos que foram concebidos para o uso em conjunto.

Por exemplo, ao planejar uma disciplina, um professor pode criar um conjunto de apostilas para uso durante suas aulas. Estas apostilas foram concebidas dentro de um mesmo contexto e na criação de cada apostila o professor supõe que os estudantes já viram ou irão ver as demais apostilas durante o curso.

Neste contexto, surge o problema de dependência entre recursos. Ou seja, o uso e a compreensão de um recurso pode estar relacionada ao uso de um outro recurso específico.

Por exemplo, em uma primeira apostila é construído um cenário com o objetivo de exemplificar o uso de determinados conceitos. Já em uma segunda apostila, este

cenário é retomado e usado como base para aplicação de outros conceitos específicos. Neste cenário, o uso e compreensão do exemplo da segunda apostila está atrelado ao uso da primeira apostila.

Por fim, o uso isolado de recursos educacionais dependentes pode comprometer seu uso e compreensão.

A.2.2 Questões sobre o problema

- Qual a ocorrência desse problema nas áreas da computação? (Considere áreas da computação como: Engenharia de Software, Redes de Computadores, Banco de Dados, Sistemas Operacionais, Inteligência Artificial, entre outras.)
 - Em diversas áreas.
 - Em algumas áreas.
 - Dificilmente encontrado.
 - Não encontrado.
 - Não tenho certeza.
- Com que frequência este problema pode ser encontrado na áreas de Computação?
 - Muita frequência.
 - Boa frequência.
 - Pouca frequência.
 - Nenhuma frequência.
 - Não tenho certeza.
- Em geral, qual o impacto o uso de recursos educacionais com um requisito específico por um estudante que não domine este requisito?
 - Problemas no uso do recurso, dificultando sua compreensão ou até inviabilizando a mesma.
 - Dificuldade no uso do recurso mas não impossibilitando a compreensão de seu conteúdo.

- Pequena dificuldade que não influenciará na compreensão do recurso.
- Não tenho certeza.
- A busca por recursos educacionais seria melhor se mostrasse a dependência entre recursos?
 - Sim.
 - Não.
 - Não tenho certeza.

A.2.3 Abordagem Proposta: Agrupamento de recursos em coleções

Considerando a complexidade e o custo relacionado à análise dos recursos educacionais para avaliar sua dependência, esta abordagem visa agrupar os recursos educacionais em coleções com o objetivo de advertir sobre a possível dependência entre recursos.

Em resumo, uma coleção de recursos educacionais é composta por um conjunto de recursos que foram concebidos dentro de um mesmo contexto, ou seja, por um mesmo autor para um fim específico.

Porém, estar em uma mesma coleção não indica a dependência entre dois recursos. A avaliação da dependência deve ser feita pelo consumidor deste recurso, que levará em consideração também o contexto em que o recurso será reutilizado.

Desta forma, a abordagem permite que coleções de recursos educacionais sejam identificadas e apresentadas ao consumidor na busca por recursos educacionais. Assim, o consumidor é advertido da possibilidade de dependência entre estes recursos.

A.2.4 Questões sobre a abordagem

- Na sua opinião, a identificação de coleções de recursos, como descrito acima, ajuda a evitar o uso isolado de recursos dependentes?
 - Sim.
 - Não.

- Não tenho certeza.
- Saber que recursos fazem parte de uma mesma coleção é útil para um professor que está buscando recursos educacionais para a montagem de um novo curso?
 - Muito útil.
 - Pouco útil.
 - Sem utilidade.
 - Não tenho certeza.
- Utilize o campo abaixo para enviar comentários sobre o problema e a abordagem proposta. (opcional)
- Você é:
 - Professor.
 - Estudante de pós-graduação.
 - Outro.

A.3 Questionário III - Diferentes Estruturas de Curso

O conteúdo do Questionário III apresentado na Seção 6.1 é reproduzido na íntegra no decorrer desta Seção. Inicialmente foi feita uma introdução explicando o questionário para o participante com mesmo conteúdo do questionário I (Seção A.1.1). Em seguida, o questionário descreveu o problema em questão (Seção A.3.1) e apresentou questões sobre este problema (Seção A.3.2). Por fim, foi apresentada a solução proposta (Seção A.3.3) e foram feitas questões sobre ela (Seção A.3.4).

A.3.1 Descrição do Problema: Diferentes Estruturas de Curso

Em geral, Recursos Educacionais são concebidos com o objetivo de atuar em um determinado curso. Neste contexto, o reúso de recursos entre cursos sobre um mesmo tema aparenta ser simples e não possuir restrições.

Entretanto, é preciso considerar que cursos sobre um mesmo tema podem possuir diferentes contextos e estruturas. Essas características podem influenciar no conteúdo dos recursos educacionais.

Por exemplo, dados dois cursos sobre um determinado tema, um tópico pode ser exaustivamente explorado em um curso e pode ser ligeiramente trabalhado, ou até mesmo excluído, em outro curso. Além disso, os demais tópicos podem ser influenciados por essa mudança.

Para ilustrar este problema, o recurso disponibilizado em <http://goo.gl/4sIfh6> está relacionado ao tópico SQL de uma disciplina de banco de dados. Este recurso supõe que o seu consumidor domina conceitos relacionados a Álgebra Relacional, como mostrado na figura abaixo.

Figura A.2: Trecho de um recursos educacional sobre linguagem SQL.

Estrutura Básica

- ❖ SQL é baseada em operações em conjuntos e relações com algumas modificações e melhorias. Uma consulta típica da SQL tem a forma:


```

select A1, A2, ..., An
from r1, r2, ..., rm
where P
      
```

 - A_is representam atributos
 - r_is representam relações
 - P é um predicado.
- ❖ Esta consulta é equivalente à expressão da álgebra relacional:

$$\Pi_{A_1, A_2, \dots, A_n}(\sigma_P(r_1 \times r_2 \times \dots \times r_m))$$
- ❖ O resultado de uma consulta SQL é uma relação.

Entretanto, o tópico de Álgebra Relacional não está presente em todos os cursos de Banco de Dados, principalmente aos cursos de nível técnico. Desta forma, o uso deste recurso não é adequado a esses cursos.

A.3.2 Questões sobre o problema

- Qual a ocorrência desse problema nas áreas da computação? (Considere áreas da computação como: Engenharia de Software, Redes de Computadores, Banco de Dados, Sistemas Operacionais, Inteligência Artificial, entre outras.)
 - Em diversas áreas.
 - Em algumas áreas.
 - Dificilmente encontrado.
 - Não encontrado.
 - Não tenho certeza.
- Com que frequência este problema pode ser encontrado na áreas de Computação?
 - Muita frequência.
 - Boa frequência.
 - Pouca frequência.
 - Nenhuma frequência.
 - Não tenho certeza.
- O uso de recursos educacionais construídos para cursos com diferentes estruturas pode ser difícil ao usuário deste recurso?
 - Sim.
 - Não.
 - Não tenho certeza.
- Na busca por recursos educacionais, a estruturação do curso no qual o recurso está inserido deveria ser usada como critério para identificar o recurso que melhor se encaixa no perfil do consumidor?
 - Sim.
 - Não.
 - Não tenho certeza.

A.3.3 Abordagem Proposta: Estruturação flexível de Cursos

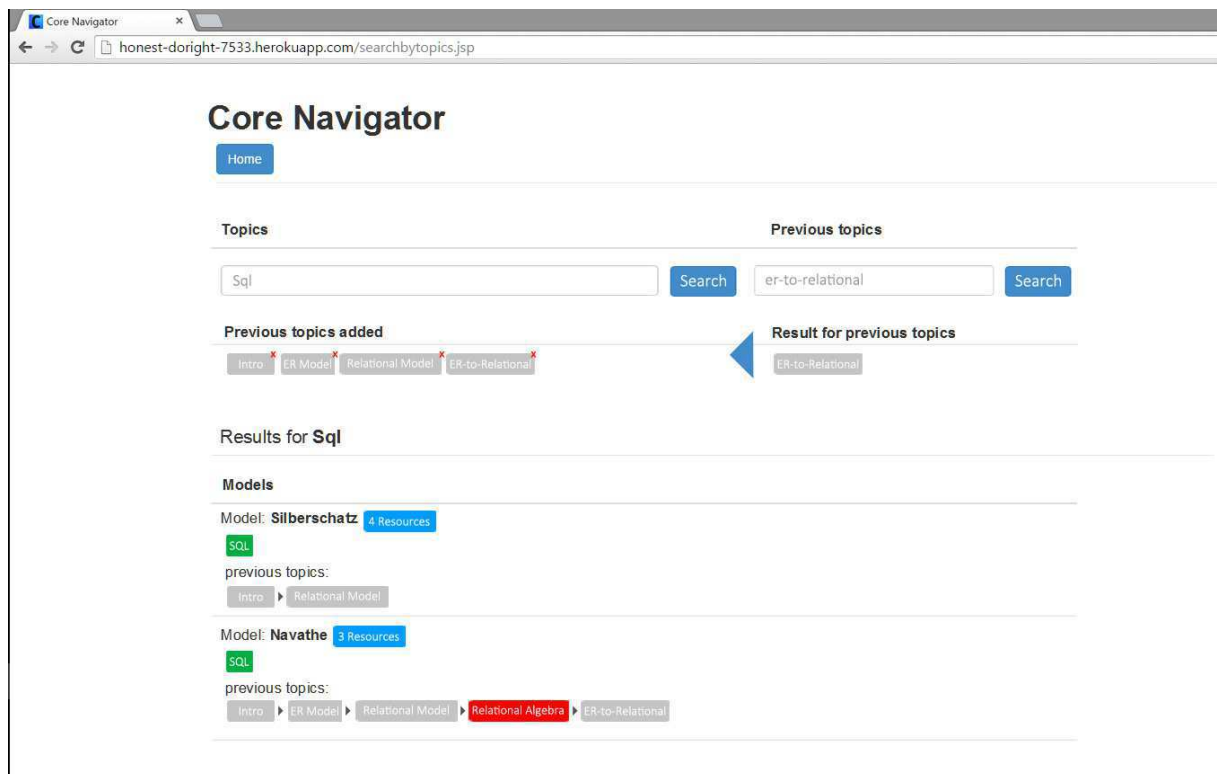
Buscando solucionar este problema, esta abordagem possibilita a criação de diferentes estruturas de curso sobre um mesmo tema. Desta forma, um recurso pode ser associado à estrutura de curso que melhor representa o seu contexto.

Assim, o modelo de compartilhamento define que os recursos estão associados a um conjunto de tópicos com a função de classificar estes recursos. Para adicionar recursos ao sistema de compartilhamento é necessário identificar cursos que o recurso está inserido e associá-lo aos tópicos adequado.

Se o recurso não é compatível com contexto do curso, como mostrado anteriormente, é possível criar uma nova estrutura de curso que se adeque ao recurso. Também é possível mapear os pontos em comum entre cursos.

Com a criação desta estrutura flexível é possível construir mecanismos de busca que levem em consideração o contexto do recurso que se está esperando. A figura abaixo mostra a busca por recursos educacionais considerando os tópicos precedentes na estrutura do curso. O mecanismo de busca é capaz de apontar incompatibilidades entre a busca informada e a estruturação do curso.

Figura A.3: Tela da função de busca por recursos educacionais com detalhamento de tópicos precedentes.



Por fim, a flexibilidade de estruturação permite a busca por recursos levando em consideração critérios referentes ao contexto em que estes recursos foram concebidos.

A.3.4 Questões sobre a abordagem

- A estruturação flexível de cursos para classificar recursos educacionais ajuda a encontrar recursos que melhor se adequem ao contexto do consumidor?
 - Sim.
 - Não.
 - Não tenho certeza.
- A abordagem proposta ajuda a evitar problemas como os citados anteriormente?
 - Sim.
 - Não.

- Não tenho certeza.
- Saber a estruturação do curso para o qual o recurso foi construído é útil para um professor que está buscando recursos educacionais para a criação de um novo curso?
 - Muito útil.
 - Pouco útil.
 - Sem utilidade.
 - Não tenho certeza.
- Utilize o campo abaixo para enviar comentários sobre o problema e a abordagem proposta. (opcional)
- Você é:
 - Professor.
 - Estudante de pós-graduação.
 - Outro.