

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE INFORMÁTICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM COMPUTAÇÃO

MATHEUS PEREIRA

**Representação Semântica de Perfil
Dinâmico de Usuários em Comunidades de
Prática**

Dissertação apresentada como requisito parcial
para a obtenção do grau de Mestre em Ciência da
Computação

Orientador: Prof^a. Dr^a. Rosa Maria Vicari

Porto Alegre
2018

CIP — CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO

Pereira, Matheus

Representação Semântica de Perfil Dinâmico de Usuários em Comunidades de Prática / Matheus Pereira. – Porto Alegre: PPGC da UFRGS, 2018.

104 f.: il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Computação, Porto Alegre, BR-RS, 2018. Orientador: Rosa Maria Vicari.

1. Comunidades de prática. 2. Perfil de usuário. 3. Web semântica. 4. Ontologias. I. Vicari, Rosa Maria. II. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Reitor: Prof. Rui Vicente Oppermann

Vice-Reitora: Prof^a. Jane Fraga Tutikian

Pró-Reitor de Pós-Graduação: Prof. Celso Giannetti Loureiro Chaves

Diretora do Instituto de Informática: Prof^a. Carla Maria Dal Sasso Freitas

Coordenador do PPGC: Prof. João Luiz Dihl Comba

Bibliotecária-chefe do Instituto de Informática: Beatriz Regina Bastos Haro

*“Aqueles que passam por nós, não vão sós, não nos deixam sós.
Deixam um pouco de si, levam um pouco de nós.”*

— ANTOINE DE SAINT-EXUPÉRY

AGRADECIMENTOS

A minha família, pelo empenho em sempre oferecer as melhores condições possíveis para minha educação e desenvolvimento como pessoa. À vocês dedico, em contrapartida, todos meus esforços e eterna gratidão.

A orientadora e amiga Rosa Vicari, pela oportunidade de trabalhar ao seu lado e por estar sempre disposta a compartilhar sua experiência e sabedoria. Durante o desenvolvimento deste trabalho dedicou seu tempo e direcionou as atividades e esforços para que sua execução fosse possível.

A João Luis Tavares da Silva, grande amigo que acompanha minha trajetória acadêmica e profissional desde a graduação. Companheiro de longas discussões, disposto a colaborar para a superação de qualquer dificuldade, sempre com paciência, atenção e um bom chimarrão.

Aos amigos que cultivei durante o mestrado. Companheiros do mundo, nos encontraremos em outras oportunidades para seguirmos aprendendo uns com os outros da mesma forma como fizemos durante os dias de pesquisa em laboratório.

A todos aqueles que de alguma forma colaboraram para este trabalho e, por motivos desconhecidos, não foram citados nesses agradecimentos.

RESUMO

Em comunidades de prática, a aprendizagem ocorre por meio da interação e colaboração constante de seus participantes, o caráter social destes ambientes é fundamental para a construção do conhecimento. Por este motivo, esta dissertação busca compreender a forma como os usuários interagem em comunidades de prática e propõe a estruturação destas informações em torno de um perfil dinâmico de usuário. A aplicação de perfis de usuário neste contexto permite entender o indivíduo, seus interesses e necessidades. A partir da representação dos participantes de comunidades de prática é possível desenvolver sistemas de aprendizagem inteligente, sistemas de recomendação, elementos de gamificação e sistemas de acesso e recuperação de informação personalizados. Estes mecanismos procuram estimular o engajamento dos participantes e promover a aprendizagem colaborativa. A representação das informações neste trabalho será apoiada pelo uso de tecnologias da web semântica e de ontologias para a formalização das relações em comunidades de prática. O desenvolvimento de softwares educacionais baseados na web semântica amplia a capacidade de implementação de novos mecanismos de aprendizagem, contribuindo para a análise das interações e a inferências sobre as informações dos usuários. O uso de ontologias permite a formalização das informações e torna possível a elaboração de uma rede de conhecimento que pode ser processada e consumida por agentes de software, contribuindo para a interoperabilidade do sistema.

Palavras-chave: Comunidades de prática. perfil de usuário. web semântica. ontologias.

Semantic representation of dynamic user profiles in communities of practice

ABSTRACT

In communities of practice, learning is built through constant interaction and collaboration of their participants, the social aspect of these environments is crucial for the knowledge construction. For this reason, this work intends to understand how users interact in communities of practice and proposes a dynamic user profile to structure this information. An user profile applied in this context allows us to understand the person, his interests and needs. The representation of participants in communities of practice allow us to develop intelligent learning systems, recommender systems, gamification elements and systems for personalized access and personalized information retrieval. Those mechanisms intend to stimulate participant engagement to promote collaborative learning. In this work, semantic web technologies and ontologies are used to represent this informations. The development of educational software based on the semantic web expands the capacity to implement new learning mechanisms, contributing to the analysis of the interactions and the inferences about user informations. The use of ontologies allows the formalization of information and enables the elaboration of a knowledge network that can be processed and consumed by software agents, contributing to the system interoperability.

Keywords: communities of practice, user profile, semantic web, ontologies.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 Quadro sinóptico das atividades relacionando ferramentas tecnológicas às tensões encontradas em comunidades de prática.....	22
Figura 2.2 Pilha de tecnologias da web semântica.....	32
Figura 4.1 Plataforma de comunidades de prática CoPPLA.....	52
Figura 4.2 <i>Framework</i> de comunidades de prática - conceitos e relacionamentos propostos por Ribeiro et al. (2011a)	56
Figura 4.3 Perfil de usuários em comunidades de prática proposto por Silva et al. (2012).....	57
Figura 4.4 Conceitos e relacionamentos da ontologia CoPPLA.....	58
Figura 5.1 Visão geral do perfil dinâmico de usuário para comunidades de prática.....	62
Figura 5.2 Descrição da interface para inclusão da ação <i>FollowAction</i>	65
Figura 5.3 Estrutura do servidor de aplicação OpenLink Virtuoso.....	69
Figura 5.4 Perfil estático de usuário para comunidades de prática	70
Figura 6.1 Organização inicial dos cenários de colaboração nas comunidades de prática.....	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1	Sumário de pesquisas relacionadas	49
Tabela 5.1	Correspondência entre tipos de dados e classes da ontologia CoPPLA	67
Tabela 5.2	Correspondência entre <i>containers</i> e classes da ontologia CoPPLA	67
Tabela 5.3	Correspondência entre ações de colaboração e classes da ontologia CoP- PLA	68
Tabela 6.1	Informações pessoais do usuário com semântica associada.....	77
Tabela 6.2	Temas de interesse do participante	78
Tabela 6.3	Lista de participantes associados aos temas de interesse do usuário.....	79
Tabela 6.4	Temas de participantes com interesses semelhantes.....	80
Tabela 6.5	Temas relacionados aos conteúdos de interesse do participante	81
Tabela 6.6	Conteúdos marcados com temas de interesse do participante.....	82
Tabela 6.7	Ações do usuário nas comunidades de prática	85
Tabela 6.8	Ações de comunicação do usuário	87
Tabela 6.9	Interações entre usuários	88
Tabela 6.10	Ações de comunicação entre usuários	91

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

API	<i>Application Programming Interface</i>
CdP	Comunidade de Prática
CMS	<i>Content Management System</i>
CoPPLA	<i>Communities of Practice Platform</i>
CSCL	<i>Computer-Supported Collaborative Learning</i>
FOAF	<i>Friend of a Friend</i>
HTTP	<i>Hypertext Transfer Protocol</i>
IoT	<i>Internet of Things</i>
JSON	<i>JavaScript Object Notation</i>
LOD	<i>Linked Open Data</i>
ODBC	<i>Open Database Connection</i>
ORDBMS	<i>Object-Relational Database Management System</i>
ORM	<i>Object RDF Mapper</i>
OWL	<i>Web Ontology Language</i>
RDBMS	<i>Relational Database Management System</i>
RDF	<i>Resource Description Framework</i>
RDF-S	<i>Resource Description Framework Schema</i>
REST	<i>Representational State Transfer</i>
RIF	<i>Rule Interchange Format</i>
SIOC	<i>Semantically-Interlinked Online Communities</i>
SOAP	<i>Simple Object Access Protocol</i>
SPARQL	<i>SPARQL Protocol and RDF Query Language</i>
SQL	<i>Structured Query Language</i>
TIC	Tecnologia da Informação e Comunicação

URI	<i>Uniform Resource Identifier</i>
URL	<i>Uniform Resource Locator</i>
XML	<i>eXtensible Markup Language</i>
WWW	<i>World Wide Web</i>
W3C	<i>World Wide Web Consortium</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Objetivos e contribuições	14
1.2 Método de pesquisa	15
1.3 Organização do texto	15
2 FUNDAMENTAÇÃO	16
2.1 Comunidades de prática	16
2.1.1 Ciclo de vida de comunidades de prática.....	17
2.1.2 Orientações e atividades colaborativas	18
2.1.3 Ferramentas de colaboração e comunicação.....	21
2.2 Modelo de usuário	23
2.2.1 Dimensões de modelos de usuário.....	24
2.2.2 Natureza da informação	26
2.2.3 Interoperabilidade de modelos de usuário	29
2.3 Web Semântica	30
2.3.1 Tecnologias da Web Semântica.....	31
2.3.2 Ontologias	33
2.3.3 Web semântica, interoperabilidade e aplicação na educação.....	35
2.4 Considerações do capítulo	36
3 TRABALHOS RELACIONADOS	38
3.1 Estado da arte	38
3.2 Sumário dos trabalhos	48
3.3 Considerações do capítulo	49
4 PLATAFORMA DE COMUNIDADES DE PRÁTICA COPPLA	51
4.1 Ferramentas de colaboração e comunicação	51
4.2 Perspectivas tecnológicas em andamento	54
4.3 Ontologia CoPPLA	55
4.4 Pilha tecnológica	59
4.5 Considerações do capítulo	60
5 GERENCIADOR DE PERFIL DINÂMICO DE USUÁRIO	61
5.1 Visão geral	61
5.2 Aquisição das ações de colaboração	63
5.3 Mapeamento e descrição semântica das ações de colaboração	65
5.4 Modelo de informação de triplas	68
5.5 Perfil de usuário	69
5.6 Considerações do capítulo	71
6 REPRESENTAÇÃO E DESCOBERTA DE CONHECIMENTO	72
6.1 Descrição dos cenários de colaboração	72
6.2 Consultas semânticas	75
6.3 Considerações do capítulo	91
7 CONCLUSÃO	93
7.1 Revisão dos objetivos	93
7.2 Contribuições	94
7.3 Trabalhos futuros	95
REFERÊNCIAS	98

1 INTRODUÇÃO

Em ambientes virtuais de aprendizagem, espaços formados por indivíduos, suas interações e formas de comunicação suportadas através de plataformas focadas na aprendizagem (BEHAR, 2009), o sujeito é um agente ativo que estabelece relações, produz e socializa conhecimento (RIBEIRO et al., 2011a). O suporte tecnológico expande as possibilidades para aplicações educacionais, facilitando a interação humana e a disseminação de conteúdo através da rede.

A interação social em ambientes de educação influencia a afetividade, a interatividade e a aprendizagem como um todo e caracteriza um dos desafios da educação. As relações e o sentimento de pertencer ao grupo são fundamentais no processo de aprendizagem. A partir do momento que o indivíduo adquire confiança e se identifica com seus pares, estas relações se intensificam. Inicia-se um processo de motivação intrínseca, onde os integrantes sentem-se a vontade para participar de discussões, expor suas ideias e socializar o conhecimento (ANDRADE; VICARI, 2003; WOOLF, 2010).

Ribeiro et al. (2011a) apresentam comunidades de prática (CdP) como alternativa de ambiente focado na interação, na troca de experiências e no compartilhamento aberto de conhecimento. Segundo Wenger (1999), comunidades de prática consistem em grupos de pessoas que compartilham determinado interesse comum. A aprendizagem e a produção do conhecimento ocorrem a partir da interação destes indivíduos, desta maneira, a CdP atribui ao aprendiz o papel de socializador do conhecimento.

O caráter social das comunidades de prática é fundamental para o processo de construção do conhecimento. É através das interações dos usuários que vínculos são criados e o conhecimento é explicitado. Simultaneamente, os participantes adquirem maior confiança entre si, colaboram e compartilham experiências em seus domínios de interesse. Por este motivo, torna-se necessário estabelecer uma representação padronizada e formal das interações presentes nas comunidades.

Neste sentido, a web semântica vem sendo empregada para superar limitações tecnológicas relacionadas à formalização da informação na internet. O principal objetivo da web semântica é possibilitar a interpretação da informação por pessoas e computadores, formando um ambiente onde agentes de software e usuários podem interagir e cooperar. Para que estes agentes possam executar tarefas de forma autônoma, a informação deve ser estruturada e possuir significados bem definidos (BERNERS-LEE; HENDLER; LASSILA, 2001).

Complementar as tecnologias da web semântica, as ontologias exercem papel central na formalização das informações disponibilizando uma especificação explícita e consensual de determinados domínios do conhecimento. Estas especificações, de comum acordo, contribuem para a representação das informações e a sua interoperabilidade, independente de sistemas ou tecnologias, promovendo a capacidade de comunicação e raciocínio de agentes de software.

Nas comunidades de prática, espaços onde as interações são incentivadas e a produção do conteúdo facilitada, a disponibilidade de informação pode dificultar o acesso a conteúdos relevantes. A aplicação de modelos de usuário neste contexto permite compreender o indivíduo, seus interesses e necessidades. A partir de uma representação de usuário é possível desenvolver ambientes de aprendizagem inteligentes, sistemas de recomendação e sistemas de acesso e recuperação de informações personalizados (RICCI et al., 2015).

A plataforma de comunidades de prática CoPPLA¹, ambiente de CdPs virtuais utilizado neste trabalho, compreende um conjunto de ferramentas de comunicação e colaboração para a instrumentalização de comunidades de prática virtuais. A plataforma CoPPLA foi desenvolvida pela parceria entre pesquisa acadêmica (PEREIRA; SILVA; BOFF, 2013; MOLON et al., 2013; PRIMO et al., 2012; SILVA et al., 2012; RIBEIRO et al., 2011b; FIORIO; SILVA; RIBEIRO, 2011) e duas organizações preocupadas com a Educação Colaborativa Permanente². Os projetos desenvolvidos com o apoio da plataforma CoPPLA são ligados a projetos na área de saúde, justiça e universidades corporativas e contabilizam, desde 2008, cerca de 60.000 usuários registrados e 278.000 postagens em 1.370 comunidades de prática criadas.

Este trabalho propõe a utilização de tecnologias da web semântica e ontologias para construir uma representação semântica capaz de descrever os relacionamentos entre comunidades de prática, ferramentas de colaboração, conteúdos e participantes em um ambiente de comunidades de prática virtuais. A partir desta representação, espera-se construir uma base de conhecimentos que pode ser explorada para a definição de um perfil de usuário que evolui ao mesmo tempo que os participantes interagem com o sistema e aprendem por meio de trocas regulares.

¹<http://www.coppla.org.br>

²HADI.COM-HAbitats DIgitais para Comunidades (<http://www.hadi.com.br>) e Communitas Instituto para o Desenvolvimento Humano e Tecnológico (<http://www.communitas.org.br>)

1.1 Objetivos e contribuições

O objetivo deste trabalho é integrar tecnologias da web semântica às comunidades de prática construindo um perfil de usuário dinâmico que capture os aspectos da aprendizagem colaborativa distribuídos no ambiente. Espera-se, com o auxílio das tecnologias da web semântica, avançar rumo à interoperabilidade de sistemas e possibilitar a implementação de mecanismos de busca semântica e de inferência nesta base de conhecimento. Finalmente, estas informações serão utilizadas para descrever o usuário de forma individual e identificar informações relevantes para o sistema, como preferências dos usuários, histórico de interação e trajetórias de colaboração em comunidades de prática.

Desta maneira, espera-se que a seguinte questão de pesquisa seja respondida:

Questão de pesquisa: É possível, por meio de tecnologias da web semântica e ontologias, construir uma base de conhecimento capaz de capturar o aspecto dinâmico e distribuído das interações em comunidades de prática a fim de construir um perfil de usuário que identifique suas preferências e formas de relacionamento nestes ambientes?

O trabalho apoia-se na hipótese de que a representação formal das interações, organizadas em um perfil de usuário dinâmico, pode ser utilizada para encontrar relações complexas entre os participantes e o conhecimento distribuído nas comunidades de prática. Estas informações, contextualizadas e com valor semântico, podem ser utilizadas para promover maior interação e aproximação entre os participantes, as comunidades e as ferramentas de colaboração.

O perfil do usuário agrega às comunidades de prática recursos fundamentais para o desenvolvimento de serviços personalizados. O perfil fornece informações que podem ser utilizadas no desenvolvimento de sistemas de recomendações, conteúdos adaptados e elementos de gamificação, além de evidenciar trajetórias de colaboração que poderão servir para a tomada de decisão e orientação das atividades de cada comunidade.

A partir desta questão de pesquisa e hipótese, pretende-se alcançar os seguintes objetivos específicos:

1. Mapear os relacionamentos entre as comunidades de prática, as ferramentas de colaboração, os conteúdos, os participantes e suas interações;
2. Propor uma representação semântica para o conhecimento construído em comunidades de prática;
3. Estabelecer serviços e interfaces para a aquisição, persistência e recuperação das informações relacionadas ao perfil do usuário.

1.2 Método de pesquisa

As atividades necessárias para que os objetivos propostos sejam alcançados serão distribuídas entre as etapas teórica, de desenvolvimento e de análise. Durante a etapa teórica busca-se compreender o domínio de aplicação da dissertação. As atividades previstas envolvem a revisão bibliográfica acerca dos temas relacionados, a apresentação do estado da arte e a contextualização do trabalho.

A etapa de desenvolvimento consiste na elaboração da solução para o mapeamento dos relacionamentos entre as ações colaborativas nas comunidades, além da avaliação e seleção das tecnologias a serem utilizadas visando interoperabilidade e aderência à web semântica. A etapa de análise procura mensurar a conformidade da solução desenvolvida em relação aos objetivos propostos. Esta etapa também apresentará os resultados apontando aspectos positivos e negativos da solução proposta, suas contribuições e trabalhos futuros.

1.3 Organização do texto

O texto está organizado da seguinte forma: o Capítulo 2 apresenta a revisão bibliográfica referente à construção de ambientes virtuais de aprendizagem e comunidades de prática, à modelagem e representação de usuários e às tecnologias da web semântica; o Capítulo 3 traz uma análise de trabalhos relacionados e a contextualização deste em relação ao estado da arte; o Capítulo 4 descreve a plataforma de comunidades de prática CoPPLA, assim como suas ferramentas de colaboração e perspectivas tecnológicas em andamento, neste capítulo também é descrita a ontologia CoPPLA e de que forma as ontologias FOAF e SIOC são reutilizadas para descrever determinados recursos do ambiente, os usuários e seus relacionamentos; o Capítulo 5 descreve a solução proposta para o perfil dinâmico de usuários de comunidades de prática. Dois componentes principais serão apresentados em detalhes: o gerenciador de perfil dinâmico e o servidor semântico. Os relacionamentos entre estes componentes e a plataforma de comunidades de prática também serão detalhados; o Capítulo 6 apresenta cenários de colaboração que servem como base para a definição de consultas semânticas que procuram validar a capacidade de representação e descoberta de conhecimento do perfil dinâmico de usuário; finalmente, o Capítulo 7 apresenta as conclusões, uma revisão dos objetivos propostos por este trabalho e desafios futuros.

2 FUNDAMENTAÇÃO

Este capítulo apresentará os conceitos que compõe a pesquisa realizada nesta dissertação. A fundamentação tem como base a interseção entre comunidades de prática, perfil de usuário e web semântica. Assim, serão apresentados os principais conceitos relacionados às comunidades de prática, como o conhecimento é construído nestes ambientes e de que forma as interações contribuem para a aprendizagem social.

Do mesmo modo, serão revisados os conceitos de modelos de usuário, suas aplicações e características inerentes a cada propósito de uso. Finalmente, serão apresentadas as tecnologias da web semântica, as limitações que esta abordagem procurar superar da internet atual, e as perspectivas que seu uso permite aos sistemas alcançar.

Ao final, busca-se relacionar estes temas a fim de contextualizá-los à proposta de uso da web semântica para viabilizar a elaboração de um perfil dinâmico de usuário em comunidades de prática.

2.1 Comunidades de prática

O conceito comunidade de prática (CdP) pode ser definido como grupos de pessoas que compartilham um interesse ou um conjunto de problemas e que aprendem através de interações regulares. O fenômeno de organizar-se em comunidades pode ser observado em ambientes escolares, no trabalho e durante atividades de lazer. Em comunidades de prática o aprendizado é o componente central da comunidade.

Esta definição permite, mas não assume, intencionalidade (WENGER; TRAYNER, 2015). A intenção de aprender em comunidades de prática pode não ser explícita, mas suas discussões, atividades e relacionamentos constroem uma história de aprendizagem conjunta (WENGER; WHITE; SMITH, 2009). Apesar disso, nem toda comunidade pode ser considerada uma comunidade de prática. Três elementos estruturantes são fundamentais para a caracterização de uma comunidade de prática: domínio, comunidade e prática (WENGER, 2008).

O domínio é o tema de interesse central de uma comunidade de prática, o propósito que orienta suas atividades e estabelece suas fronteiras. O domínio também define a identidade de seus membros, pois estes reconhecem em seus pares, companheiros de aprendizagem interessados em um mesmo objetivo. Este interesse distingue os membros de uma comunidade de prática de pessoas que não fazem parte do grupo.

A comunidade é o conjunto de indivíduos que estabelecem relacionamentos e compartilham informações ao desenvolverem atividades e discussões, de forma colaborativa, em torno do domínio de interesse partilhado. Estas relações proporcionam aos participantes aprender uns com os outros e são essenciais para a caracterização da CdP.

Por fim, a prática é o conjunto de esquemas de trabalho, ferramentas, ideias, estilos, linguagem, histórias e documentos decorrentes das interações na CdP. A prática representa o conhecimento desenvolvido, compartilhado e armazenado, que torna-se fonte de conhecimento para os membros das comunidades de práticas e outros que possam se beneficiar destes recursos.

Segundo Wenger (2000), para que as comunidades de prática sejam bem sucedidas, é necessário que elas tenham a capacidade de serem sistemas de aprendizagem social. Healy (2009) define aprendizagem como o processo de evolução de um estado sem conhecimento para um onde há conhecimento. O aspecto social está nas interações humanas, aprender através do contato e associações regulares.

Comunidades de prática apresentam estruturas emergentes, relações complexas, negociação contínua de identidade e significado cultural, auto-organização e limites dinâmicos (WENGER, 2010). A possibilidade de interagir e trocar experiências, fazendo com que os membros aprendam sobre um domínio e também sobre a própria participação, torna as comunidades de prática aptas a suportarem a aprendizagem social, ao mesmo tempo que estimulam o processo de participação e aprofundamento do domínio de aprendizagem (RIBEIRO et al., 2011b).

As relações e o sentimento de pertencer à comunidade são fundamentais no processo de aprendizagem social. A partir do momento que o participante adquire confiança e se identifica com seus pares estas relações se intensificam. Inicia-se um processo de motivação intrínseca, onde os participantes sentem-se a vontade para participar de discussões, expor suas ideias e socializar o conhecimento.

2.1.1 Ciclo de vida de comunidades de prática

As comunidades de prática apresentam um ciclo de vida diretamente ligado a participação e interesse de seus integrantes. Este ciclo é dividido em etapas que não possuem tempo definido de duração, mas avançam conforme as interações acontecem. O sucesso de uma comunidade de prática implica em compreender estas etapas e assegurar que as atividades e ferramentas atendam as necessidades de cada uma delas.

A primeira etapa, **potencial/criação**, ocorre quando pessoas com questões e necessidades similares formam redes imprecisas que, com o tempo, são agregadas e formam comunidades. Esta etapa tem como principal objetivo constituir a comunidade em torno de seus três elementos estruturantes: domínio, comunidade e prática.

Em seguida, existe um engajamento por parte dos participantes em atividades de aprendizagem que consolidam o grupo como comunidade, aumentando o grau de confiança e compreensão entre os indivíduos, esta é a etapa de **início/expansão**.

Na etapa de **maturação** a comunidade responsabiliza-se por suas práticas e se expande, estipula-se padrões e define-se agenda, ritmo e identidade própria. Neste momento o foco passa a ser o desenvolvimento do conhecimento de forma coletiva.

Chegando à etapa de **atividade**, a comunidade passa a apresentar ciclos onde a participação oscila entre picos altos e baixos. A comunidade de prática já está estabelecida e possui conhecimento sólido, mas precisa estar aberta a novas ideias e novos participantes. Novos relacionamentos devem ser criados para que a comunidade continue ativa, mesmo durante períodos de baixa atividade.

Por fim, na etapa de **dispersão/transformação**, por desenvolverem novos interesses ou a comunidade tratar de um assunto desatualizado ou que perdeu relevância, os participantes acabam se distanciando da comunidade. Neste momento a comunidade pode sofrer transformações que geram outras comunidades ou se dispersar.

2.1.2 Orientações e atividades colaborativas

Segundo o modelo de colaboração 3C, apresentado por Fuks, Raposo and Gerosa (2002) em uma adaptação de Ellis, Gibbs and Rein (1991), sistemas colaborativos são baseados nos aspectos de comunicação, coordenação e cooperação. Para colaborar os indivíduos precisam trocar informações (comunicação), organizar-se (coordenação) e operar em conjunto em um ambiente compartilhado (cooperação).

De forma cíclica, as trocas ocorridas durante a comunicação criam compromissos que são gerenciados pela coordenação, a coordenação organiza as atividades que são executadas na cooperação e, ao cooperar, os indivíduos têm a necessidade de se comunicar para renegociar e tomar decisões sobre situações não previstas inicialmente. Desta forma, por meio da percepção, o indivíduo informa-se sobre o que está acontecendo e sobre o que as outras pessoas estão fazendo, adquirindo informações necessárias para seu trabalho (FUKS et al., 2003).

Em comunidades de prática, os participantes interagem e compartilham conhecimento, os moderadores criam e organizam as atividades, coordenando e orientando o grupo durante o processo de cooperação (LUNA et al., 2015). O modo como os participantes interagem e a forma como o aprendizado é construído em uma comunidade de prática definem seu estilo ou orientação. Uma comunidade de prática pode apresentar um ou mais estilos simultaneamente e isso pode mudar ao longo do tempo. Cada estilo é associado a um conjunto de ferramentas que proporcionam suporte ao padrão das atividades da comunidade.

Wenger, White and Smith (2009) definem nove diferentes orientações que comunidades de prática podem assumir conforme suas atividades: encontros, conversas em aberto, projetos, conteúdo, acesso a perícia (expertise), relacionamentos, participação individual, cultivar a própria comunidade e contribuir num contexto específico. A seguir serão apresentados estes estilos e as atividades que caracterizam cada orientação.

Encontros: Algumas comunidades tem ênfase em encontros regulares onde os participantes, sobretudo, compartilham atividades por algum tempo. A participação viável dos membros é o que define a existência da comunidade. Flexibilidade suficiente na agenda para interações espontâneas e ritmo e frequência adequados de encontros são fatores importantes para o sucesso destas comunidades. As principais atividades desenvolvidas em CdPs com esta orientação são: interações síncronas e assíncronas, *feedback* para membros e tomada de decisão, participação à distância em encontros presenciais e criação e distribuição de notas compartilhadas e colaborativas.

Conversas em aberto: Comunidades onde a conversação, que caracteriza e mantém a comunidade unida, é a principal forma de aprendizagem. Variedade suficiente de tópicos para manter o interesse, participação ativa de um segmento representativo da comunidade e arquivos bem organizados das conversações, para evitar conversas circulares e ajudar iniciantes a se situarem, são fundamentais para o sucesso deste estilo de comunidade. Algumas das principais atividades desenvolvidas nestas CdPs são: conversas sobre tópicos, desenvolvimento de subgrupos com controle de acesso, destaque de pontos chave de aprendizagem e arquivamento.

Projetos: As comunidades são focadas em projetos, na resolução de projetos específicos ou na produção de artefatos úteis. Normalmente os projetos envolvem subgrupos e os membros desenvolvem suas práticas juntos. Estas comunidades devem apresentar uma definição coletiva dos projetos relacionados ao domínio da comunidade, definir coordenação, liderança e comunicação adequada entre subgrupos e o restante da comunidade. A

criação de conteúdo em conjunto, o desenvolvimento de subgrupos, a gestão de projetos e a comunicação com o restante da comunidade são atividades desenvolvidas em CdPs com esta orientação.

Conteúdo: Determinadas comunidades estão interessadas em criar, compartilhar e dar acesso a documentos, ferramentas e outros conteúdos. O conteúdo bem organizado é um recurso importante para seus participantes, logo, a comunidade deve organizá-lo cuidadosamente, refletindo sua visão sobre o domínio. Também deve apresentar uma taxonomia flexível que permita crescimento e evolução, facilidade de publicação e boa capacidade de busca. As atividades características dessas comunidades são: *upload* e compartilhamento de arquivos e documentos, comentários, anotações e discussão de conteúdo, acesso a conteúdo interno e externo, avaliação de contribuições e arquivamento.

Acesso a perícia (expertise): Este estilo tem como objetivo fornecer acesso ao conhecimento da comunidade, tanto interna quando externamente. Essas comunidades são focadas em responder perguntas e resolver problemas de forma colaborativa. O conhecimento pode ser produzido e mantido por todo o grupo, ou por apenas um pequeno conjunto de peritos. O acesso a informação confiável ou às respostas dos peritos deve ser rápido, as pessoas devem saber onde encontrar o conhecimento. O grau de confiança de uma resposta é avaliado através da reputação de quem respondeu ou através de processos explícitos de validação. Perguntas e respostas, localizar perícia, avaliar e validar respostas, compartilhar problemas resolvidos e seguir peritos são algumas das atividades desenvolvidas nestas comunidades.

Relacionamentos: As comunidades possuem foco no relacionamento construído entre seus membros, enfatizando o aspecto interpessoal da aprendizagem social. Comunidades com essa orientação são voltadas a criar, sustentar e representar relacionamentos. A possibilidade de conhecer outras pessoas e proporcionar conexões informais entre elas são fatores importantes para este estilo de CdP. As principais atividades ligadas a esta orientação são: encontrar e relacionar participantes, descobrir informações expressas na identidade pessoal de cada usuário e saber quem está conectado na comunidade, permitindo ao participante seguir e interagir informalmente com seus pares.

Participação individual: A aprendizagem, mesmo quando em grupo, acontece de forma individual. Pessoas carregam diferentes experiências, estilos de comunicação e aspirações quanto à sua participação na comunidade, o que torna o processo de aprendizagem heterogêneo. Em comunidades orientadas a participação individual os membros tem a possibilidade de desenvolver seu próprio estilo de participação e a comunidade acolhe,

suporta e evolui com essa diversidade. CdPs com este estilo devem disponibilizar mecanismos de alertas e diferentes modos de interação e personalização, onde o participante pode gerenciar sua privacidade e sua própria participação individualmente.

Cultivar a própria comunidade: Comunidades com esta orientação tem como objetivo evoluir de forma organizada e eficaz, proporcionando um ambiente favorável ao trabalho. As atividades da comunidade são bem planejadas e seus materiais de referência são bem produzidos e organizados. *Feedback* da comunidade, anúncios e outras informações enviadas diretamente aos membros, organização das interações e gratificações por empenho na comunidade são atividades características deste estilo.

Contribuir num contexto específico: O objetivo central de comunidades que apresentam essa orientação é servir a um contexto específico que caracteriza a identidade e a forma como a comunidade opera. Estas CdPs podem ser utilizadas dentro de organizações, ter a missão de fornecer recursos de aprendizagem ou buscar interações com outras comunidades cujo domínio complementa o seu próprio. Convites públicos e recrutamento de participantes, formação de comunidades relacionadas e a criação de interfaces para disponibilizar o conteúdo da comunidade para o exterior são atividades características deste estilo de comunidade de prática.

2.1.3 Ferramentas de colaboração e comunicação

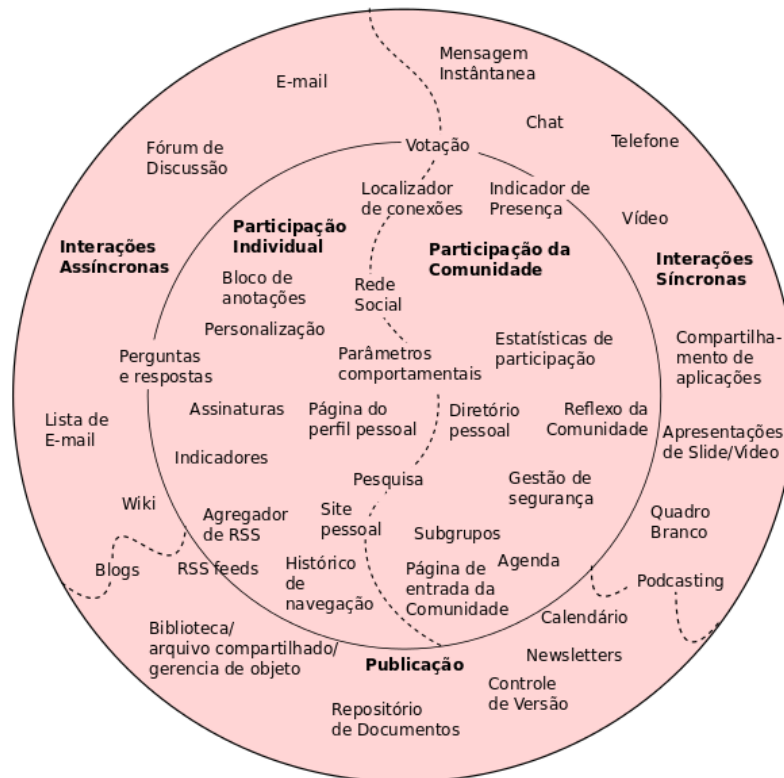
As comunidades de prática utilizam ferramentas tecnológicas tradicionais para sua instrumentalização. A orientação da CdP é fundamental para a definição de suas ferramentas básicas. São as ferramentas que fornecem o suporte apropriado para cada estilo de atividade de uma comunidade de prática. As ferramentas que não se enquadram a um determinado estilo tornam-se ociosas, enquanto que a falta de outras desmotivam e limitam a participação no ambiente.

Wenger et al. (2005) sugerem diversas ferramentas para a instrumentalização de comunidades de prática, desde ferramentas de comunicação tradicionais como chat, fórum de discussão e e-mail, até ferramentas mais sofisticadas como vídeo-conferência e podcast. Também são necessárias ferramentas de gestão e publicação. Sendo assim, a inovação não está nas ferramentas, mas sim no enfoque de seu uso, que permite aos membros da CdP a disseminação do conhecimento (SILVA; RIBEIRO; FIORIO, 2011).

Visando definir possibilidades tecnológicas que atendam as necessidades dos integrantes de uma comunidade de prática, Wenger et al. (2005) identificam as interfaces

requeridas por meio de tensões presentes nas relações de troca entre os membros e a comunidade gerando três tipos de necessidades: interação (síncrona e assíncrona), publicação e tendência (participação individual e cultivo da comunidade), ilustrado na Figura 2.1.

Figura 2.1: Quadro sinóptico das atividades relacionando ferramentas tecnológicas às tensões encontradas em comunidades de prática



Fonte: (WENGER et al., 2005).

O gerenciamento das relações entre as ferramentas de interação necessárias para colaboração nas comunidades de prática visa atender as necessidades de manutenção da comunidade. O uso das ferramentas tecnológicas tradicionais necessita de especificações orientadas aos estilos de comunidades.

As relações existentes entre as ferramentas, experiências e interesses pessoais fazem transparecer o domínio da comunidade de prática. Através delas é possível a inferência de interesses dos indivíduos para associá-los às comunidades, outros usuários ou temas que apresentam mesmos interesses. Estas associações tem o objetivo de favorecer a disseminação do conhecimento, ampliar a abrangência das práticas e aumentar as relações, recomendando novas e fortalecendo as existentes.

Relações interpessoais não formam necessariamente uma comunidade de prática mas, à medida que condições favoráveis se apresentam, em termos de ferramentas e estru-

tura, existe uma grande possibilidade que destas relações possam emergir comunidades de prática com os mais diversos domínios.

2.2 Modelo de usuário

A representação de informações do usuário é essencial para inúmeras áreas de aplicação cotidiana incluindo ambientes inteligentes de aprendizagem, sistemas de recomendação, comércio eletrônico e recuperação de informação personalizada (RICCI et al., 2015). Ao processo de gestão e manutenção destas informações atribui-se o termo modelagem de usuário (BRUSILOVSKY; MILLÁN, 2007).

Os primeiros trabalhos relacionados a este tema são comumente conferidos a Rich (1979), Allen (1979) e Cohen and Perrault (1979). Desde então, estudos interessados em recuperação de informação (GHORAB et al., 2013), recomendação de conteúdo (BURKE, 2007; PRIMO, 2013), ambientes virtuais de aprendizagem adaptativos (BRUSILOVSKY; MILLÁN, 2007) e sistemas tutores inteligentes (KÄSER et al., 2014) concentram esforços no desenvolvimento de modelos de usuário.

Kobsa (2007) resume uma série de serviços frequentemente encontrados em aplicações que utilizam modelos de usuário, dentre eles pode-se citar: o registro das interações do usuário com o sistema; a produção de hipóteses baseada no histórico de interação do usuário; a representação de hipóteses sobre características de modelos de usuários individuais como conhecimento, interesses, objetivos, traços individuais; a representação de características relevantes comuns entre usuários que pertencem a um mesmo subgrupo e a classificação de usuários em um ou mais destes estereótipos, bem como a integração de características típicas destes subgrupos para o modelo individual do usuário;

Segundo Brusilovsky and Millán (2007), modelos relacionados a sistemas interessados na recuperação e filtragem de informações, de modo a apresentar conteúdos relevantes às características do usuário, são denominados perfis de usuário. Do mesmo modo, em sistemas tutores inteligentes, modelos de usuário são conhecidos como modelos de estudante. O modelo de estudante é orientado por diferentes domínios que caracterizam o aprendiz, tais como cognição, conhecimento, objetivos, habilidades, estratégias e preferências de aprendizagem. O objetivo de um modelo de estudante é representar o usuário e adaptar o processo de ensino às suas características individuais (PEÑA-AYALA, 2014).

2.2.1 Dimensões de modelos de usuário

O termo modelo de usuário pode ser usado para descrever uma série de informações relacionadas ao indivíduo. Da mesma forma, a diversidade de aplicações e propósitos do uso de modelos de usuário é amplo (RICH, 1979). Apesar disso, Rich (1983) sugere que as relações entre estas diversas estruturas podem ser vistas com bastante facilidade se o universo de modelos de usuário for caracterizado como um espaço de três dimensões: (i) canônico ou individual; (ii) explícita ou implicitamente construído; (iii) contendo informações de curto prazo ou de longo prazo.

O modelo canônico, único e preconcebido, pode ser diretamente integrado à estrutura da aplicação, enquanto que modelos individuais são construídos durante a interação do usuário com o sistema. Rich ressalta que modelos individuais destacam-se em relação à modelos canônicos, sobretudo para grupos de usuários heterogêneos, pois consideram características particulares, mais adequadas às necessidades de cada pessoa (RICH, 1983).

Para a construção de modelos individuais, as informações podem ser coletadas de forma explícita, com intervenção direta do usuário, ou implícita, através do monitoramento de suas atividades no sistema (GAUCH et al., 2007). Dados coletados de forma explícita incluem informações demográficas, como nome, idade e gênero, informações relacionadas a trabalho e estudo, além de interesses pessoais. Tipicamente, estas informações são requisitadas durante o cadastro do usuário ou através de formulários específicos.

Também é possível capturar interesses através de *feedbacks* que permitem ao usuário expressar suas preferências, por exemplo, avaliando conteúdos. O principal obstáculo encontrado pela abordagem explícita é a necessidade de colaboração do usuário. Este pode sentir-se inseguro para compartilhar determinadas informações, ou ainda, não ter interesse ou disponibilidade para fazê-la.

A abordagem implícita, em contrapartida, não requer esforço adicional do usuário pois, à medida que interage com o sistema, novas informações são extraídas de seu comportamento. Histórico de navegação, buscas, cliques e visualização de páginas são exemplos de informações utilizadas pelo sistema. Conforme estas informações são adquiridas, o modelo do usuário é atualizado (RICH, 1983).

O maior desafio da abordagem implícita é determinar quais informações considerar e quão relevantes elas são. Uma vez que o sistema trabalha com *feedbacks* positivos, algumas situações podem produzir informações equivocadas. O usuário pode, por exemplo, visualizar uma página mas o conteúdo não corresponder às suas expectativas. Sendo

assim, esta ação deveria ser ponderada pelo sistema (KELLY; TEEVAN, 2003).

Ambas as abordagens apresentam vantagens e desvantagens que são mais ou menos proeminentes dependendo da natureza da aplicação e do perfil de utilização dos usuários. Em um sistema com acessos recorrentes e por longos períodos, formulários são uma boa alternativa para a aquisição de informação, enquanto que em sistemas onde o indivíduo faz acessos rápidos e esporádicos, estes formulários podem ser inconvenientes para sua experiência com o sistema.

A fim de explorar os benefícios e obter uma representação de usuário mais precisa, é possível combinar as abordagens (KELLY; TEEVAN, 2003). O modelo pode trabalhar com informações inseridas de forma explícita pelo usuário e, simultaneamente, acompanhar sua interação para capturar, de forma implícita, informações relevantes para o sistema.

Modelos de usuário individuais podem trabalhar com informações de curto prazo e longo prazo. As informações de curto prazo representam estados atuais do usuário e podem definir seu contexto e suas necessidades imediatas, por exemplo, sua localização, últimos conteúdos acessados, últimas pesquisas em mecanismos de buscas, etc. As informações de longo prazo estão relacionadas à características que sofrem menos alterações ao longo do tempo, são informações que definem o estado geral do usuário. Informações demográficas, nível de conhecimento em determinado assunto e interesses de trabalho e estudo são exemplos de informações de longo prazo (RICH, 1983; GAUCH et al., 2007).

De modo geral, mensurar a importância de uma informação ao longo do tempo é um processo custoso. Por ser suscetível a mudanças frequentes, é mais difícil identificar e gerenciar informações de curto prazo do que de longo prazo (GAUCH et al., 2007). Porém, para aperfeiçoar a qualidade da representação do usuário, é importante que o modelo seja capaz de reconhecer fatos que perdem relevância, assim como determinar características que são essenciais mesmo após longos períodos de tempo (RICH, 1983).

Por fim, alguns autores (PLUMBAUM, 2015; TADLAOUI; CHIKH; BOUAMRANE, 2013) relacionam as informações à dependência ou não do domínio. As informações independentes do domínio são relacionadas a dados pessoais e na maioria das vezes são de longo prazo. As informações dependentes do domínio são informações dinâmicas resultantes da interação do usuário com o sistema.

2.2.2 Natureza da informação

Diversas características podem ser consideradas em sistemas que utilizam alguma forma de representação do usuário. As informações selecionadas dependem do contexto e dos objetivos definidos por cada sistema. Sistemas tutores inteligentes (STI), por exemplo, buscam reconhecer dificuldades dos estudantes para então oferecer orientações que facilitem seu processo de aprendizagem, já sistemas de comércio eletrônico empenham-se em compreender as necessidades de compras do usuário para recomendar produtos que sejam de seu interesse. A seguir serão apresentadas as principais características empregadas para a representação de informações do usuário além de alguns exemplos de suas aplicações.

Informações pessoais: Informações pessoais, ou demográficas, são características básicas do usuário, como idade ou gênero, e costumam ser coletadas, explicitamente, através de formulários. Estas informações tendem a sofrer poucas alterações ao longo do tempo e, muitas vezes, são utilizadas para classificar usuários com características similares em estereótipos (PLUMBAUM, 2015). Por meio destes estereótipos pode-se inferir novas informações baseadas no comportamento geral dos grupos aos quais o usuário foi associado.

Interesses: Para muitas aplicações os interesses ou preferências dos usuários constituem a mais importante, quando não única, fonte de informação do modelo de usuário (BRUSILOVSKY; MILLÁN, 2007). Estas preferências são declaradas quando o indivíduo avalia, segue ou marca itens como seus favoritos. Estes itens podem ser de qualquer caráter: produtos, lugares, notícias, temas, pessoas. Os interesses podem ser tanto de longo prazo quanto de curto prazo (PLUMBAUM, 2015). Este tipo de informação é extensamente utilizada por sistemas que trabalham com grandes volumes de dados como sistemas de filtragem e recuperação de conteúdo. Sistemas de comércio eletrônico e mais recentemente sistemas de educação também utilizam interesses para direcionar suas ações (BRUSILOVSKY; MILLÁN, 2007). Tipicamente, os interesses dos usuários são armazenados em listas de palavras-chave com pesos associados a cada item ou em listas de conceitos, similares às listas de palavras-chave, com peso e associações entre os termos, porém mais sofisticadas pois conseguem modelar aspectos abstratos dos interesses do usuário, não apenas palavras específicas.

Conhecimento: O conhecimento do usuário é uma característica importante, principalmente, para sistemas voltados à educação. Sistemas tutores inteligentes utilizam o

conhecimento do usuário para orientar suas decisões, por exemplo, guiando o usuário em resoluções de problemas ou apresentando conteúdos apropriados ao seu grau de instrução. Um indivíduo continuamente aprende e esquece. Este processo, de aquisição e perda de conhecimento, pode acontecer durante a interação do usuário com o sistema ou mesmo fora de seu contexto. Por este motivo, o sistema deve reconhecer estas alterações e atuar o modelo apropriadamente. A forma mais simples de representação de modelos de usuário baseados em conhecimento é o modelo escalar. Nesta forma, estima-se o grau de conhecimento do usuário em determinado domínio através de escala de valores qualitativos (excelente, bom, regular, ruim, nenhum) ou quantitativo (0 a 5). O modelo escalar pode apresentar baixa precisão pois o conhecimento do usuário pode ser heterogêneo para diferentes partes de um mesmo domínio. Para melhor representar estas divergências, modelos estruturais assumem que o conhecimento do domínio pode ser dividido em fragmentos independentes. A forma mais popular de modelo de conhecimento estrutural é o modelo de sobreposição (*overlay model*). O propósito deste modelo é representar o conhecimento de um usuário, individualmente, como um subconjunto do modelo de domínio. Para cada fragmento de conhecimento de domínio, um modelo de sobreposição armazena alguma estimativa do nível de conhecimento do usuário para este fragmento (BRUSILOVSKY; MILLÁN, 2007).

Objetivos: Os objetivos ou tarefas do usuário representam seu propósito imediato no sistema. Este propósito orienta as ações do usuário e, num curto espaço de tempo, pode mudar inúmeras vezes. Em razão disso, os objetivos são as características mais versáteis de um usuário. Conforme a aplicação, estes objetivos variam desde buscas por informações, até planos de trabalho ou aprendizagem. Alguns sistemas modelam objetivos complexos compostos por objetivos menores dispostos em hierarquia. Os primeiros níveis da hierarquia são formados por objetivos mais estáveis e de longo prazo, enquanto que os níveis subsequentes são decomposições destes objetivos em tarefas de mais curto prazo. Normalmente, os sistemas possuem um conjunto de objetivos predefinidos e o papel do modelo de usuário é apenas identificar o objetivo corrente, porém, este processo é difícil e não muito preciso. Alguns sistemas tentam inferi-lo através de métodos probabilísticos e mineração de dados. Pesquisas apontam em direção à participação direta do usuário, permitindo que ele próprio indique seus objetivos ao sistema (BRUSILOVSKY; MILLÁN, 2007). A representação de objetivos de longo prazo também é um campo a ser explorado, especialmente para aplicações relacionadas a saúde e aprendizagem (BARUA et al., 2014).

Experiências: Experiências ou *background* é o conjunto de conhecimentos prévios que o usuário carrega de fora do domínio do sistema. Diferentemente do conhecimento, o *background* não costuma mudar durante a interação do usuário com o sistema e, por se tratar de um conhecimento externo à aplicação, não é possível inferi-lo. As informações de experiências, assim como as informações pessoais, são indicadas de forma explícita pelo próprio usuário e estereótipos são a forma mais comum de representar estas informações (BRUSILOVSKY; MILLÁN, 2007).

Traços individuais: Traços individuais são o conjunto de informações que envolvem aspectos pessoais (introverso, extroverso), estilos cognitivos (holista, serialista, impulsivo), fatores cognitivos (capacidade de memória de trabalho) e estilos de aprendizagem (BRUSILOVSKY; MILLÁN, 2007). Os traços individuais são informações de longo prazo de um usuário, isto é, não sofrem grandes alterações ou sofrem alterações de forma muito lenta no decorrer de longos períodos. Tradicionalmente estas informações são extraídas através de testes psicológicos específicos. Para modelos de usuário, o foco está nos estilos cognitivos e nos estilos de aprendizagem. Estilos cognitivos referem-se a forma como o indivíduo processa a informação e são descritos como uma dimensão de sua personalidade que influencia atitudes, valores e interações sociais (TRIANTAFILLOU; POMPORTSIS; DEMETRIADIS, 2003). Por outro lado, estilos de aprendizagem descrevem como o estudante percebe, interage e responde ao ambiente de aprendizagem (HOLZHÜTER; FROSCH-WILKE; KLEIN, 2013). Estas informações atuam como guia para motivação e para a construção de estratégias de aprendizagem (BARUA et al., 2014).

Contexto: Com o crescimento do interesse por dispositivos móveis, computação ubíqua e internet das coisas, também intensificou-se a pesquisa por dimensões do contexto do usuário como localização, ambiente físico, contexto social e estados afetivos. A modelagem do contexto é conceitualmente diferente da modelagem de outras características pois as informações representadas por este modelo não podem ser consideradas informações propriamente do usuário. De qualquer forma, o contexto está estritamente associado ao usuário (BRUSILOVSKY; MILLÁN, 2007). Ao acessar sistemas na internet, pode-se utilizar diferentes equipamentos, em momentos e lugares distintos. Hardware, software e informações de conexão com a internet são exemplos de informações relacionadas a plataforma de acesso do usuário. A localização também é uma característica relevante quando considerado o cenário atual de internet das coisas e computação ubíqua.

2.2.3 Interoperabilidade de modelos de usuário

Kobsa (2007) faz uma revisão das arquiteturas empregadas para o desenvolvimento de modelos de usuário. Inicialmente, a representação do usuário fazia parte da aplicação e, na maioria dos casos, não era possível fazer uma distinção clara entre os componentes do modelo de usuário e os demais componentes da aplicação. Os primeiros sistemas com modelos de usuários utilizavam extensamente esta arquitetura e são conhecidos como sistemas *shell* (*User Modeling Shell Systems*).

Posteriormente, com a preocupação de separar as funcionalidades do modelo de usuário da aplicação, estas representações do usuário migraram para servidores (*User Modeling Servers*). Esta mudança permitiu que os modelos de usuário pudessem ser compartilhados entre múltiplos sistemas em ambientes distribuídos. Por este motivo, modelos de usuário baseados na arquitetura de servidores apresentam uma série de vantagens quando comparados aos sistemas *shell* (KOBASA, 2007).

Dentre estas vantagens, pode-se citar a existência de um repositório com interfaces de acesso bem definidas, o intercâmbio de informações por diferentes aplicações, a disponibilidade das informações para mais de um sistema simultaneamente, a integração de informações dispersas entre diferentes aplicações e o armazenamento não redundante.

Ao avançar rumo a um cenário com informações distribuídas, questões relacionadas à interoperabilidade do modelo de usuário recebem cada vez mais atenção. As novas geração de modelos do usuário precisam ser capazes de trocar informações entre aplicações com o objetivo de enriquecer a experiência do usuário (CARMAGNOLA; CENA; GENA, 2011). A interoperabilidade de modelos de usuário amplia as possibilidades de aquisição e troca de informações, assim como permite o compartilhamento de serviços entre aplicações.

Três níveis de interoperabilidade podem ser alcançados: estrutural, sintático e semântico (CARMAGNOLA; CENA; GENA, 2011). A interoperabilidade estrutural está relacionada a capacidade de comunicação entre os diferentes sistemas no nível de acesso, a interoperabilidade sintática refere-se a capacidade de interpretar a sintaxe da informação da mesma maneira entre sistemas, e a interoperabilidade semântica está relacionada a habilidade de sistemas trocarem informações de forma que tenham seu sentido interpretado de forma correta.

A utilização de padrões abertos no desenvolvimento de modelos de usuário é fundamental para a interoperabilidade estrutural, sintática e semântica das informações do

usuário (KOBASA, 2007). Este trabalho propõe o uso da web semântica para alcançar os três níveis de interoperabilidade do perfil do usuário.

2.3 Web Semântica

A internet foi elaborada com o objetivo principal de prover informações aos usuários. Porém, à medida que evoluiu para apoiar e promover a interação social, novas formas de comunicação permitiram aos usuários também criar e compartilhar conteúdo, interagindo e colaborando entre si (ISOTANI et al., 2009; GRUBER, 2008; O'REILLY, 2005). Além disso, o desenvolvimento da tecnologia da informação e comunicação (TIC) e o crescente interesse pela internet das coisas (IoT) estão criando uma série de objetos com capacidade de comunicação, transformando o mundo físico em uma fonte de informação e conhecimento (SERRANO et al., 2015).

Esta crescente produção de dados torna complexo o acesso e a recuperação de informações por humanos de forma eficiente e consistente, por isso, faz-se necessário o auxílio de máquinas para a busca e o processamento de dados (BITTENCOURT et al., 2008). Apesar desta necessidade de automação, a informação disponível na internet é, em geral, representada em linguagem natural. Esta forma de representação permite que a informação seja compreendida por pessoas, mas impossibilita sua compreensão por computadores ou agentes de software (ZEM-LOPES; PEDRO; ISOTANI, 2014).

A web semântica é uma extensão da web clássica que fornece uma estrutura semântica para descrever o conteúdo na internet. Esta estrutura permite que tanto humanos quanto agentes de software possam realizar tarefas sofisticadas navegando entre páginas na web (BERNERS-LEE; HENDLER; LASSILA, 2001). Assim, a web semântica pode ser definida como uma nova geração de tecnologias que visa representar a informação de forma que agentes computacionais sejam capazes de interpretá-la (ZEM-LOPES; PEDRO; ISOTANI, 2014).

A web semântica não é uma web separada, é um conjunto de tecnologias que permite a descrição formal do conteúdo na internet atribuindo aos agentes de software a capacidade de processar, compartilhar, reusar e entender os termos que estão sendo descritos pelos dados. Deste modo, a web semântica busca utilizar recursos provenientes da Inteligência Artificial (como agentes inteligentes e representação de conhecimento), Engenharia de Software (como *frameworks* e plataformas) e Computação Distribuída (como *web services*) para executar atividades na web de forma autônoma (ISOTANI; BITTEN-

COURT, 2015).

2.3.1 Tecnologias da Web Semântica

Uma página na internet é composta por dados e metadados. Os metadados são informações que especificam características dos dados descritos, a forma com que serão utilizados, como serão exibidos, ou mesmo seu significado em um contexto. A linguagem de marcação HTML (*HyperText Markup Language*) é utilizada para descrever a estrutura e a forma de exibição de documentos na internet, mas possui limitações para descrever conteúdo semântico e significados contextuais. A fim de resolver esta limitação, a web semântica propõe um conjunto de tecnologias para trabalhar em conjunto com as tecnologias já existentes na internet.

Visando reutilizar a internet clássica, estas tecnologias preveem formatos de dados que podem ser utilizados com o objetivo de codificar o conhecimento a ser processado em sistemas computacionais mantendo o foco em alternativas para a representação e troca de conhecimento. Para isso, este conjunto de padrões e recomendações tecnológicas são constantemente pesquisados e aprimorados. Este conjunto de práticas é gerido pela W3C¹ que, através de grupos de trabalho, gerencia pesquisas que possibilitam a evolução da internet rumo à web semântica (PRIMO, 2013).

De forma mais factível, a arquitetura da web semântica pode ser dividida no conjunto de tecnologias apresentadas na Figura 1, uma adaptação da pilha tecnológica proposta por Tim Berners-Lee (BERNERS-LEE, 2009). Detalhando a Figura 1:

Unicode: Representa o padrão de codificação para caracteres internacionais compatíveis com a linguagem humana.

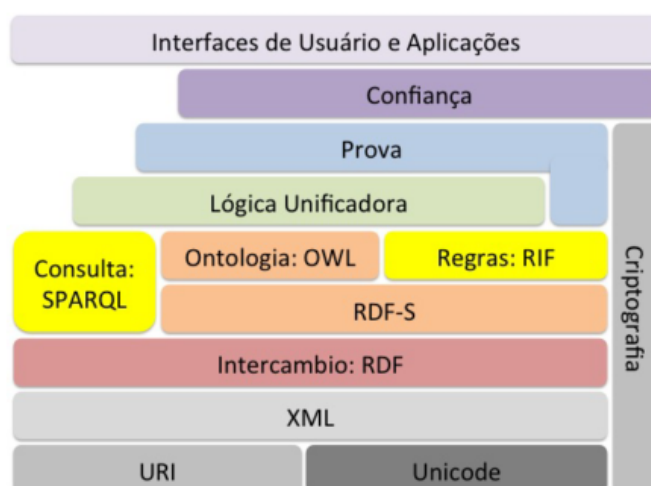
URI (Uniform Resource Identifier): Representa um conjunto de caracteres padronizados que permitem a identificação única de recursos.

XML (Extensible Markup Language): Refere-se a linguagem de marcação que concentra-se na descrição dos metadados de um documento, é a sintaxe comum utilizada em aplicações que visam utilizar as potencialidades da web semântica.

RDF (Resource Description Framework): Descreve um recurso na web baseado em triplas compostas por sujeitos, predicados e objetos. O sujeito é o recurso. O objeto é uma característica ou aspecto deste recurso. O predicado descreve o relacionamento entre

¹W3C (World Wide Web Consortium) é uma comunidade internacional que desenvolve padrões abertos para garantir o crescimento a longo prazo da web.

Figura 2.2: Pilha de tecnologias da web semântica



Fonte: (PRIMO, 2013) adaptado de (BERNERS-LEE, 2009).

o sujeito e o objeto.

RDF-S (Resource Description Framework Schema): Abrange um conjunto de classes e propriedades que são utilizadas para estender o modelo de dados do RDF provendo elementos básicos para a descrição de ontologias. Com o RDF-S é possível descrever semanticamente conteúdos da web e realizar conjuntos de inferências sobre tais conteúdos.

OWL (Web Ontology Language): É um padrão da W3C para o desenvolvimento de ontologias na web. Apresenta maiores possibilidades de representação semântica que as linguagens XML, RDF e RDF-S. Sua linguagem possibilita a descrição de classes, propriedades e indivíduos, permitindo também a utilização de inferências da lógica descritiva.

RIF (Rule Interchange Format): Recomendação da W3C que tem o objetivo de facilitar o intercâmbio de regras de forma consistente com as tecnologias para web semântica, especificamente OWL e RDF.

SPARQL: Conjunto de especificações que fornece linguagem e protocolos para consulta e manipulação de conteúdo de grafos RDF na Web ou em repositórios RDF. Baseada na sintaxe do SQL², busca facilitar a consulta de dados e prover um padrão para consulta na web semântica.

Lógica Unificadora: A camada de lógica unificadora espera criar uma interface interoperável que fornece um canal para consultas e regras sobre o conhecimento representado nas camadas inferiores.

Prova: Ao passo que a web semântica visa permitir a agentes de software reali-

²SQL (*Structured Query Language*) é uma linguagem de consulta para banco de dados relacional

zarem tarefas automatizadas sobre fontes de informações descentralizadas, combinando dados e raciocinando, é importante que existam mecanismos que possibilitem a validação dos procedimentos e informações utilizados pelos agentes de software (HOGAN, 2014). É esperado que o conjunto semântico e as regras sejam executados nas camadas inferiores. Os resultados são então utilizados para a prova de deduções.

Confiança: Diretamente relacionada à camada de prova, a camada de confiança deve ser um mecanismo de controle de acesso que determina quais fontes são confiáveis. Diferentemente de uma lista a priori de permissão ou restrição de acesso, a camada de confiança deve ser capaz de determinar a confiança de agentes no momento em que requisita ou disponibiliza acesso à informação.

Criptografia: A camada de criptografia, em paralelo com as demais camadas da web semântica, indica o uso de meios de criptografia como assinaturas digitais, chaves e protocolos seguros para permitir a implementação de controle de acesso e verificação da origem das fontes.

Interfaces de usuário e aplicações: Camada no topo da pilha para o desenvolvimento de aplicações e interfaces de usuário.

A maioria das aplicações usa somente um subconjunto desta pilha (ISOTANI; BITTENCOURT, 2015). Dentre os diversos benefícios que podem ser explorados com a utilização de tais tecnologias, menciona-se a interoperabilidade de informações, raciocínio semântico e recomendação conforme contextos específicos (PRIMO, 2013). Na educação, ambientes de aprendizagem ou agentes de software podem interagir entre si, trocar informações e auxiliar professores e alunos a selecionar, combinar e classificar o conteúdo disponível na web (ISOTANI et al., 2009).

2.3.2 Ontologias

O termo ontologia se refere a um ramo da Filosofia dedicado ao estudo da existência. As noções filosóficas da existência do ser se mostram adequadas ao objetivo de modelar abstratamente as coisas do mundo (ABEL; FIORINI, 2013). Em função disso, para o contexto da Ciência da Computação, ontologias são propostas como um mecanismo para o compartilhamento e o reuso de conhecimento (BORST, 1997).

Gruber et al. (1993) definem ontologia como uma especificação explícita de uma conceitualização. Conceitualização refere-se ao significado de conceitos e suas relações, dado o contexto do domínio. Especificação significa uma representação formal, decla-

rativa e explícita destes conceitos e relações (ISOTANI; BITTENCOURT, 2015). Desta maneira, uma ontologia é uma interpretação estruturada de parte do mundo que existe ou pode existir em um determinado domínio de conhecimento. As ontologias têm sua estrutura baseada na descrição de conceitos e dos relacionamentos semânticos entre eles (FRANCISCATTO et al., 2016).

Uma ontologia é composta de um conjunto de termos e axiomas que descrevem as relações com definições formais. Os axiomas são declarativos e, portanto, uma representação explícita de uma conceitualização. O conjunto de termos estruturados deve ser consensual entre um grupo de pessoas, sendo assim, pode ser usado como um vocabulário compartilhado. Este vocabulário permite compartilhar as especificações de funcionalidades de componentes e estratégias de tutoria, por exemplo. Assim, uma ontologia é a fonte de inteligência de um sistema baseado em ontologia e o mecanismo que permite o compartilhamento e o reuso do conhecimento (MIZOGUCHI; BOURDEAU, 2016).

Para a web semântica, ontologias têm o papel de fornecer vocabulários para a descrição de metadados com semântica compreensível por computador. Estes metadados consistem em pares de atributo e valor que caracterizam o conteúdo das páginas web, porém, como não há um controle centralizado na elaboração de metadados, um mesmo conteúdo pode ser descrito de diferentes maneiras. Para reduzir esta lacuna, ontologias podem ser empregadas para tornar possível a interoperabilidade semântica entre os metadados (MIZOGUCHI, 2003).

Diversas iniciativas são bem estabelecidas e amplamente utilizadas para a descrição de metadados. Dublin Core³ para descrição de recursos na internet, IEEE-LOM⁴ para descrição de objetos de aprendizagem, SKOS⁵ para a construção de sistemas de organização de conhecimento, FOAF⁶ para representar pessoas e seus relacionamentos sociais, SIOC⁷ para representar comunidades online e conteúdos gerados pelos usuários, entre outras.

Utilizando ontologias, as anotações semânticas permitem definições estruturais e semânticas de documentos que oferecem novas formas de interação na internet. Pesquisas inteligentes em vez de correspondência de palavras-chave, consulta de resposta em vez de recuperação de informações, troca de documentos por meio de mapeamentos ontológicos e personalizações contextuais (FENSEL et al., 2001).

³<http://www.dublincore.org>

⁴<https://standards.ieee.org/findstds/standard/1484.12.1-2002.html>

⁵<https://www.w3.org/2004/02/skos/>

⁶<http://www.foaf-project.org/>

⁷<http://sioc-project.org/>

2.3.3 Web semântica, interoperabilidade e aplicação na educação

A crescente demanda por ambientes e softwares educacionais que permitam personalizações e compartilhamento, reuso e interoperabilidade de conteúdo, motivam cada vez mais o desenvolvimento de softwares educacionais baseados na web semântica (ZEM-LOPES; PEDRO; ISOTANI, 2014). A web semântica amplia a capacidade de desenvolvimento de novos mecanismos de aprendizagem, contribuindo para a análise das interações e a inferência sobre o nível de conhecimento do aluno (ISOTANI et al., 2009).

O uso de ontologias por esses ambientes permite a organização de materiais em torno de objetos de aprendizagem semanticamente anotados onde os itens podem ser facilmente organizados e personalizados (BEHR; PRIMO; VICARI, 2014). Esta representação semântica dos dados torna possível a elaboração de uma rede de conhecimento que pode ser processada e consumida por agentes de software (ZEM-LOPES et al., 2013).

As ontologias podem descrever perfis de usuário, conteúdo, domínio e aplicação, permitindo inferências nas bases de conhecimento e consultas semânticas com a utilização de linguagens como SPARQL que, além de raciocinar sobre bases de dados locais, é capaz de acessar recursos externos para descobrir e integrar novos conhecimentos (PEREIRA; SIQUEIRA, 2014).

A combinação e descoberta de novos conhecimentos a partir de bases externas é possível por meio do conceito de dados conectados, do inglês *linked data*, que refere-se ao conjunto de boas práticas para a publicação e a conexão de dados estruturados na internet (ISOTANI; BITTENCOURT, 2015). Berners-Lee (2006) define 5 níveis, ou estrelas, para classificar os sistemas em conformidade com os padrões de dados abertos na internet, cada nível compreende o anterior. As 5 estrelas são:

1. Disponível na internet com licença aberta;
2. Disponível na internet em formato estruturado;
3. Disponível na internet em formato estruturado não proprietário;
4. Disponível na internet com padrões recomendados pelo W3C (RDF e SPARQL) e utilizando URIs para identificar recursos, assim outros podem referenciá-los;
5. Disponível na internet e conectado a outros dados, de maneira a fornecer um contexto aos recursos.

A adequação de um sistema aos dados conectados pode acontecer de forma progressiva (HEATH; BIZER, 2011), ao alcançar 4 estrelas, a aplicação já pode ser refe-

renciada por outros, seus dados podem ser recuperados, reutilizados e combinados, melhorando resultados de buscas, contextualizando recursos, permitindo a navegação entre documentos e possibilitando inferências a partir de dados parciais. Este tipo de conexão equivale a disponibilizar os dados com 5 estrelas (ISOTANI; BITTENCOURT, 2015).

2.4 Considerações do capítulo

Ao longo deste capítulo foi apresentada a fundamentação que ampara o desenvolvimento deste trabalho. As comunidades de prática foram introduzidas como alternativa para ambientes virtuais de aprendizagem. Foi discutido como o conhecimento é produzido e de que maneira as interações colaboram para seu desenvolvimento neste contexto. Nas CdPs o usuário tem papel central no processo de aprendizagem pois produz e socializa o conhecimento por meio de interações e trocas de experiências. A colaboração entre os usuários é o principal objetivo do modelo de comunidades de prática.

Também foram revisados os elementos estruturantes, ciclo de vida, orientações e ferramentas que suportam cada um dos estilos de atividade de uma comunidade de prática. As ferramentas citadas no decorrer do capítulo proporcionam diferentes níveis de interação entre os usuário e o ambiente. O sucesso de uma comunidade de prática implica em conhecer a forma de interação de seus participantes e assegurar que as atividades e as ferramentas atendam as suas necessidades, organizando e motivando novas interações nos diferentes estágios de maturidade de uma comunidade.

Compreender os usuários e a forma como interagem e colaboram nas comunidades de prática é uma questão fundamental quando se pretende avançar rumo a um sistema inteligente e personalizado. Neste sentido, fez-se uma revisão de modelos de usuário reforçando sua importância para a aquisição e manutenção de informações relacionadas ao indivíduo.

Apesar da diversidade de aplicações e características consideradas em modelos de usuário, identificou-se três dimensões que são inerentes aos modelos de usuário independentemente de seu propósito: a escolha por modelos canônicos ou individuais, a maneira como a informação é capturada para a construção do modelo e a temporalidade das informações. Estes conceitos serão retomados durante o desenvolvimento da solução proposta.

Finalmente, a web semântica foi apresentada como uma extensão da web atual. O principal objetivo da utilização de tecnologias relacionadas à web semântica é representar

a informação de forma que agentes de software possam interpretá-la para a execução de tarefas autônomas. A interoperabilidade da informação também é importante pois estes agentes devem ser capazes de interagir e trocar informações para selecionar, combinar e classificar os conteúdos na internet.

O desenvolvimento de softwares educacionais baseados na web semântica amplia a capacidade de desenvolvimento de novos mecanismos de aprendizagem, contribuindo para a análise das interações e a inferências sobre informações dos usuários. O uso de ontologias permite a formalização desta informação e torna possível a elaboração de uma rede de conhecimento que pode ser processada e consumida por agentes de software.

O próximo capítulo apresentará um histórico de trabalhos que alavancaram as pesquisas relacionadas à aprendizagem colaborativa, uso de modelos de usuário e web semântica para sistemas de aprendizagem, principalmente em comunidades de prática, até chegar ao estado da arte da presente pesquisa.

3 TRABALHOS RELACIONADOS

Este capítulo procura descrever trabalhos que compreendam o uso de tecnologias da web semântica para a definição de perfis de usuários em comunidades de prática considerando o aspecto colaborativo destes ambientes. Entretanto, serão considerados trabalhos que atendam a estes requisitos parcialmente, por exemplo, soluções para comunidades online em detrimento à comunidades de prática, o uso da web semântica para a definição de CdPs ou perfis de usuário e trabalhos ligados à colaboração empregados em ambientes virtuais de aprendizagem.

Os trabalhos relacionados a dois projetos, PALETTE e ALICE, serão agrupados e apresentados detalhadamente, pois envolvem um conjunto de esforços para a formalização e uso de tecnologias da web semântica para descrever comunidades de prática e colaboração em ambientes online de aprendizagem. Alguns destes conceitos serviram de base para trabalhos anteriores a este, como a definição da ontologia CoPPLA e o reuso das ontologias FOAF e SIOC.

3.1 Estado da arte

Projeto PALETTE: O projeto PALETTE (*Pedagogically sustained Adaptive Learning Through the exploitation of Tacit and Explicit knowledge*) apresenta um conjunto de modelos, *frameworks*, ferramentas e serviços para garantir a interoperabilidade e a integração de sistemas para apoiar a aprendizagem e o desenvolvimento de comunidades de prática. Os trabalhos desenvolvidos com suporte do projeto PALETTE utilizam uma série de tecnologias e padrões web para o desenvolvimento de comunidades de práticas virtuais, incluindo web semântica, ontologias e serviços SOAP (Simple Object Access Protocol) e REST (REpresentational State Transfer).

Vidou et al. (2006) propõem um conjunto de modelos úteis para descrever uma comunidade de prática: comunidade e atores, perfil do aluno, competências, colaboração, processos/atividades e lições aprendidas. O foco deste trabalho é a aprendizagem nas comunidades de prática e os modelos constituem a fundamentação teórica para o desenvolvimento de serviços de gerenciamento do conhecimento. Os modelos foram organizados para constituir uma meta-ontologia genérica que pode ser utilizada para a construção de ontologias dependentes da CdP, de modo a anotar os recursos de conhecimento da comunidade de prática.

Este trabalho avança na formalização da comunidade de prática a partir dos conceitos de domínio, prática e membros. Os membros são caracterizados por suas competências individuais, suas relações sociais na comunidade de prática, seus papéis, perfis de aprendizagem, atividades, modos de participação e sua colaboração na CdP. O perfil do aluno considera conhecimento, competências, características cognitivas e de comunicação, objetivos e experiências. O aprendiz executa atividades de aprendizagem utilizando recursos e interagindo com outros indivíduos, adquiri conhecimentos que melhoram suas competências e acumula experiências.

O modelo de competência envolve os papéis, habilidades, conhecimentos e comportamentos dos participantes. O modelo de atividade envolve os recursos da CdP, os papéis dos membros e o processo para a produção de algum resultado que pode vir a se tornar um novo recurso da comunidade de prática. Os recursos das CdPs podem ser distinguidos entre recursos desenvolvidos durante a evolução da própria comunidade, como artefatos, documentos e histórias, que constituem a prática de uma CdP, e ferramentas para publicação, participação individual e coletiva, interação síncrona e interação assíncrona.

A colaboração é representada como uma relação entre quatro conceitos principais: os atores envolvidos, as atividades vinculadas, os objetivos da colaboração e os recursos necessários ou produzidos. A colaboração é um conceito importante, uma vez que o objetivo de uma CdP é aprofundar o conhecimento e a expertise dos membros no domínio da comunidade de prática por meio de interações contínuas.

Baseados nestes modelos, Tifous et al. (2007) propuseram um conjunto de conceitos e relações para a anotação semântica de recursos de comunidades de prática definidos pela ontologia O'COP. Os principais conceitos da ontologia, seguindo Vidou et al. (2006), são: comunidade, atores, competências, colaboração, processo/atividade e recursos. Para a colaboração, além de objetivos, atividade, atores e recursos, os autores sugerem outras quatro dimensões relacionadas: geográfica, temporal, meio de comunicação (áudio, vídeo, texto) e tipo de interação (um para um, um para muitos, muitos para muitos).

A partir desta formalização é possível determinar qual tipo de colaboração ocorre em um comunidade, por exemplo, a colaboração através de uma vídeo conferência é uma forma síncrona de colaboração de vídeo que implica em pelo menos dois participantes situados em localizações distintas (TIFOUS et al., 2007). Além destas dimensões, o compromisso com a comunidade, a comunicação e a coordenação também são relacionadas à colaboração.

Chikh, Berkani and Sarirete (2007) apresentam o potencial da aprendizagem social

no domínio do e-learning através de comunidades de prática. CoPEs (*Communities of Practice of E-learning*) são definidas como um grupo de pessoas em um e-learning que se reúnem, colaboram e se organizam para compartilhar informações e experiências. Através destas interações resolvem problemas, construindo conhecimento e melhores práticas, aprendendo uns com os outros e desenvolvendo novas habilidades.

Chikh and Berkani (2010) descrevem a evolução das interações em comunidades de prática, iniciando pelo simples acesso a conteúdos, evoluindo para trocas formais e informais envolvendo conhecimento tácito e explícito, até participar de atividades colaborativas e, finalmente, a construção de conhecimento. A partir destes níveis de interação os autores propõem respectivamente quatro estilos de aprendizagem de uma comunidade de prática: aprender por experiência, aprender interagindo, aprender fazendo, aprender por inovação e criatividade.

Berkani and Chikh (2010) descrevem a ontologia OntoCoPE, um modelo conceitual geral para comunidades de prática baseada na ontologia O'CoP (TIFOUS et al., 2007) e em parte do modelo conceitual CoPE (CHIKH; BERKANI, 2010), para personalização e reutilização do conhecimento. A proposta do trabalho é adaptar o conhecimento aos perfis dos membros. Dado que o aprendizado é uma parte importante das atividades de uma CoPE, especialmente para a captura e compartilhamento de conhecimento, enfocou-se o papel do aprendiz. Assim, foi proposto um modelo de perfil de usuário genérico que pode ser usado para a representação de indivíduos e membros do grupo.

Este perfil consiste em dois tipos de informação: informações estáticas e informações dinâmicas. As informações estáticas incluem características pessoais dos membros, tais como detalhes de contato, experiência acadêmica, experiência de trabalho, status de participante, por exemplo, novato ou especialista, qualificação, especialidade, idiomas. As informações dinâmicas foram escolhidas para refletir o comportamento individual durante a participação na CdP, interagindo e compartilhando atividades. Cinco elementos dinâmicos foram propostos: preferências, necessidades, relações, experiência e competências.

As necessidades são relacionadas ao uso de recursos. As relações compreendem os relacionamentos entre indivíduos e a composição de grupos. A experiência reflete conhecimentos dos aprendizes sobre um domínio específico. As competências são relacionadas às características cognitivas dos participantes, como a criatividade, a percepção e as habilidades sociais.

Além disso, os autores distinguem dois tipos de uso do conhecimento em CoPE,

o uso de conhecimento explícito, que se refere à utilização direta de recursos e artefatos da comunidade de prática, e o uso de conhecimento tácito, que incluem as interações entre os membros da comunidade para reutilização e combinação parcial ou completa de materiais, respostas ou exemplos fornecidos por outro membro com mais experiência e competência para a resolução de problemas.

Posteriormente, Berkani, Chikh and Nouali (2011) propuseram uma estrutura composta por três camadas, ontologia, anotações semânticas e conteúdo, para a capitalização do conhecimento tácito distribuído nas CoPEs. Utilizando a ontologia OntoCoPE é possível anotar os recursos das CoPEs com o objetivo de facilitar a recuperação e reutilização de informações. Estas anotações semânticas também são utilizadas para capturar aspectos dinâmicos do perfil do usuário, como experiência, necessidades e relações entre pares.

O modelo proposto trabalha com anotações manuais, mas apontou-se para a anotação automática e semi-automática de recursos e o uso de SPARQL para a consulta na base de conhecimento. A principal contribuição deste trabalho está na formalização e capitalização do conhecimento tácito, na organização da memória da CoPE promovendo a reutilização de seu conteúdo pelos participantes e no enriquecimento dos recursos com anotações semânticas.

Projeto ALICE: O projeto ALICE (*Adaptive Learning via Intuitive/Interactive, Collaborative and Emotional System*) dedica-se ao aprendizado online e colaborativo com ênfase na interatividade para promover a motivação e o engajamento do aluno durante as atividades colaborativas em CSCLs (*Computer-Supported Collaborative Learning*). Nestes ambientes, a análise dos dados provenientes das interações são fundamentais para o acompanhamento e a avaliação do processo de aprendizagem colaborativa. Os CSCLs são caracterizados por um alto grau de interações usuário-usuário e usuário-sistema e, portanto, geram uma grande quantidade de informações quantitativas, tanto de colaboração síncrona quanto assíncrona.

O processamento constante e rápido destes dados e sua análise sistemática com base em indicadores permite medir o tipo e o grau de participação dos membros do grupo. O conhecimento extraído por este processo pode ser usado para facilitar um monitoramento contínuo da atividade de aprendizagem, fornecendo aos membros do grupo o apoio apropriado e comentários sobre o que está acontecendo durante a colaboração. A apresentação deste conhecimento aos atores interessados pode impactar positivamente na motivação do participante, no estado emocional e nas habilidades de resolução de proble-

mas. Como resultado, pode-se aprimorar a aprendizagem colaborativa online.

Caballe et al. (2010) exploram dois aspectos essenciais das atividades colaborativas para a aprendizagem: captura e estruturação da informação gerada pelas atividades em grupo e extração do conhecimento relevante para proporcionar aos alunos e tutores *feedback* e suporte eficiente em relação ao desempenho e colaboração do grupo.

Para isto, os autores propõem um modelo conceitual de análise e gerenciamento de dados que identifica e classifica indicadores que descrevem a colaboração e a aprendizagem em aspectos de alto nível. Estes indicadores incluem: participação ativa e envolvimento com os pares, criando, alterando e consumindo conteúdo, perguntando, respondendo, sugerindo e requisitando informações, habilidades sociais, habilidades para execução de tarefas, organização do espaço de trabalho e comunicação.

A plataforma computacional proposta coleta e classifica os dados gerados em ações síncronas e assíncronas dos participantes. Posteriormente, esta informação é analisada para extrair e apresentar ao aprendiz conhecimento relevante sobre a colaboração. Ao incorporar informações e conhecimento extraídos da interação da atividade do grupo de forma eficiente em aplicações de aprendizagem colaborativa, esta abordagem visa modelar diferentes aspectos da interação para ajudar os atores envolvidos a compreender os resultados do processo de aprendizagem colaborativa.

O objetivo é definir uma abordagem que analisa os eventos dos usuários para decodificar as ações específicas que descrevem suas interações durante as atividades de colaboração. Esta análise visa identificar as sequências de ações que podem ser usadas para determinar padrões típicos de interações (CABALLE et al., 2010). Estes indicadores são apresentados aos participantes que podem verificar seu próprio progresso, assim como compreender a influência de suas ações em relação às atividades do grupo. Aos moderadores, estes indicadores fornecem informações relevantes quanto ao desempenho e comportamento dos estudantes envolvidos nas atividades colaborativas.

Em Caballé et al. (2011), são analisados os comentários de um fórum on-line, suas palavras-chave associadas, avaliações e aprovação ou rejeição. A partir destes dados, os autores fornecem *feedbacks* quantitativos e qualitativos sobre indicadores relacionados ao impacto e efetividade da contribuição, comportamento de participação (proativo, reativo, de suporte), passividade e avaliação do tutor e dos pares. O modelo estatístico utilizado pelos autores é relevante e sugere benefícios significativos aos usuários envolvidos em atividades de aprendizagem colaborativa.

Em Conesa et al. (2011), criou-se a ontologia CS2 reutilizando conceitos das on-

tologias Dublin Core, FOAF e SIOC para modelar informações de sessões colaborativas em fóruns online. Os autores definem sessão colaborativa ou VCS (*Virtualized Collaborative Sessions*) como um conjunto de atividades desenvolvidas por múltiplos usuários, com papéis distintos, para alcançar um resultado em comum.

O objetivo da ontologia CS2 é reaproveitar os padrões já formalizados para modelar e representar as informações de atividades colaborativas de aprendizagem. As informações podem ser descritas com semântica, de forma automática, a partir dos dados existentes nos fóruns. As interações são capturadas, classificadas e registradas de acordo com as classes e os relacionamentos da ontologia.

Conesa et al. (2012) propõem um *framework* para modelar, representar, popular e enriquecer com semântica informações de sessões colaborativas em fóruns na internet. A ontologia CS2 é parte fundamental deste esforço pois a partir dela é possível representar as informações de maneira não ambígua, permitindo a execução de algoritmos automáticos para disponibilizar serviços que contribuam para o processo de aprendizagem.

Para popular sua base de conhecimento, os dados são coletados e classificados em uma camada de conversão que transforma dados de diferentes origens em instâncias da ontologia CS2. Este não é um processo determinístico, o tipo de informação recuperada e a descrição semântica associada pode variar dependendo do contexto aplicado.

A metodologia avalia, das interações em atividades de aprendizagem colaborativa de cada participante, o total de ações do usuário, o comportamento durante sua participação (passivo, reativo, proativo ou de suporte), a efetividade e o impacto de cada ação, assim como a avaliação dos pares e tutores para o conteúdo criado. Esta análise permite encontrar aspectos individuais e coletivos das contribuições de cada participante, identificando possíveis conflitos e contribuindo para a compreensão do processo de aprendizagem como um todo.

Baseados em sessões colaborativas virtuais e nas anotações semânticas de Conesa et al. (2012), Caballé (2012) e Gañán, Caballé and Conesa (2013) apresentam um novo tipo de objeto de aprendizagem, CC-LO (*Collaborative Complex Learning Object*), e Caballé et al. (2014), um novo tipo de recurso educacional, CC-LR (*Collaborative Complex Learning Resources*), onde o aprendiz interage e pode observar como as discussões e a colaboração sobre um ou mais tópicos evolui e como o conhecimento é construído, refinado e consolidado. Posteriormente, em Gañán et al. (2015), é descrito o *framework* VCSF (*Virtualized Collaborative Session Framework*) para a criação de recursos educacionais, baseado no que os autores chamam de engenharia de conhecimento coletivo.

O projeto ALICE apresenta discussões importantes sobre as formas de interações e o papel do aprendiz em ambientes de aprendizagem online. A elaboração de uma ontologia que estende os conceitos da Dublin Core, FOAF e SIOC apontam para a preocupação com a formalização e a interoperabilidade das informações, além de possibilitar o processamento automático e a inferência de novos conhecimentos.

O acompanhamento contínuo das atividades de aprendizagem fornece informações relevantes aos envolvidos nos processos de colaboração e podem impactar de forma positiva em diferentes aspectos da aprendizagem, desde motivação e engajamento, até uma percepção mais abrangente das ações individuais. Por fim, estas informações foram empregadas para a construção de novos recursos acessíveis aos aprendizes em comunidades online aproveitando-se da formalização das interações nestes ambientes.

User profile modelling in online communities (FERNANDEZ et al., 2014): Este trabalho apresenta uma abordagem semântica para modelar um perfil dinâmico a partir das atividades de usuários em comunidades online. Esta abordagem prevê a captura de dados considerando contextos particulares, o que permite a inferência de necessidades, comportamentos e preferências dos usuário ao longo do tempo e em diferentes comunidades online.

As abordagens para a construção de perfis de usuários geralmente dividem suas atividades em três etapas: (i) modelagem - qual informação define um usuário; (ii) representação - qual formato e estrutura será usado para representar o perfil do usuário; (iii) aquisição e atualização das informações - como identificar e capturar as informações e como elas evoluem ao longo do tempo. Neste trabalho, os autores tem maior interesse na modelagem do usuário. O uso de padrões da web semântica como RDF e OWL foram apontados como alternativas para representar o perfil do usuário proposto.

O objetivo, ao construir um perfil ontológico de usuário, é disponibilizar um modelo de referência para capturar o aspecto dinâmico de perfis de usuário em comunidades online. Os autores defendem que o comportamento, as necessidades e as preferências dos usuários são aspectos dinâmicos e devem ser analisados conforme o contexto onde o usuário interage.

Para gerar o modelo do perfil do usuário, os autores reutilizaram ontologias para representar o usuário e seu contexto social e estenderam a base de conhecimento extraíndo características com métodos de análise de mídias sociais e comunicação com ba-

ses de dados como DBpedia Spotlight¹, uma ferramenta para anotações automáticas de recursos da DBpedia. Modelar e armazenar estas características possibilitaria a execução de inferências sobre uma camada rica de dados, permitindo o aprendizado dinâmico das características dos usuários.

A ontologia SIOC foi utilizada para modelar comunidades online e FOAF para modelar os relacionamentos entre usuários. Para modelar comportamento, utilizou-se as ontologias UOBO (Our User Profile Ontology) e uma extensão proposta pelos próprios autores, UPO (User Profile Ontology) para descrever popularidade, engajamento, contribuição e qualidade de conteúdo. Para modelar os necessidades dos usuários, os autores dedicaram-se a quatro principais necessidades: de informação, de socialização, de reputação e altruísmo. Os traços de personalidade dos usuários foram modelados utilizando a ontologia PAO (Personality Assessment Ontology).

A ontologia MESH² foi utilizada para descrever as preferências dos usuários. Os interesses são anotados a partir da extração de conceitos dos conteúdos publicados pelos usuários. Conceitos recorrentes são considerados de longo prazo, enquanto conceitos que ocorrem com maior intensidade em curtos períodos de tempo, interesses de curto prazo. As múltiplas relações modeladas pela ontologia e sua capacidade de raciocínio permite a inferências dos interesses dos usuários.

Considerando o aspecto dinâmico do perfil do usuário, contextualizando-o à comunidade e ao seu estado atual, este trabalho permite a identificação de informações de curto e longo prazo e a inferência de características do usuário com maior precisão. A etapa de modelagem das informações é o foco principal desta proposta e reforça o reuso de ontologias consolidadas como FOAF e SIOC para a interoperabilidade das informações, inclusive interagindo com bases de dados externas.

Análise Empírica de Comunidades Online baseadas em Enriquecimento Semântico para encontrar Usuários Especialistas (PROCACI et al., 2015): Este trabalho apresenta um estudo para a identificação de usuários especialistas através de enriquecimento semântico em comunidades de perguntas e respostas online. O enriquecimento semântico trata da identificação de conceitos a partir da análise de textos e, posteriormente, buscas na base semântica DBpedia Spotlight.

Para possibilitar a execução de consultas semânticas, os autores propuseram o uso de grafos RDF para armazenar as perguntas, as respostas, os conceitos, os usuários e os

¹<https://github.com/dbpedia-spotlight/dbpedia-spotlight>

²<http://mklab.itι.gr/project/Mesh>

relacionamentos "pergunta possui respostas", "usuário posta perguntas", "usuário posta respostas", "pergunta possui conceitos" e "resposta possui conceitos". A consulta realizada para definir usuários com maiores chances de serem especialistas em um determinado conceito foi baseada na quantidade de respostas que o usuário possui marcadas com um tema em questão. A partir destes resultados, infere-se que o autor da resposta possui maior ou menor domínio do assunto em questão.

Este trabalho é semelhante ao proposto nesta dissertação quando procura formalizar os relacionamentos entre conteúdos, usuários e temas para possibilitar a definição de consultas semânticas em comunidades online. A proposta de utilizar um grafo RDF para inferir sobre quais assuntos um usuário discute e sua expertise, com base na relação de conceitos de perguntas e respostas, caracterizam parte do perfil de um usuário em um ambiente colaborativo. Em contraponto, este trabalho não especifica o reuso de ontologias bem estabelecidas para a descrição dos relacionamentos e abrange apenas comunidades de perguntas e respostas, que limitam-se a um conjunto restrito de formas de interações possíveis em uma comunidade de prática.

Using an Ontological and Rule-Based Approach for Contextual Semantic Annotations in Online Communities (BOUDEBZA et al., 2015): Este trabalho apresenta uma abordagem para a capitalização de conhecimento em comunidades de prática baseado em anotações semânticas contextuais. Os recursos anotados contam com a URL (*Uniform Resource Locator*), título, autores, descrição e tipo do recurso. Além disso, os autores propõem o uso de mecanismos de raciocínio ontológico e raciocínio baseado em regras para ampliar a reutilização dos recursos e aperfeiçoar a descrição do contexto.

A ontologia de contexto, conforme descrita em Berkani and Chikh (2009), possibilita inferências utilizando regras como *subClasseOf*, *subPropertyOf*, *TransitiveProperty*, *disjointWith*, *inverseOf*. Para as informações contextuais que não podem ser inferidas usando o raciocínio ontológico, utilizou-se um mecanismo de raciocínio baseado em regras pré-definidas.

O desenvolvimento de um protótipo, chamado CoPEAnnot, possibilitou a anotação semântica e o raciocínio sobre o contexto das atividades dos participantes de comunidades de prática. O processo de capitalização do conhecimento é descrito em cinco etapas: aquisição e modelagem dos dados, armazenamento, compartilhamento e reuso, avaliação e atualização das anotações.

Na primeira etapa, o modelo de anotação permite descrever o recurso, externali-

zando o conhecimento tácito e formalizando o conhecimento explícito, enquanto representa o contexto das atividades dos usuários durante o processo de anotação. O armazenamento das anotações é feito em uma base de conhecimento com semântica associada. Desta forma, o compartilhamento e reuso das anotações é facilitado.

A capacidade de raciocínio sobre um contexto permite pesquisas adaptadas e recomendação de outros recursos anotados de acordo com as atividades dos membros da CdP. A avaliação garante a relevância e a qualidade do conhecimento armazenado e a atualização da base de conhecimento procura manter o conteúdo relevante para os participantes da comunidade de prática.

Este trabalho retoma os conceitos propostos durante o projeto PALETTE e utiliza a ontologia desenvolvida por Berkani and Chikh (2009) para a descrição semântica de recursos em comunidades de prática. Apesar de não tratar diretamente de um perfil de usuário, os autores defendem que, a partir dos dados coletados e armazenados com semântica associada, a capacidade de raciocínio pode ser estendida para outros elementos como localização e perfil de participantes de comunidades de prática.

User Modeling for the Social Semantic Web (PLUMBAUM, 2015): Este trabalho discute o potencial de personalização de sistemas adaptativos quando incorporadas técnicas de web semântica em diferentes partes do processo de adaptação. As tarefas deste processo são segmentadas em quatro etapas: aquisição, representação e processamento de informações e adaptação do sistema. A pesquisa tem foco na coleta e no relacionamento de informações provenientes de diferentes serviços propondo a criação de um modelo de usuário que integre as informações dispersas entre os sistemas e agregue novos conhecimentos a partir de enriquecimento semântico.

Na etapa de aquisição, as informações de interação do usuário são capturadas, de forma implícita, durante a navegação do usuário no sistema. Dois modelos são propostos para representar o usuário e seu comportamento. O modelo de usuário tem o objetivo de integrar informações de diferentes aplicações para compreender e identificar o usuário de maneira comum entre sistemas. O modelo de comportamento armazena os interesses e as necessidades dos usuários com semântica associada.

Os autores defendem que arquivos de log capturam apenas uma pequena parte das interações dos usuários e que uma abordagem semântica pode cobrir mais aspectos do comportamento do usuário. Um modelo semântico para recuperar estas informações permite o gerenciamento do comportamento do usuário independentemente da aplicação e

permite a reusabilidade e o compartilhamento deste conhecimento, inclusive, conectando estas informações com bases de conhecimento externas como a DBpedia.

Baseado nesta premissa, é proposto o monitoramento do usuário e o uso de tecnologias da web semântica, como RDFa e Microformats para a coleta e o enriquecimento das informações de interações do usuário em páginas web. RDFa e Microformats são tecnologias que permitem integrar semântica às páginas web. Ambos tem o propósito de incluir dados legíveis por máquina às páginas HTML. O primeiro insere trechos de código RDF por meio de atributos HTML, o segundo por meio do cabeçalho das páginas web.

O monitoramento do usuário acontece ainda no navegador. Um código JavaScript captura as ações do usuário, identifica possíveis descrições semânticas adicionais e envia estes dados para um servidor. O servidor possui interfaces preparadas para receber estas informações e faz o gerenciamento e a persistência dos dados para processamento posterior. A etapa de processamento de informações é voltada para o aprimoramento de técnicas de recomendação, a forma de adaptação utilizada neste trabalho.

Os autores propõem o processo de combinação de perfis de usuários de diferentes sistemas e o enriquecimento semântico para reduzir problemas conhecidos de sistemas de recomendação³. Um modelo de usuário com semântica associada permite, além de combinar, reutilizar e compartilhar informações, estender o conhecimento em relação ao usuário melhorando a qualidade das recomendações.

3.2 Sumário dos trabalhos

Este capítulo buscou apresentar trabalhos relacionados à utilização de tecnologias da web semântica e a reutilização de ontologias para a construção de perfis de usuários em comunidades de prática. O aspecto social das comunidades de prática e a forma como o perfil do usuário evolui conforme interage com o ambiente também foi considerado.

A tabela 3.1 apresenta o sumário dos trabalhos de acordo com as cinco dimensões analisadas durante o desenvolvimento desta dissertação. A coluna *Pesquisa* apresenta o projeto ou referência analisada, as demais colunas apresentam “v” quando a dimensão é considerada pelos autores ou “-” quando não é considerada ou tratada de forma marginal. As cinco dimensões são: perfil do usuário, colaboração, comunidades de prática, web

³Na técnica de filtragem colaborativa, onde a recomendação acontece a partir de cálculos de similaridade que relacionam usuários com características semelhantes, *cold-start*, quando o sistema não possui informações suficientes, e *gray sheep*, quando o usuário apresenta características destoantes dos demais, são problemas clássicos apresentados neste trabalho.

semântica e reutilização de ontologias.

Tabela 3.1: Sumário de pesquisas relacionadas

Pesquisa	Perfil de Usuário	Colaboração	CdP	Web Semântica	Reut. de Ontol.
Projeto PALETTE	v	v	v	v	-
Projeto ALICE	v	v	-	v	v
(FERNANDEZ et al., 2014)	v	v	-	v	v
(PROCACI et al., 2015)	v	v	-	v	v
(BOUDEBZA et al., 2015)	-	v	v	v	-
(PLUMBAUM, 2015)	v	-	-	v	v

Fonte: Os Autores

3.3 Considerações do capítulo

O projeto PALETTE foi pioneiro no uso de ontologias para formalizar CdPs, seu domínio de interesse, prática e membros. Modelos de perfil de usuário foram propostos levando em conta os aspectos estáticos e dinâmicos do usuário, organizando o conhecimento em relação aos participantes de forma a considerar as informações pessoais, as experiências e qualificações, assim como as preferências, necessidades, objetivos, relações entre usuário e CdPs, experiências construídas sobre o domínio da comunidade e competências desenvolvidas durante o processo de aprendizagem.

A colaboração é organizada em quatro conceitos principais: agentes envolvidos, atividades desenvolvidas, objetivos da colaboração e recursos necessários ou produzidos durante as interações. Também são considerados o contexto geográfico e temporal, o meio de comunicação e a cardinalidade da interação. Uma introdução ao modelo 3C pode ser percebido quando os autores relacionam a colaboração ao compromisso com a comunidade, a comunicação e a coordenação das atividades.

O projeto ALICE apresenta uma série de trabalhos relacionados à colaboração de usuários de comunidades online, que vão desde a captura e representação das informações geradas a partir das interações dos usuários, até a extração de conhecimento e a definição de ferramentas como *feedbacks* aos usuários, indicadores de desempenho aos moderadores, objetos e recursos de aprendizagem construídos de maneira colaborativa e *frameworks* para construção destes objetos e recursos.

O projeto ALICE e os trabalhos de Fernandez et al. (2014) Procaci et al. (2015) e Plumbaum (2015) abordam aspectos do perfil de usuário para comunidades online e

não comunidades de prática. Entretanto seus conceitos e abordagens podem ser estendidos para o domínio das CdPs. Todos sugerem a utilização da web semântica para a representação das informações do usuário e procuram compreender o usuário a partir de suas interações com os sistemas. O projeto ALICE e Fernandez et al. (2014) descrevem a reutilização das ontologias FOAF e SIOC prevendo a interoperabilidade das informações capturadas. Fernandez et al. (2014), Procaci et al. (2015) e Plumbaum (2015) descrevem o enriquecimento semântico a partir de consultas à bases de dados externas.

Esta dissertação terá seu foco principal na representação das informações ligadas às interações dos usuários nas comunidades de prática. A partir da descrição semântica das relações entre os usuários, os conteúdos e as ferramentas de colaboração das CdPs, espera-se construir uma base de conhecimento sólida, que poderá ser utilizada para a definição de consultas semânticas onde características que são desenvolvidas conforme os participantes contribuem para o ambiente possam emergir.

Para que isso seja possível, será proposto um conjunto de tecnologias que faça a captura das informações dispersas nas comunidades de prática, processe e armazene estes dados e disponibilize um canal para consultas com capacidade de raciocínio e descoberta de conhecimento. Esta pilha tecnológica incluirá o uso das ontologias FOAF, SIOC e CoPPLA que permitirá, futuramente, conectar as informações das comunidades de prática à outras bases de dados.

Entre as contribuições deste trabalho está a adequação de ontologias previamente desenvolvidas e a utilização das tecnologias da web semântica para a formalização das comunidades de prática, suas ferramentas de colaboração, conteúdos, participantes e relacionamentos para a construção de uma base de conhecimento que permita a execução de consultas semânticas e processamentos automáticos.

Um perfil de usuário com semântica associada pode armazenar informações que antes estavam dispersas entre as diferentes ferramentas de colaboração de uma CdP. A capacidade de acompanhar as interações dos usuários, capturando diferentes aspectos de suas interações e representando-os com valor semântico permite combinar, reutilizar e compartilhar o conhecimento construído dinamicamente durante as trocas ocorridas entre os participantes de comunidades de prática.

O próximo capítulo apresentará a plataforma de comunidades de prática CoPPLA, as ferramentas de colaboração e comunicação disponíveis no ambiente, as perspectivas tecnológicas em andamento e a ontologia COPPLA que reutiliza e estende conceitos das ontologias FOAF e SIOC para descrever CdPs.

4 PLATAFORMA DE COMUNIDADES DE PRÁTICA COPPLA

A plataforma de comunidades de prática CoPPLA oferece recursos para o gerenciamento da comunidade, possibilitando a criação, o armazenamento e o acesso aos seus conteúdos e participantes. O conjunto de ferramentas de gestão, comunicação e publicação são configuráveis e envolvem a manipulação de textos, imagens, páginas web, links, eventos, fóruns de discussão e espaços para experiências de aprendizagem. Os participantes têm a habilidade de criar e gerenciar suas comunidades como um espaço para compartilhar conhecimento envolvendo atividades de aprendizagem.

Os projetos desenvolvidos com o apoio da plataforma CoPPLA envolvem a troca do conhecimento através de integração multi-institucional, a condução de atividades de aprendizagem colaborativa por meio de interações em rede e o compartilhamento de práticas com acesso coletivo para trocas simultâneas entre os participantes. Desde 2008, projetos ligados a saúde, projetos comerciais para Universidades Corporativas e projetos na área da Justiça foram desenvolvidos com suporte tecnológico da plataforma.

A privacidade e a segurança do ambiente são garantidos através de um conjunto de *workflows*¹ que definem diferentes níveis de acesso aos membros das comunidades e às próprias comunidades e seu conteúdo. Este acesso pode ser controlado através de autenticação e permissões definidas por papéis atribuídos ao usuário (moderador, participante, autenticado, não autenticado) e à comunidade e seu conteúdo (privado, restrito, público).

4.1 Ferramentas de colaboração e comunicação

A plataforma CoPPLA utiliza ferramentas tecnológicas tradicionais para a instrumentalização de comunidades de prática virtuais. Isto inclui um conjunto de ferramentas para gestão, publicação e comunicação síncrona e assíncrona, que podem ser configuradas conforme as necessidades de seus participantes. A Figura 4.1 apresenta a visão de um conteúdo compartilhado em uma comunidade de prática e algumas de suas ferramentas de colaboração e comunicação. As principais ferramentas presentes na plataforma são:

Perfil da comunidade de prática: O perfil da comunidade de prática expressa de forma organizada os elementos estruturantes da comunidade. Esse perfil apresenta o

¹ *Workflows* ou políticas de fluxo de trabalho, neste contexto, permitem que um administrador de sites crie um sistema formalizado para controlar a publicação e o gerenciamento de conteúdo como um fluxo passo a passo envolvendo diferentes usuários em funções predeterminadas.

Figura 4.1: Plataforma de comunidades de prática CoPPLA

The screenshot displays the CoPPLA platform interface. At the top, there is a blue header with the 'coppla' logo and the text 'Espaços Colaborativos'. On the right side of the header, there is a search icon, a notification bell with '14' unread notifications, and the user's name 'Matheus Pereira' with a dropdown arrow. Below the header, a breadcrumb trail reads: 'You are here: Home / Comunidades / Espaços Colaborativos / Acervo / Comunidades de Prática na Aprendizagem Colaborativa'.

The main content area is titled 'Espaços Colaborativos' and includes a profile picture of three people. Below this, it states 'Você é Moderador' and 'Público'. A descriptive paragraph follows: 'Espaços Colaborativos oferecem um ambiente leve, simples e seguro para interação de pessoas interessadas em aprender juntas de forma dinâmica e efetiva. Permite que o trabalho colaborativo realmente aconteça e funcione, através de interações rápidas e pontuais sobre as necessidades de troca de conhecimento nas rotinas de trabalho... Este espaço permite a troca de experiências, conhecimento e interesses usando Comunidades de Prática.'

The central focus is a community post titled 'Comunidades de Prática na Aprendizagem Colaborativa' by 'Equipe Coppla' from May 02, 2017, at 05:11 PM. The post is public and contains a question: 'A aprendizagem é uma atividade inerentemente social onde precisamos interagir com o meio ambiente, o objeto de interesse e os sujeitos envolvidos. Se a interação social regular é fundamental no desenvolvimento da inteligência humana, podem as Comunidades de prática serem adequadas a esta concepção cognitiva de Aprendizagem Colaborativa?'. Below the question is an illustration of three people in a meeting. The post text continues: 'Imagine uma abordagem de aprendizagem onde as pessoas aprendem observando o que as outras fazem; onde o conjunto de estímulos semelhantes provoca respostas diferentes de pessoas diferentes ou delas mesmas em momentos diferentes. Nesta abordagem, encontram-se conectados o mundo e o comportamento de uma pessoa e a personalidade é uma interação entre o meio em que o indivíduo está inserido, seu comportamento e seus processos psicológicos. Não! Não é uma abordagem contemporânea e inovadora, estes são os princípios básicos da Teoria da Aprendizagem Social ou Teoria Cognitiva Social de Albert Bandura¹, Psicólogo Canadense, Professor de Psicologia Social da Universidade de Stanford, que em 1977 lança as bases desta teoria. Em princípio, o aspecto social da aprendizagem está relacionado à interação humana, ou seja, aprendizagem colaborativa através do contato e associações regulares com outros indivíduos. A aprendizagem social é um processo de observação do comportamento de outros indivíduos e suas consequências, para que o observador possa adaptar seu próprio comportamento de acordo com o grupo. Desde 1950, temos ciência de que o indivíduo é considerado um sujeito ativo que procura se relacionar com o meio físico e o meio social, para assim construir relações significativas, segundo a Epistemologia'.

On the left side, there is a vertical navigation menu with icons for: INÍCIO, SUBCOMUNIDADE, ACERVO, CALENDÁRIO, PORTFÓLIO, FÓRUM, CHAT, and ATIVIDADE. On the right side, there is a 'Participantes (48)' section with a search bar, a 'MODERADORES' section with one profile, and a 'PARTICIPANTES' section with a grid of 48 user avatars. At the bottom of the participants section, there are buttons for 'Convidar amigos' and 'Manage profiles'.

Fonte: Elaborado pelos autores

domínio de interesse, os objetivos e as regras da CdP e é definido pelos moderadores que possuem acesso diferenciado dos demais participantes.

Lista de participantes: A lista de participantes permite a localização de todos os membros de uma comunidade. O conhecimento mútuo dos pares contribui para o aumento da confiança e estimula a participação nas comunidades de prática.

Perfil do participante: O perfil do participante é fundamental para que os membros de uma comunidade possam visualizar as informações de seus colegas. A partir desta página de apresentação é possível verificar experiências, conhecimentos, competências e interesses dos participantes.

Acervo: Espaço para armazenamento da produção coletiva da comunidade de prática. No acervo os participantes podem criar e compartilhar páginas web, imagens, arquivos, links e pastas para a organização do conteúdo.

Calendário: Esta ferramenta permite a criação de eventos e atas virtuais ou presenciais. O calendário é um importante mecanismo para a manutenção e organização das

atividades na comunidade de prática.

Portfólio: Repositório para produções pessoais. Esta ferramenta organiza o conteúdo em pastas específicas para cada participante, possibilitando, por exemplo, que atividades de avaliação, pesquisas e questionários sejam desenvolvidos individualmente.

Fórum e comentários: Espaços assíncronos para discussões de interesse da comunidade de prática. As conversas podem ser organizadas em tópicos hierárquicos ou ocorrer a partir de um determinado conteúdo publicado. As mensagens são mantidas para acesso posterior.

Chat: Ferramenta para comunicação síncrona. O *chat* mostra quem está conectado e permite a comunicação em tempo real dos participantes de uma comunidade de prática.

Atividade: Ferramenta para o acompanhamento, por parte dos moderadores, das atividades dos participantes das comunidades de prática. Acompanhar a frequência de colaboração viabiliza a identificação do estágio do ciclo de vida da comunidade, bem como seu ritmo atual.

Notificação: Ferramenta para recebimento de avisos gerais e resumos de atividades das comunidades de prática. Os participantes podem receber notificações de três maneiras distintas: mensagens diretas enviadas por moderadores das CdPs; e-mail diário ou semanal com resumo das atividades das CdPs; notificações instantâneas dentro da plataforma;

Configuração: Ferramenta para configurações pessoais e gerais da comunidade de prática. Os participantes podem alterar nome, foto, senha e frequência de recebimento de notificações. Os moderadores, além das informações pessoais, podem alterar título, descrição, temas associados e visibilidade da comunidade, além de gerenciar sua lista de participantes.

Timeline: Lista unificada de novos conteúdos publicados em uma comunidade de prática. A *timeline* permite aos participantes acompanhar as atividades de todas as áreas da comunidade em um único local. Além disso, inclui ações rápidas para comentários e categorização do conteúdo.

Além destas ferramentas, existe um conjunto de extensões que podem ser incluídas ao ambiente para expandir as possibilidades de interação e promover diferentes formas de colaboração nas comunidades de prática. As principais extensões que podem ser integradas à plataforma são:

Curso: Ferramenta para criação, gestão e compartilhamento de cursos estruturados. O curso organiza o conteúdo em unidades e módulos e tem uma apresentação que

visa facilitar a navegação entre as atividades. Além disso, o curso permite o acompanhamento do progresso dos participantes.

Dashboard: Este recurso tem o funcionamento semelhante à *timeline* das comunidades de prática, porém, é um painel de acesso unificado que integra as atividades de todas as comunidades que o usuário participa.

Temas: Complemento para relacionar usuários e conteúdos à esquemas de categorização. A categorização por meio de temas (*tags*) contribui para a interação e a descoberta de novos conteúdos e usuários com interesses semelhantes.

Avaliação: Sistema para avaliação de conteúdo com estrelas de 1 até 5. Além de verificar a qualidade de uma publicação, a avaliação de um conteúdo pode expressar o nível de interesse do usuário pelo item avaliado.

4.2 Perspectivas tecnológicas em andamento

Durante o desenvolvimento da plataforma CoPPLA, diversos trabalhos de pesquisa foram ou estão sendo realizados para incluir ao sistema inteligência e capacidade de personalização. Estes trabalhos avançam no sentido da representação de informações e da criação de mecanismos mais elaborados para a instrumentalização das comunidades de prática. Dentre eles estão:

Rede social: Em Pereira, Silva and Boff (2013), um sistema para seguir (*following*) usuários e temas foi agregado à plataforma para ampliar e estimular a interação entre os participantes das comunidades de prática. Por meio deste mecanismo, tornou-se possível construir redes de relacionamentos que evidenciam interesses distribuídos no ambiente. O sistema de *following* captura e representa estes interesses de modo a considerá-los para recomendações na plataforma CoPPLA. É por meio destas sugestões, oferecidas pelo sistema de recomendação, que os usuários são convidados a colaborar com outros participantes ou a conhecer novos temas de interesse.

Representação semântica: Em Molon et al. (2013), desenvolveu-se um protótipo para armazenamento de interações em bases de dados de triplas, estruturado utilizando o modelo RDF, num esforço rumo à representação semântica nas comunidades de prática. A partir desta representação, a plataforma CoPPLA avançou rumo a um sistema aderente à web semântica, podendo interoperar com diversos outros recursos baseados em dados abertos conectados.

Recomendação: Usando métodos de mineração de texto e similaridade contex-

tual, desenvolveu-se um mecanismo de recomendação de conteúdo baseado nos interesses do usuário e no conteúdo contextual das postagens. O sistema pode identificar a digitação de um conteúdo pelo usuário e, em tempo real, recomendar textos relacionados da própria comunidade, de outras comunidades de prática ou da web.

Gamificação: A proposta é definir um modelo de gamificação próprio às características de comunidades de prática. A evolução da plataforma prevê a definição de um conjunto de indicadores motivacionais para gerenciar a reputação dos participantes nas comunidades. Baseado no modelo de Mecânica-Dinâmica-Componentes de Werbach and Hunter (2015), serão agregados modelos de recompensas e níveis de acesso evolutivos à medida que os participantes melhoram ou aumentam seu grau de colaboração, interação e contribuição na comunidade. Integrando painéis sociais e quadros de reputação, além de notificações de evolução, conquistas e atividades alcançadas.

Considerando estas perspectivas, um perfil dinâmico de usuário irá agregar um componente com interfaces de comunicação padronizadas para a manutenção das informações dos participantes de comunidades de prática. Este perfil poderá operar como uma base de conhecimento independente das aplicações e ser utilizados por diferentes sistemas para consultas e atualizações das informações dos usuários.

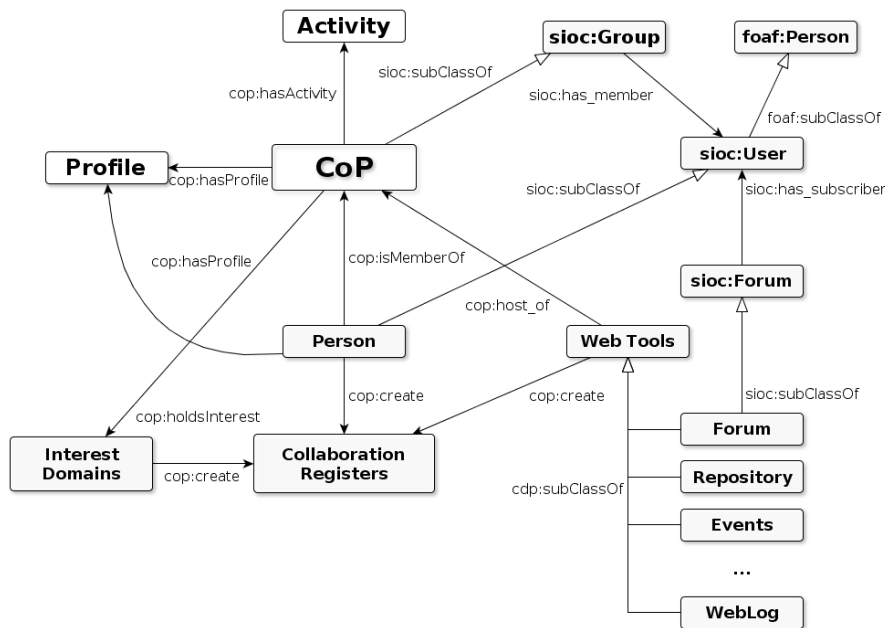
4.3 Ontologia CoPPLA

Em Fiorio, Silva and Ribeiro (2011) e Ribeiro et al. (2011a) é proposto um *framework* de comunidades de prática com o objetivo de fornecer um modelo de representação semântica de conhecimento, conforme compartilhado em uma comunidade virtual de prática. O principal foco desta abordagem é a modelagem de um conjunto de componentes utilizando um modelo de referência ontológico para representar comunidades, seus participantes, perfis de interesse e domínio.

A figura 4.2 ilustra os principais conceitos e relacionamentos propostos no *framework*. Estes conceitos incluem o usuário (*Person*) e os três elementos estruturantes fundamentais apresentados por (WENGER, 1998) para a caracterização de comunidades de prática: domínio, comunidade e prática. O esquema também inclui conceitos das ontologias FOAF (*Friend of a Friend*) (BRICKLEY; MILLER, 2012) e SIOC (*Semantically-Interlinked Online Communities*) (BOJARS et al., 2007).

A ontologia SIOC fornece um vocabulário para representar comunidades online e conteúdos gerados pelos usuários. A ontologia FOAF permite representar pessoas e seus

Figura 4.2: *Framework* de comunidades de prática - conceitos e relacionamentos propostos por Ribeiro et al. (2011a)



Fonte: (RIBEIRO et al., 2011a)

relacionamentos sociais. A combinação e a reutilização destas ontologias para representar os conceitos descritos no *framework* CoPPLA contribui para a interoperabilidade das comunidades de prática e possibilita a associação com perfis sociais dos participantes.

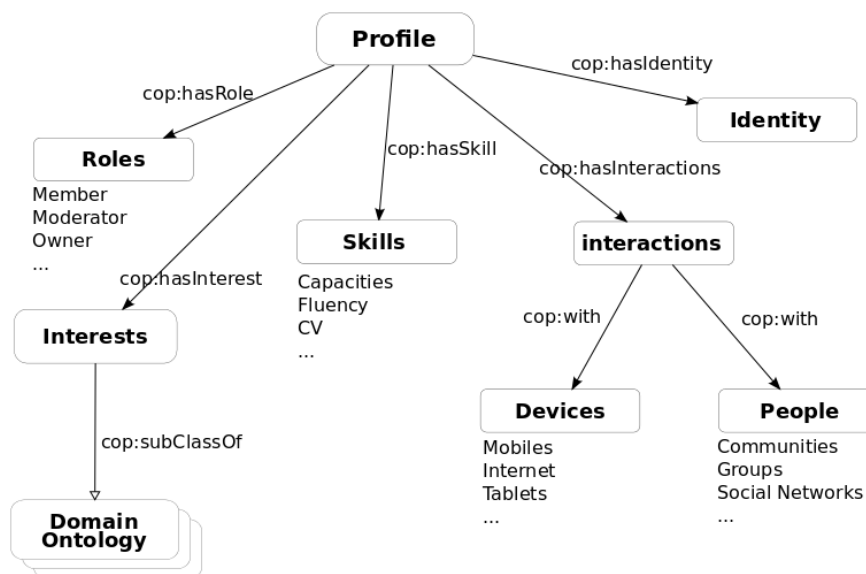
O domínio, interesse partilhado que une os participantes e orienta as atividades da comunidade, é representado pelo conceito domínios de interesse (*Interest Domains*). A comunidade, um conjunto de participantes que estabelecem relacionamentos, compartilham informações e aprendem uns com os outros, é representado pelo conceito comunidade (*CoP*), subclasse de conceito *sioc:Group*. A prática, o conjunto de esquemas de trabalho, ferramentas, ideias, estilos, linguagem, histórias e documentos decorrentes das interações na comunidade, é representada pelos conceitos registros de colaboração (*Collaboration Registers*), ferramentas web (*Web Tools*) e atividade (*Activity*).

Os membros de uma comunidade são representados pelo conceito pessoa (*Person*), subclasses dos conceitos *sioc:User* e *foaf:Person*, e caracterizados individualmente por seu perfil (*Profile*). O perfil inclui competências individuais, relações sociais nas comunidades, modos de colaboração, papéis e outras atividades dentro das comunidades. Ampliando este perfil, Silva et al. (2012) apresentam uma ontologia fundacional de referência para representar o perfil geral de usuários em comunidades de prática. Esta ontologia serve como diretriz na construção de um perfil para comunidades de prática.

Conforme apresentado na Figura 4.3, o perfil possui uma identidade (*Identity*),

interações (*Interactions*), interesses (*Interests*), papéis (*roles*) e competências (*Skills*) e é descrito em dois níveis: estático e dinâmico. O perfil estático é composto por informações pessoais e profissionais, biografia, currículo, interesses explícitos, etc. O perfil dinâmico é composto por informações obtidas a partir de interações com outros usuários, comunidades e ferramentas, por exemplo, com inserção de conteúdos e comentários, acesso à páginas e pesquisas.

Figura 4.3: Perfil de usuários em comunidades de prática proposto por Silva et al. (2012)



Fonte: (SILVA et al., 2012)

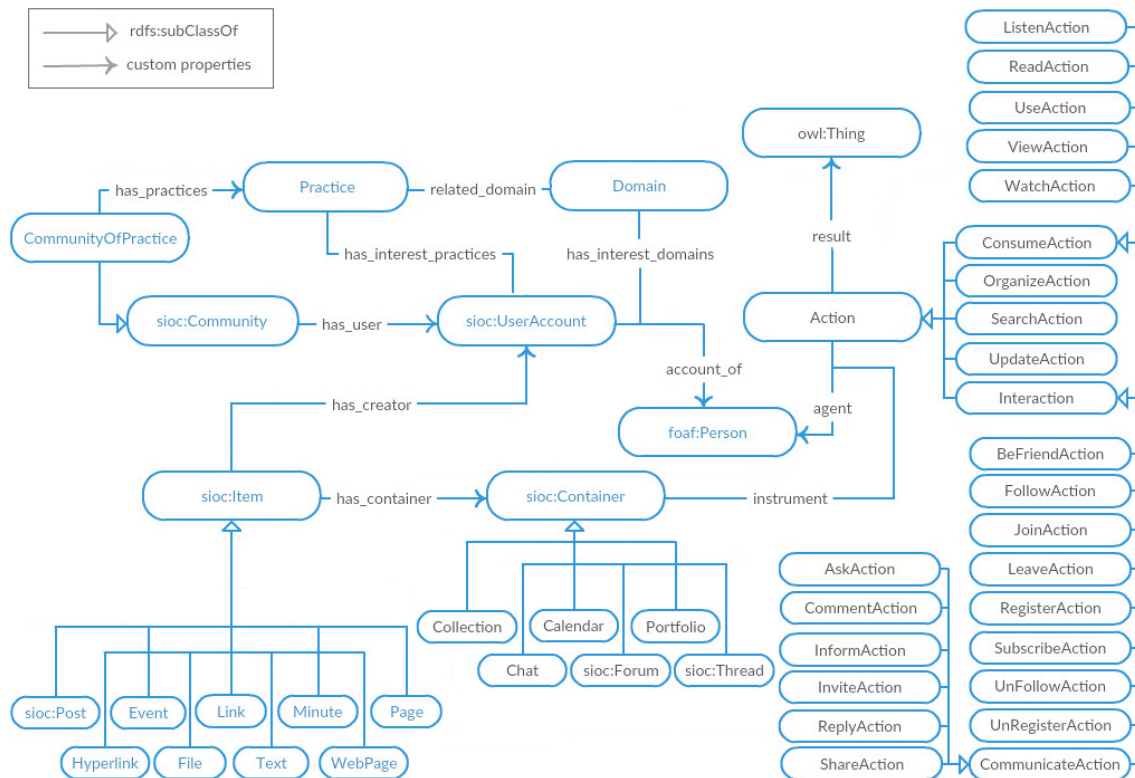
Posteriormente, em um projeto RHA/E/CNPq², expandiu-se a ontologia de referência para representar o conhecimento na plataforma CoPPLA. A ontologia proposta foi concebida a partir de estudos sobre o modelo real de comunidades de prática. As ontologias de referência previamente citadas também serviram como base para esta proposição.

A Figura 4.4 ilustra a representação atual da ontologia. Os principais relacionamentos propostos são derivados das ações que os usuários podem executar nas comunidades de prática. Desta forma, o modelo de representação ontológica focou-se em dois aspectos: plataforma e perfil do usuário.

Neste modelo, uma comunidade de prática (*CommunityOfPractice*) é subclasse de comunidade (*sioc:Community*), classe que representa um espaço na internet para interações entre usuários. A comunidade possui um conjunto de práticas (*has_practices*, *Practice*) relacionadas a um domínio de interesse (*related_domain*, *Domain*). Uma comunidade online (*sioc:Community*) possui usuários associados (*has_user*, *sioc:UserAccount*)

² Chamada Pública MCTI/SETC/CNPq N° 54/2013 - RHA/E Pesquisador na Empresa. Desenvolvido em colaboração com o grupo de pesquisa NEES UFAL.

Figura 4.4: Conceitos e relacionamentos da ontologia CoPPLA



Fonte: Elaborado pelos autores

e um usuário é uma extensão da representação semântica de usuário online SIOC. O usuário, além disso, está associado a uma representação FOAF (*account_of, foaf:Person*).

Os usuários (*sioc:UserAccount*) criam conteúdos (*has_creator, sioc:Item*) nos espaços para colaboração (*sioc:Container*) das comunidades de prática. Nestes espaços acontecem as ações (*Action*) dos usuários (*agent, foaf:Person*). Estas ações podem estar relacionadas à interação (*InteractionAction*), pesquisa (*SearchAction*), organização (*OrganizeAction*), atualização (*UpdateAction*) ou acesso (*ConsumeAction*) aos conteúdos das comunidades de prática.

A atividade de um usuário em uma comunidade de prática é resultado de uma ação que compõe um conjunto de relacionamentos da plataforma CoPPLA. Sendo assim, a classe *Action* é fundamental para o presente trabalho pois é a partir das ações do usuário que o perfil dinâmico será construído.

4.4 Pilha tecnológica

A plataforma de comunidades de prática CoPPLA é um software de código aberto³ desenvolvido sobre as tecnologias Python, Zope e Plone. Esta solução disponibiliza um ambiente web para criação rápida e segura de sites, oferecendo funcionalidades de login, restrições de acesso através de *workflows* e mecanismos de criação, armazenamento, indexação e busca de conteúdo.

Python é uma linguagem de programação de alto nível, multiplataforma, interpretada, orientada a objetos, de tipagem dinâmica e forte. Python prioriza a legibilidade do código e o desenvolvimento rápido através de uma sintaxe clara e concisa⁴. A linguagem conta com uma extensa biblioteca padrão e uma série de módulos e *frameworks* que podem ser utilizados em uma grande variedade de domínios, desde desenvolvimento web e aplicações para a educação até processamento numérico e científico⁵.

Zope é um servidor de aplicação web, escrito em Python e de código aberto, que oferece uma solução flexível, segura e escalável para a criação, o gerenciamento e a distribuição de conteúdo na internet⁶. Zope implementa um conjunto de *frameworks*, bibliotecas e um sistema de banco de dados e consultas que facilitam o desenvolvimento de sistemas para internet e garantem a segurança das aplicações web.

Plone é um sistema de gerenciamento de conteúdo, ou CMS (Content Management System), também escrito em Python, que funciona sobre o servidor de aplicação Zope⁷. Seu principal objetivo é facilitar a criação, edição, publicação e distribuição de conteúdo na internet criando uma camada de abstração para acesso aos recursos do Zope.

As funcionalidades da plataforma que ultrapassam o escopo de Zope e Plone são implementadas utilizando, principalmente, a linguagem de programação Python e tecnologias complementares. Isto torna o processo de instalação e manutenção das extensões mais simples, uma vez que os sistemas possuem uma base tecnológica comum. Esta premissa orientará o aspecto tecnológico do desenvolvimento deste trabalho.

³<https://bitbucket.org/communitas/communities.practice>

⁴<http://www.python.org/about>

⁵<http://www.python.org/about/apps>

⁶<http://www.zope.org>

⁷<https://plone.com/>

4.5 Considerações do capítulo

Este capítulo apresentou a plataforma de comunidades de prática CoPPLA, um ambiente virtual de aprendizagem voltado à comunicação e interação dos usuários para a construção do conhecimento. Também foram relacionadas as principais ferramentas implementadas para a instrumentalização de CdPs e de que forma estas ferramentas contribuem para a colaboração dos participantes nestes ambientes.

Em seguida, foram discutidas as perspectivas tecnológicas desenvolvidas ou que estão em andamento para tornar a plataforma cada vez mais capacitada como um sistema personalizado e inteligente. Neste contexto, a implementação de um perfil de usuário mostra-se fundamental pois introduz um componente central para a representação das informações dos usuários que estão distribuídas no sistema.

Após, foram apresentadas as ontologias que descrevem a plataforma CoPPLA e de que forma estas ontologias podem ser utilizadas para representar o modo como os participantes interagem nas comunidades de prática. O perfil do usuário será implementado de acordo com estas especificações.

Por fim, as tecnologias que dão suporte à plataforma foram descritas. O perfil do usuário será desenvolvido com a mesma base tecnológica, pois, tratando-se de um sistema aplicado em projetos reais, a adoção de tecnologias familiares às já utilizadas nas comunidade de prática aproxima a solução de uma efetiva utilização futura.

O próximo capítulo descreverá o gerenciador de perfil dinâmico de usuário e a utilização das tecnologias da web semântica para descrever os relacionamentos dos usuários em conjunto com a ontologia CoPPLA.

5 GERENCIADOR DE PERFIL DINÂMICO DE USUÁRIO

Apoiado na hipótese de que a representação de um perfil dinâmico pode ser utilizado para encontrar relações complexas entre os participantes e o conhecimento distribuído em comunidades de prática, o gerenciador de perfil dinâmico de usuário organiza as informações de interações dispersas no ambiente em um perfil de usuário com semântica associada. Com o suporte de um servidor semântico, este perfil possibilita a execução de consultas e inferências evidenciando, por exemplo, trajetórias de colaboração.

O gerenciador de perfil e o servidor semântico são responsáveis pela recepção, mapeamento semântico, armazenamento, consultas e inferências relacionadas às informações dos usuários e às interações nas comunidades de prática. As próximas seções apresentarão uma visão geral da solução e suas tecnologias, o método para aquisição de informações e interfaces de comunicação, o processo de mapeamento semântico das ações de colaboração e o modelo de informação de *triplestore*.

5.1 Visão geral

O gerenciador de perfil opera entre a plataforma de comunidades de prática e o servidor semântico, conforme apresentado na Figura 5.1. O gerenciador é implementado sobre o *framework* web Tornado¹, um servidor de aplicações escalável e não bloqueante escrito na linguagem de programação Python. O fato da plataforma CoPPLA também ser implementada em Python foi determinante para a definição desta linguagem de programação para a implementação do gerenciador pois, ao compartilhar esta tecnologia, a instalação e manutenção do novo sistema é facilitado.

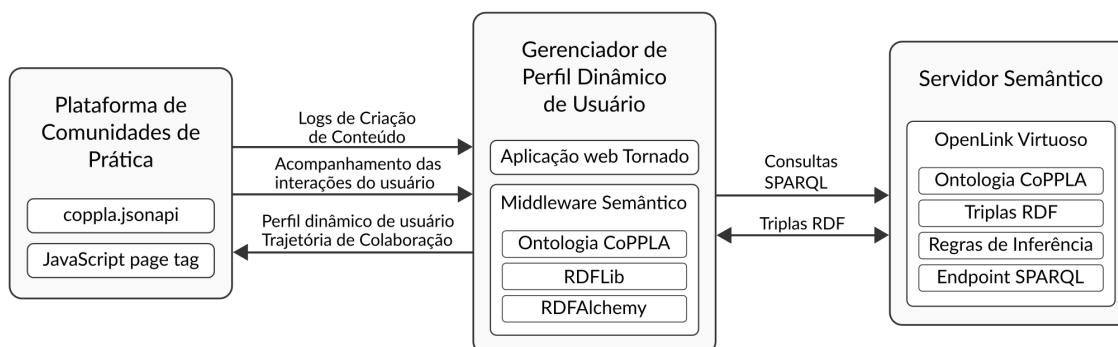
A comunicação entre a plataforma de comunidades de prática e o gerenciador de perfil acontece por meio de interfaces REST (*REpresentational State Transfer*) e dados em formato JSON (*JavaScript Object Notation*). Aplicações organizadas com o estilo arquitetural REST trabalham com base no protocolo de comunicação HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*), essencialmente métodos HTTP para a criação, recuperação, atualização e exclusão de recursos. Nesta organização são fornecidas interfaces uniformes de recursos na internet em oposição às interfaces específicas para uma aplicação em particular (W3C, 2013).

JSON é um formato aberto de texto simples para serialização e intercâmbio de

¹<http://www.tornadoweb.org>

dados estruturados baseado em um subconjunto da linguagem de programação JavaScript (CROCKFORD, 2006). JSON é independente de linguagem de programação e utiliza convenções que são familiares a programadores de diversas linguagens incluindo C, Java, JavaScript e Python. Essas propriedades fazem do JSON um padrão amplamente aceito para o intercâmbio de dados entre aplicações (BRAY, 2014).

Figura 5.1: Visão geral do perfil dinâmico de usuário para comunidades de prática



Fonte: Elaborado pelos autores

A plataforma CoPPLA implementa uma API (*Application Programming Interface*) para consultas à sua base de dados e um algoritmo Javascript que monitora e envia as informações sobre a interação do usuário para o gerenciador de perfil. O gerenciador de perfil, por sua vez, faz a requisição de informações à plataforma e disponibiliza uma API para receber as informações sobre o acompanhamento do usuário. O gerenciador também implementa uma interface para responder às requisições de informações do perfil dinâmico do usuário e de sua trajetória de colaboração.

A comunicação entre o gerenciador de perfil e a plataforma de comunidades de prática é uma das contribuições deste trabalho, porém a API de consulta à base de dados da plataforma e o *script* para o acompanhamento das ações de interação do usuário não fazem parte do escopo deste trabalho.

Além de comunicar-se com a plataforma de comunidades de prática, o gerenciador de perfil descreve as informações do usuário com triplas RDF e as envia para o armazenamento do servidor semântico. Para esta tarefa, o gerenciador conta com um *middleware* semântico que, ao receber as informações de interação dos usuários em formato JSON, faz a descrição semântica utilizando a ontologia CoPPLA e as bibliotecas Python RDFLib² e RDFAlchemy³.

²<http://rdflib.readthedocs.io>

³<http://rdfalchemy.readthedocs.io>

Por fim, o servidor semântico é implementado sobre o servidor universal Openlink Virtuoso⁴. Virtuoso é um servidor de aplicação web que fornece suporte ao gerenciamento de dados SQL, XML e RDF. A arquitetura híbrida do Virtuoso permite o armazenamento de dados em tabelas relacionais e grafos. Além disso, inclui interfaces de comunicação que permitem a integração de serviços SOAP e REST e consultas por meio de um *endpoint* SPARQL (W3C, 2012; ERLING, 2012).

O servidor semântico armazena as triplas RDF e as regras de inferência, é responsável pelas consultas e inferências, e disponibiliza um *endpoint* SPARQL para acesso externo. Virtuoso e SPARQL compõem o núcleo da camada de dados do servidor semântico, permitindo que as descrições semânticas sejam expostas e consultadas na web por meio deste *endpoint*.

5.2 Aquisição das ações de colaboração

Ações de colaboração, para este trabalho, são um subconjunto das ações (*Action*) descritas na ontologia CoPPLA. Este subconjunto inclui ações de acesso (*ConsumeAction*), pesquisa (*SearchAction*) e atualização de conteúdo (*UpdateAction*). Também inclui as ações de interação (*InteractAction*) seguir e deixar de seguir outros usuários e temas (*FollowAction*, *UnfollowAction*), participar ou deixar de participar de uma comunidade (*JoinAction*, *LeaveAction*) e as ações de comunicação (*CommunicateAction*) compartilhar conteúdo (*ShareAction*) e participar de conversas (*CommentAction*, *AskAction*, *ReplyAction*).

A primeira etapa para a construção do perfil dinâmico do usuário é a aquisição de informações. O gerenciador do perfil do usuário obtém estas informações utilizando técnicas de *Web Analytics* de duas formas distintas: consultas à base de dados da plataforma CoPPLA, para adquirir informações relacionadas às ações de colaboração disponíveis no servidor, e *scripts* para acompanhar a interação do usuário e capturar informações relacionadas ao acesso aos conteúdos, envio e recepção de mensagens, pesquisas e contextos onde as ações ocorrem individualmente.

Web Analytics é a forma de aprender como usuários interagem capturando aspectos do comportamento do usuário, combinando e transformando estes aspectos em dados que podem ser analisados (BEASLEY, 2013). *Web Analytics* é um processo que envolve a coleta, medição, monitoramento e análise dos dados relacionados ao acesso às páginas

⁴<https://virtuoso.openlinksw.com/>

web, permitindo o desenvolvimento de relatórios para compreender a experiência dos usuários no sistema (HASAN; MORRIS; PROBETS, 2009).

Quando aplicados à educação, as técnicas de *Web Analytics* são conhecidas como *Learning Analytics* (LA) e *Educational Data Mining* (EDM) (BAKER; INVENTADO, 2014). Estas técnicas são essenciais para a captura de informações relacionadas a interação de participantes em ambientes de aprendizagem (BORBA; GASPARINI, 2015).

Existem duas maneiras para acompanhar as atividades dos usuários em sistemas web: *Web Logs* e *Page Tagging*. A primeira analisa informações armazenadas no servidor da aplicação. Estas informações podem conter os recursos requisitados, data e hora de acesso e informações do contexto do usuário. A segunda funciona adicionando um trecho de código JavaScript nas páginas web que devem ser acompanhadas. Durante a navegação entre as páginas, este código captura as interações do usuário e as envia para armazenamento e análise do sistema (BEASLEY, 2013).

O gerenciador de perfil consulta informações de criação a partir de uma API disponibilizada pelo complemento da plataforma CoPPLA chamado *coppla.jsonapi*. Este complemento implementa uma interface para a listagem das atividades de criação de conteúdo em um determinado intervalo de tempo. Estas informações são relacionadas às ações de comunicação (*CommunicateAction*) que incluem a criação de conteúdo (*ShareAction*), iniciar uma nova conversa no fórum (*AskAction*), comentar em algum conteúdo ou tópico do fórum (*CommentAction*) e responder a um comentário específico (*ReplyAction*).

Além disso, um algoritmo Javascript acompanha as ações do usuário e envia informações contendo a identificação do usuário, o contexto e o tipo de interação ocorrida para a API do gerenciador de perfil. A API se encarrega de descrever os diversos tipos de ações capturadas pelo *script* que podem ocorrer na plataforma: pesquisas (*SearchAction*), consumo de conteúdo (*ConsumeAction*), como o acesso a páginas, leitura de textos ou visualização de imagens, seguir ou deixar de seguir outros usuários e temas (*FollowAction*, *UnFollowAction*) e participar ou sair de uma comunidade (*JoinAction*, *LeaveAction*).

A Figura 5.2 apresenta a descrição de uma interface disponibilizada pelo gerenciador de perfil para o armazenamento da ação *FollowAction*. A requisição para a inclusão de uma nova ação deve incluir a identificação do usuário que praticou a ação (*agent*), o tipo de ação (*action*), data e hora (*datetime*) e o contexto onde a ação ocorreu (*context*). O parâmetro *follow* é específico da ação *FollowAction* e representa o usuário que passou a ser seguido pelo agente. A localização (*location*) refere-se à identificação da comunidade

e o instrumento (*instrument*) à identificação da ferramenta de colaboração utilizada, por exemplo acervo, fórum, calendário.

Figura 5.2: Descrição da interface para inclusão da ação *FollowAction*

POST Follow

http://localhost:8888/semantic

HEADERS

Content-Type
application/json

Accept
application/json

BODY

```
{
  "agent": "http://localhost:8080/Plone/author/joao",
  "action": "follow",
  "follow": "http://localhost:8080/Plone/author/rosa",
  "datetime": "2017-11-02T11:49:19.259426",
  "location": "http://localhost:8080/Plone/comunidades/comunidade",
  "context": "http://localhost:8080/Plone/comunidades/comunidade/acervo/web-semantica",
  "instrument": "http://localhost:8080/Plone/comunidades/comunidade/acervo"
}
```

Fonte: Elaborado pelos autores

5.3 Mapeamento e descrição semântica das ações de colaboração

O *middleware* semântico presente no gerenciador de perfil do usuário implementa as classes e as propriedades descritas nas ontologias CoPPLA, FOAF e SIOC por meio das bibliotecas Python RDFAlchemy e RDFLib. Ao receber dados de interação dos usuários, em formato JSON, o gerenciador aciona o *middleware* responsável pelo processo de mapeamento e descrição semântica das ações de colaboração, associando um conjunto de triplas RDF a cada ação de colaboração nas comunidades.

RDFLib é uma biblioteca Python para trabalhar com RDF que inclui funções de *parse* e serialização de triplas, interfaces de comunicação para a persistência de grafos RDF em bancos de dados e uma implementação SPARQL para consultas e atualizações. RDFAlchemy é um ORM (*Object RDF Mapper*) que possibilita a manipulação de triplas RDF de forma orientada a objetos. Isto permite o desenvolvimento de classes e atributos de classes Python para o mapeamento de recursos RDF e a execução de operações

complexas em chamadas de métodos de classe.

As classes da ontologia CoPPLA foram mapeadas para classes Python e suas propriedades mapeadas para atributos de classe. As propriedades podem ser relacionamentos com outras classes ou atributos de dados, como literais, números ou data e hora. Com o propósito de contribuir para a interoperabilidade das informações da plataforma, conceitos das ontologias FOAF e SIOC também foram reutilizados para a descrição de informações do usuário e do ambiente de comunidades online.

Um usuário é representado por meio das classes *FOAF.Agent* e *FOAF.Person* e possui uma conta online associada *SIOC.OnlineAccount*, subclasse de *FOAF.OnlineAccount*. As propriedades *FOAF.firstName*, *FOAF.lastName*, *FOAF.age*, *FOAF.birthday*, *FOAF.gender*, *SIOC.avatar* e *SIOC.email* foram utilizadas para descrever as informações pessoais disponíveis na plataforma CoPPLA. Por fim, a propriedade *FOAF.topic_interest* descreve a relação de interesse de usuários por temas.

A ontologia SIOC foi reutilizada para descrever as classes *Community*, *Container*, *Item*, *Forum*, *Thread*, *Post* e as propriedades *has_container* e *container_of*. A classe *CommunityOfPractice*, da ontologia CoPPLA, é uma subsubclasse da classe *SIOC.Community* e é composta por um conjunto de espaços de colaboração do tipo *SIOC.Container*.

Todas as classes que representam os tipos de conteúdos da comunidade de prática são subclasses de *SIOC.Item*. A relação entre comunidade de prática e espaços de colaboração é representada pelas propriedades *is_part_of_community* e *is_composed_of_container*. A relação entre os espaços de colaboração e o conteúdo compartilhado nas comunidades é representada pelas propriedades *SIOC.has_container* e *SIOC.container_of*.

O *middleware* semântico faz a correspondência entre as informações da plataforma de comunidades de prática e as classes descritas na ontologia CoPPLA baseado nos tipos de dados do CMS Plone. Um comentário no fórum de uma comunidade de prática, por exemplo, tem sua descrição semântica associada à classe *SIOC.Post*. Todo conteúdo compartilhado na plataforma gera um conjunto de triplas contendo título, descrição, data e hora, local onde foi publicado e o participante responsável pelo conteúdo. Um evento de criação (*ShareAction*) também é associado ao conteúdo. A Tabela 5.1 apresenta a relação entre os tipos de dado do Plone e as classes descritas na ontologia.

Uma comunidade de prática (*CommunityOfPractice*) é constituída por um conjunto de espaços para colaboração onde os participantes podem compartilhar novidades, interagir e manter discussões, além de manter organizadas as produções coletivas e individuais. Os espaços mapeados neste trabalho são acervo, calendário, portfólio, fórum e

Tabela 5.1: Correspondência entre tipos de dados e classes da ontologia CoPPLA

<i>Tipos de dados Plone e CoPPLA</i>	<i>Classe da ontologia CoPPLA</i>
CoPATA	Minute
CoPDocument	Page
CoPEvent	Event
CoPImage	File
CoPFile	File
CoPFolder	Folder
CoPLink	Link
CoPPost	Text
PloneboardComment	SIOC.Post
Discussion Item	Review

Fonte: Elaborado pelos autores

tarefas das comunidade de prática. A Tabela 5.2 apresenta as ferramentas de colaboração e as classes correspondentes da ontologia CoPPLA. Estas classes são especializações da classe *SIOC.Container* e servem como instrumento (*instrument*) para as ações de colaboração (*Action*) na plataforma.

Tabela 5.2: Correspondência entre *containers* e classes da ontologia CoPPLA

<i>Containers da plataforma CoPPLA</i>	<i>Classe da ontologia CoPPLA</i>
Acervo	Collection
Calendario	Calendar
Portfolio	Portfolio
Forum	SIOC.Forum
Tarefas	Collection

Fonte: Elaborado pelos autores

O subconjunto das ações de colaboração, conforme apresentado na seção 5.2, são descritos na Tabela 5.3. Toda ação (*Action*) possui um agente (*FOAF.Agent*) que a executa e um contexto (*context*), data e hora (*startTime*, *endTime*) em que acontece. Uma ação pode incluir a comunidade onde ocorreu (*location*) e a ferramenta de colaboração utilizada (*instrument*) pelo agente, porém, estas informações não são obrigatórias. O gerenciador tem a capacidade de inferir a localização e a ferramenta de colaboração utilizada a partir do contexto onde a ação ocorreu e dos relacionamentos descritos na ontologia CoPPLA (*has_container*, *container_of*, *is_part_of_community* e *is_composed_of_container*).

A partir deste mapeamento é possível representar cenários de colaboração com semântica associada, por exemplo: Em uma comunidade de prática (*CommunityOfPractice*), um participante (*FOAF.Person*) acessa o acervo da comunidade (*Collection*) e compartilha (*ShareAction*) um texto (*Page*). Um segundo usuário (*FOAF.Person*) visualiza

Tabela 5.3: Correspondência entre ações de colaboração e classes da ontologia CoPPLA

<i>Ações de colaboração</i>	<i>Classe da ontologia CoPPLA</i>
Publicar textos, imagens ou arquivos	ShareAction
Iniciar conversa no fórum	AskAction
Comentar em conteúdo ou fórum	CommentAction
Responder a um comentário específico	ReplyAction
Pesquisar na comunidade	SearchAction
Acessar textos, imagens ou arquivos	ConsumeAction
Seguir usuários ou tema	FollowAction
Deixar de seguir usuários ou tema	UnFollowAction
Participar de uma comunidade	JoinAction
Deixar de participar de uma comunidade	LeaveAction

Fonte: Elaborado pelos autores

este conteúdo (*ConsumeAction*) e deixa um comentário (*CommentAction*) para seu criador. O criador por sua vez, responde o comentário (*ReplyAction*) e resolve seguir as publicações de seu par (*FollowAction*). Este cenário será descrito no Capítulo 6.

5.4 Modelo de informação de triplas

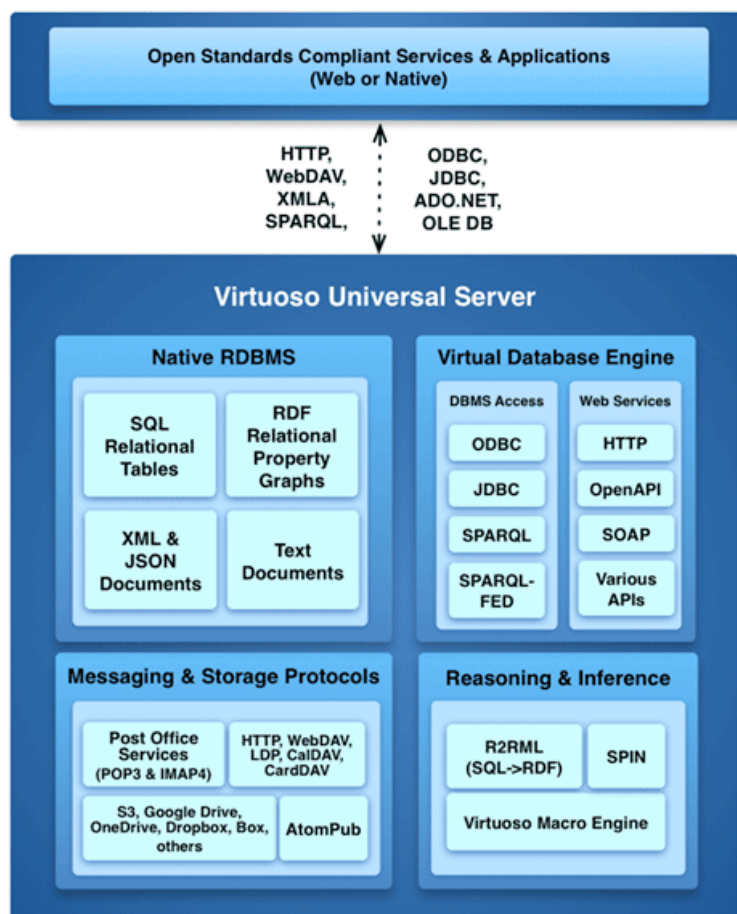
O servidor semântico utiliza os recursos de *linked data* do Openlink Virtuoso para armazenar o conjunto de triplas RDF resultantes do processo de mapeamento e descrição semântica. A Figura 5.3 apresenta a estrutura completa do servidor universal OpenLink Virtuoso. Os componentes de interesse deste trabalho são as interfaces de comunicação HTTP, SPARQL e ODBC (Open Database Connectivity), o RDBMS (*Relational Database Management System*) e seu sistema de grafos RDF, o motor do banco de dados e o sistema de raciocínio e inferência.

A comunicação entre o gerenciador de perfil e o servidor semântico acontece por meio de interfaces HTTP, SPARQL e ODBC implementadas pelo Virtuoso. O padrão ODBC permite o funcionamento independente de bancos de dados utilizando *drivers* que operam como uma camada de tradução entre a aplicação e o sistema de armazenamento. A biblioteca Python Virtuoso⁵ é utilizada para a configuração do padrão para acesso a sistemas gerenciadores de banco de dados ODBC. Python virtuoso disponibiliza um conjunto de módulos para a interação entre OpenLink Virtuoso e Python fornecendo *drivers* para as bibliotecas SQLAlchemy e RDFLib.

O gerenciamento de dados RDF do servidor universal Virtuoso é um módulo adi-

⁵<http://pythonhosted.org/virtuoso/>

Figura 5.3: Estrutura do servidor de aplicação OpenLink Virtuoso



Fonte: <https://virtuoso.openlinksw.com>

cional, dedicado, implementado sobre seu RDBMS nativo. A linguagem de consulta e protocolo SPARQL e uma coleção de web services e APIs disponibilizam às aplicações métodos para criar, atualizar e excluir dados RDF com segurança e performance (ERLING, 2001)

Por fim, o servidor semântico utiliza a capacidade de raciocínio e inferência do Virtuoso para resolver as consultas semânticas do gerenciador de perfil do usuário e disponibiliza um *endpoint* SPARQL do Virtuoso para consultas diversas.

5.5 Perfil de usuário

Conforme apresentado em Silva et al. (2012), um perfil de usuário para comunidades de prática pode ser descrito em dois níveis: estático e dinâmico. O perfil estático é formado pelas informações pessoais do usuário e seus interesses explícitos. O perfil dinâmico é composto pelas informações obtidas a partir das interações com outros usuários,

comunidades, ferramentas de colaboração e conteúdos.

O gerenciador de perfil disponibiliza uma interface para a aquisição das informações estáticas do usuário descritas com as ontologias FOAF e SIOC. A Figura 5.4 apresenta o grafo resultante de uma consulta por informações estáticas de um usuário. O perfil estático é o resultado da descrição semântica das informações preenchidas pelo usuário durante seu registro na plataforma de comunidades de prática.

Figura 5.4: Perfil estático de usuário para comunidades de prática



Fonte: Elaborado pelos autores

O perfil dinâmico, por sua vez, é o resultado das ações de interação do usuário na plataforma. A descrição semântica das ações de interação aumenta a expressividade e a capacidade de representação das informações, além de permitir raciocínio e inferências que podem ser explorados de diferentes maneiras para encontrar relações complexas distribuídas no ambiente.

A informação mais simples que pode ser recuperada desta representação é o histórico de interação do usuário. Este resultado pode ser obtido por meio de uma consulta por todas as ações (*Action*) onde o agente (*agent*) é um usuário em questão. A capacidade de representação e o aspecto dinâmico do perfil transparece quando torna-se possível associar a este histórico informações como quantidade de visualizações de determinado conteúdo, número de usuários que interagiram em um mesmo contexto, temas e conteúdos relacionados, etc. Estas consultas serão descritas em detalhes no Capítulo 6.

5.6 Considerações do capítulo

Este capítulo teve como objetivo apresentar o gerenciador de perfil dinâmico de usuário para comunidades de prática. A solução proposta para a representação das informações do usuário baseia-se na descrição semântica das informações estáticas do usuário, preenchidas de forma explícita pelos participantes das comunidades de prática, assim como na descrição semântica das ações de interação dispersas no ambiente, capturadas de forma implícita.

O aspecto tecnológico da solução foi descrito evidenciando três componentes fundamentais para o funcionamento do perfil: a comunicação com a plataforma de comunidades de prática, o gerenciador de perfil dinâmico de usuário e o servidor semântico. Em relação ao primeiro componente, as interfaces do perfil de usuário estão preparadas para comunicar-se com a plataforma de CdPs. Discutiu-se sobre as técnicas de *Web Logs* e *Page Tagging* para aquisição de informações, porém os algoritmos para acompanhar as interações dos usuários no ambiente não fizeram parte do escopo deste trabalho.

O gerenciador de perfil, por sua vez, é uma aplicação que implementa interfaces REST preparadas para receber as informações das comunidades de prática e descrevê-las com semântica associada utilizando as ontologias CoPPLA, FOAF e SIOC. O mapeamento das interações dos usuários para triplas RDF foi explicado e a relação entre os tipos de informações presentes na plataforma CoPPLA e os conceitos das ontologias foram alinhados. Finalmente, o armazenamento das triplas RDF resultantes do processo de mapeamento e descrição semântica e as consultas SPARQL à base de dados foram implementados no servidor semântico com a utilização do servidor universal OpenLink Virtuoso.

O perfil do usuário organiza as informações dispersas nas comunidades de prática em uma base de dados comum. A descrição semântica das informações pessoais do usuário e de sua interação nas comunidades de prática permite ao gerenciador de perfil representar o usuário em seus aspectos estático e dinâmico. Além disso, a reutilização das ontologias FOAF e SIOC contribuem para a interoperabilidade destas informações.

O próximo capítulo concentra-se na descrição de cenários de colaboração em comunidades de prática buscando validar a capacidade de representação e raciocínio do perfil de usuário por meio de consultas semânticas.

6 REPRESENTAÇÃO E DESCOBERTA DE CONHECIMENTO

Como prova de conceito, este capítulo pretende apresentar cenários de colaboração em comunidades de prática com o propósito de validar a capacidade de representação e descoberta de conhecimento do perfil dinâmico de usuário a partir de consultas semânticas. Para isso, serão criados usuários, comunidades, conteúdos e interações que representem o uso geral da plataforma. Espera-se, por meio da descrição semântica destas informações, representar o aspecto dinâmico e progressivo do perfil do usuário, construído a partir das interações e relacionamentos distribuídos nas comunidades de prática.

Por fim, a utilização de consultas semânticas é proposta para encontrar, desde informações estáticas do usuário e relações explícitas, até informações que não poderiam ser obtidas, de forma direta, sem o uso de ontologias, as tecnologias da web semântica e o perfil de usuário como uma base de conhecimento integrada, como relações indiretas e informações resultantes de processos de raciocínio sobre a base de triplas.

6.1 Descrição dos cenários de colaboração

As informações dos cenários de colaboração relacionadas às comunidades de prática, aos conteúdos compartilhados e às ações de criação de conteúdo serão recuperadas diretamente da plataforma de comunidades de prática por intermédio do algoritmo de *Web Log* que encontra-se em estágio de teste e validação. Porém, o código Javascript para acompanhamento do usuário e algumas funcionalidades previstas na ontologia CoP-PLA, como seguir usuários, não estão disponíveis no ambiente virtual. Por este motivo, as ações de pesquisa (*SearchAction*), consumo de conteúdo (*ConsumeAction*), seguir ou deixar de seguir usuários e temas (*FollowAction*, *UnFollowAction*) e participar ou sair de uma comunidade (*JoinAction*, *LeaveAction*), serão criadas via comandos curl¹.

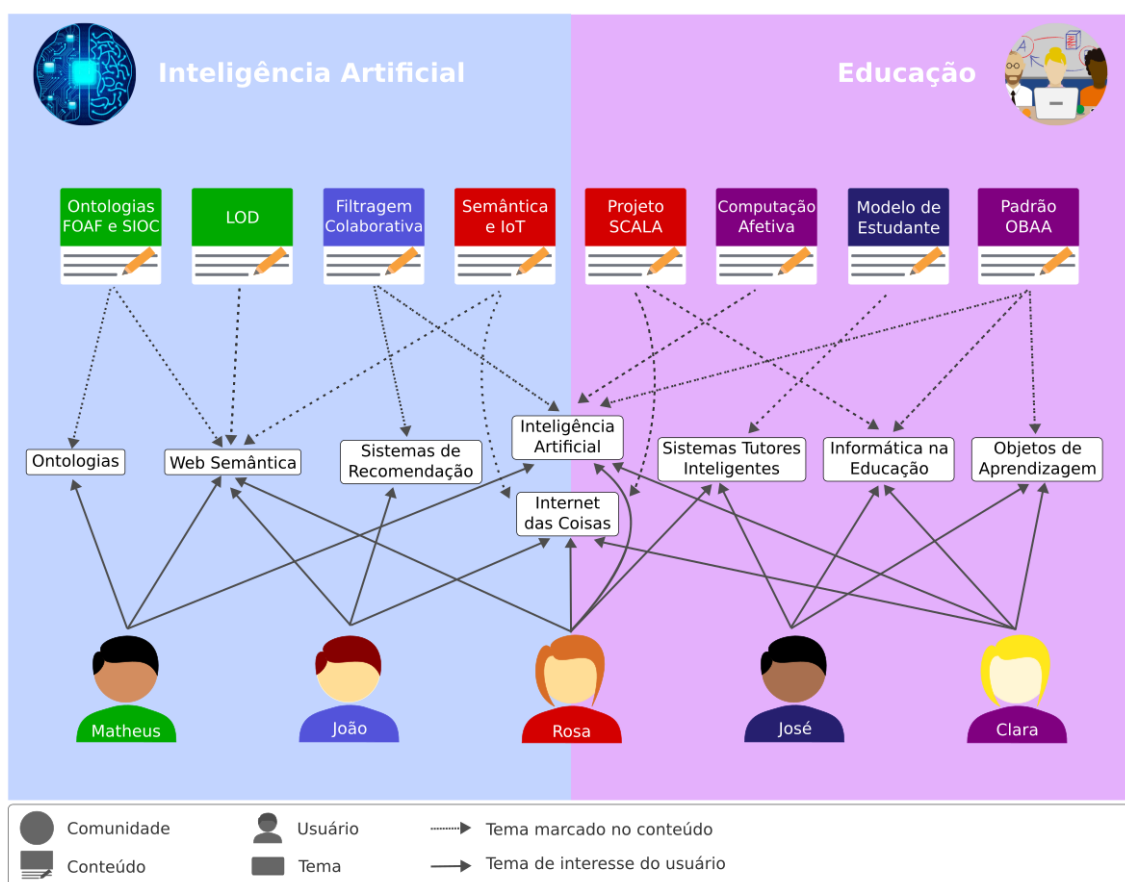
Curl² é uma ferramenta de linha de comando para a transferência de dados por URLs que suporta a transferência de conteúdo em formato JSON sobre o protocolo HTTP. Isto permite que uma requisição seja executada para incluir uma nova ação do usuário por meio de chamadas à API REST do gerenciador de perfil da mesma forma como seria executada pelo *script* de acompanhamento.

¹Comandos curl para a inclusão das ações de colaboração em comunidades de prática disponíveis em: <https://gist.github.com/matheper/01467183257e27194eb317da26cfb53e>

²<https://curl.haxx.se/>

Conjunto de informações inicial: O conjunto de informações inicial proposto é constituído por cinco usuários, duas comunidades de prática, oito conteúdos compartilhados e oito temas que serão relacionados aos conteúdos e aos interesses dos usuários. A Figura 6.1 apresenta a distribuição destas informações entre as comunidades *Inteligência Artificial* e *Educação*. O usuário *Rosa* e os temas *Inteligência Artificial* e *Internet das Coisas* fazem parte das duas comunidades simultaneamente. A relação de temas de interesse dos usuários está representada pela seta contínua. A seta pontilhada representa os temas marcados nos conteúdos. Cada conteúdo apresenta a mesma cor do usuário que o compartilhou.

Figura 6.1: Organização inicial dos cenários de colaboração nas comunidades de prática



Fonte: Elaborado pelos autores

A partir deste contexto, o servidor semântico recupera as informações estáticas e os temas de interesse dos usuários, as comunidades de prática, as ferramentas de colaboração, os conteúdos compartilhados, suas informações relacionadas como título, descrição, data de criação, agente responsável pelo compartilhamento e localização, os temas marcados nas publicações e as ações de compartilhamento correspondentes à criação de cada

conteúdo. As interações descritas nos próximos cenários ocorrem sobre este conjunto de informações inicial e tem ênfase no usuário *João*.

Cenário de colaboração 1: O primeiro cenário de colaboração está relacionado à descrição presente no Capítulo 5. Neste conjunto de interações, o participante *João* acessa o *Acervo* da comunidade *Inteligência Artificial* e inclui o conteúdo *Filtragem Colaborativa*, marcado com os temas *Sistemas de Recomendação* e *Inteligência Artificial*. Em seguida, a participante *Rosa* visualiza este conteúdo e deixa um comentário para *João*. Este comentário é respondido por *João* que resolve seguir a participante *Rosa* interessado em suas publicações³.

Cenário de colaboração 2: O segundo cenário de colaboração inicia-se com a ação de pesquisa do participante *João* pelo tema *Web Semântica*, dentre os conteúdos encontrados, *João* acessa a página *Ontologias FOAF e SIOC*. Após ler o conteúdo da página e encontrar comentários dos usuários *Matheus* e *Rosa*, *João* contribui para a discussão respondendo a um comentário de *Matheus*, que passa a seguir *João*.

Cenário de colaboração 3: Ao acessar a página com conteúdos relacionados ao tema *Internet das Coisas*, *João* encontra o conteúdo *Projeto SCALA*, compartilhado por *Rosa* e com comentários de *José* e *Clara*. Após verificar que o conteúdo encontra-se em uma comunidade da qual não faz parte, *João* decide participar da comunidade *Educação*.

Cenário de colaboração 4: Ao navegar pela comunidade *Educação*, *João* encontra o conteúdo *Padrão OBAA* e decide seguir *Clara*, criadora do conteúdo. De forma recíproca, *Clara* segue *João*. Inicia-se uma conversa entre *João* e *Clara* nos comentários deste conteúdo. *José*, que possui interesse nos temas *Informática na Educação* e *Objetos de Aprendizagem*, temas relacionados ao item *Padrão OBAA*, também participa da discussão e decide seguir *Clara* e *João*.

Estes cenários de colaboração estão descritos da perspectiva do usuário *João* e pretendem dar suporte às consultas apresentadas na próxima seção. Apesar de sua aparente simplicidade, estes cenários envolvem a descrição das informações estáticas dos usuários, os tipos de dados e ferramentas de colaboração da plataforma de comunidades de prática, os diversos relacionamentos entre as estruturas da plataforma, os conteúdos, os temas, os usuários e as ações de comunicação (*ShareAction*), acesso (*ConsumeAction*), pesquisa (*SearchAction*), comentários (*CommentAction*), respostas (*ReplyAction*), seguir usuários (*FollowAction*) e participar de comunidades de prática (*JoinAction*).

O acesso ao conteúdo *Filtragem Colaborativa*, por exemplo, gera uma única ação

³ Grafo RDF resultante do mapeamento semântico do cenário de colaboração 1 está disponível em: <https://gist.github.com/matheper/b9816950461cc8b7f623368e9515b39b>

ConsumeAction. Porém, associados a esta ação estão o agente que a executou, o contexto, data e hora, localização e ferramenta de colaboração onde o acesso ocorreu. O conteúdo compartilhado, os temas associados, a ferramenta de colaboração, no caso o *Acervo* da comunidade, assim como a própria comunidade e todos os relacionamentos entre estes itens precisam estar descritos na base de triplas RDF.

6.2 Consultas semânticas

O gerenciador de perfil dinâmico implementa interfaces que respondem à requisições por informações pessoais do usuário, seus temas de interesse, lista de seguidos e seguidores, histórico de interação e trajetória de colaboração. Para verificar a capacidade de representação e descoberta de conhecimento do perfil dinâmico de usuário serão descritas estas e outras consultas semânticas que podem ser executadas diretamente no *endpoint* SPARQL do servidor Virtuoso.

As consultas apresentadas no decorrer desta seção são referentes ao usuário *João* e estão relacionadas às informações adquiridas diretamente do perfil do usuário ou de seu histórico de interação na plataforma. Os relacionamentos com outros participantes, temas, conteúdos e ferramentas de colaboração também contribuem para a composição do perfil dinâmico do usuário e são de interesse deste trabalho. Os trechos de código para as consultas SPARQL serão apresentados seguidos por seus resultados organizados em tabelas. Todas as consultas assumem os prefixos *rdf*, *rdfs*, *foaf*, *sioc* e *coppla* apresentados no Trecho de código 6.1.

Informações pessoais do usuário: Esta consulta responde às requisições por informações do perfil estático do usuário descritas com as classes *SIOC:UserAccount* e *FOAF:Person*, incluindo os temas de interesse do usuário. A consulta genérica busca por qualquer predicado (*?predicate*, *?value*) relacionado ao usuário e sua conta online conforme selecionado na linha 7 do Trecho de código 6.1.

A busca pelos predicados descritos pelas classes *FOAF:Person* unidos aos predicados descritos pela classe *SIOC:UserAccount* encontram-se entre as linhas 11 e 19. A consulta poderia verificar explicitamente se *?user* é uma instância da classe *FOAF:Person*, porém, esta verificação ocorre de forma implícita pois restrições descritas pela ontologia FOAF assumem que apenas instâncias da classe *FOAF:Person* apresentam a propriedade *foaf:account*. A identificação do usuário para o qual espera-se encontrar os resultados está descrita na linha 22, quando a variável *?user* é associada à URI de *João*.

Trecho de código 6.1 – Informações pessoais do usuário

```

1 PREFIX rdf:<http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
2 PREFIX rdfs:<http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
3 PREFIX foaf:<http://xmlns.com/foaf/0.1/>
4 PREFIX sioc:<http://rdfs.org/sioc/ns#>
5 PREFIX coppla:<http://www.hadi.com.br/ontologies/coppla.owl#>
6
7 SELECT DISTINCT ?predicate , ?value
8 FROM <http://localhost:8000/coppla>
9 WHERE
10 {
11   {
12     ?user foaf:account ?account .
13     ?user ?predicate ?obj
14   }
15   UNION
16   {
17     ?account a sioc:UserAccount .
18     ?account ?predicate ?obj
19   }
20   OPTIONAL {
21     ?obj rdfs:label ?label .
22   }
23   BIND ( IF(?label , ?label , ?obj) AS ?value ) .
24   FILTER (
25     ?user = <http://127.0.0.1:8080/Plone/author/joao> &&
26     ?predicate != rdf:type &&
27     ?predicate != foaf:account
28   )
29 }

```

A Tabela 6.1 apresenta o resultado obtido a partir da consulta SPARQL. A descrição das informações do usuário com semântica associada contribui para a interoperabilidade da plataforma de comunidades de prática. Um agente externo que tenha permissão para acessar o endpoint SPARQL poderá executar esta consulta e será capaz de interpretar os resultados obtidos mesmo sem conhecer as estruturas internas de funcionamento e persistência de dados da plataforma CoPPLA. Ao navegar pela descrição do predicado *FOAF:topic_interest*, por exemplo, o agente, humano ou de software, poderá verificar que trata-se de algo pelo qual o usuário possui interesse. O mesmo é válido para qualquer propriedade com uma descrição formal.

Tabela 6.1: Informações pessoais do usuário com semântica associada

<i>predicate</i>	<i>value</i>
http://xmlns.com/foaf/0.1/topic_interest	Internet das Coisas
http://xmlns.com/foaf/0.1/topic_interest	Web Semântica
http://xmlns.com/foaf/0.1/topic_interest	Sistemas de Recomendação
http://xmlns.com/foaf/0.1/birthday	10-29
http://xmlns.com/foaf/0.1/gender	masculino
http://xmlns.com/foaf/0.1/age	53
http://xmlns.com/foaf/0.1/lastName	Luis
http://xmlns.com/foaf/0.1/firstName	João

Fonte: Elaborado pelos autores

Temas de interesse do usuário: Para selecionar apenas os temas de interesse dos participantes das comunidades de prática, apresentados na Tabela 6.2, pode-se pesquisar diretamente pelos tópicos de interesse descritos pela propriedade *FOAF:topic_interest*, conforme a linha 6 do Trecho de código 6.2. Nesta consulta, a busca por instâncias da classe *FOAF:Person* ocorre de forma explícita na linha 5. A palavra-chave "a" é um pseudônimo para a URI *rdf:type* que declara que um recurso é uma instância de determinada classe.

Trecho de código 6.2 – Temas de interesse do usuário

```

1 SELECT DISTINCT ?interest_uri , ?label
2 FROM <http://localhost:8000/coppla>
3 WHERE
4 {
5   ?user a foaf:Person .
6   ?user foaf:topic_interest ?interest_uri .
7   ?interest_uri rdfs:label ?label
8   FILTER(
9     ?user = <http://127.0.0.1:8080/Plone/author/joao>
10  )
11 }
```

Além dos temas de interesse, é possível selecionar outros temas e usuários que seguem ou são seguidos pelo participante por meio das ações de *FollowAction*. Também é possível selecionar os conteúdos que são categorizados com temas de interesse do participante. Estas informações, combinadas aos interesses explícitos dos usuários e seus acessos aos conteúdos, podem descrever interesses distribuídos nas redes de relacionamentos formadas durante as interações dos participantes de comunidades de prática e até identificar a relevância de usuários, temas ou conteúdos de forma personalizada.

Tabela 6.2: Temas de interesse do participante

<i>interest_uri</i>	<i>label</i>
http://127.0.0.1:8080/Plone/viewCoPtag?Subject=Web%20Sem%C3%A2ntica	Web Semântica
http://127.0.0.1:8080/Plone/viewCoPtag?Subject=Internet%20das%20Coisas	Internet das Coisas
http://127.0.0.1:8080/Plone/viewCoPtag?Subject=Sistemas%20de%20Recomenda%C3%A7%C3%A3o	Sistemas de Recomendação

Fonte: Elaborado pelos autores

Participantes com temas de interesse em comum: A consulta descrita no Trecho de código 6.3 relaciona *João* e outros usuários baseada nos temas de interesse individuais. A linha 1 seleciona dois participantes e o tema de interesse em comum. Os participantes são instâncias da classe *FOAF:Person*, encontrados nas linhas 5 e 8, e compartilham um mesmo tema de interesse, linhas 6 e 9.

Trecho de código 6.3 – Participantes com temas de interesse em comum

```

1 SELECT DISTINCT ?participant_1 , ?participant_2 , ?common_interest
2 FROM <http://localhost:8000/coppla>
3 WHERE
4 {
5     ?user a foaf:Person .
6     ?user foaf:topic_interest ?topic .
7     ?user foaf:firstName ?participant_1 .
8     ?other a foaf:Person .
9     ?other foaf:topic_interest ?topic .
10    ?other foaf:firstName ?participant_2 .
11    ?topic rdfs:label ?common_interest
12    FILTER(
13        ?user = <http://127.0.0.1:8080/Plone/author/joao> &&
14        ?user != ?other
15    )
16 }
```

A Tabela 6.3 apresenta os primeiros nomes dos usuários, descritos pela propriedade *FOAF:firstName*, linhas 7 e 10, e a descrição textual dos temas de interesse em comum, descrito pela propriedade *RDF-S:label*, linha 11. Estas relações de interesses podem ser utilizadas, por exemplo, por sistemas de recomendação para cálculo de similaridade de usuários. Em um contexto de aprendizagem colaborativa, encontrar e aproximar usuários com interesses em comum pode contribuir para o engajamento em atividades co-

laborativas.

Tabela 6.3: Lista de participantes associados aos temas de interesse do usuário

<i>participant_1</i>	<i>participant_2</i>	<i>common_interest</i>
João	Rosa	Web Semântica
João	Rosa	Internet das Coisas
João	Matheus	Web Semântica
João	Clara	Internet das Coisas

Fonte: Elaborado pelos autores

Temas de usuários com interesses semelhantes: Os interesses dos participantes podem ser explorados para encontrar e sugerir novos relacionamentos entre temas e usuários. O Trecho de código 6.4 descreve a pesquisa por temas de participantes que compartilham interesses em comum para encontrar e sugerir temas que não fazem parte do conjunto de interesses de um determinado usuário.

A consulta SPARQL foi construída selecionando dois usuários que compartilham um interesse em comum, entre as linhas 5 e 8, conforme a consulta anterior. Após, um segundo tema é selecionado de usuários com interesses em comum para uma possível recomendação ao primeiro, linha 9. Caso este tema não esteja entre os interesses do participante, linha 11, este conteúdo é apresentado como parte dos resultados.

Trecho de código 6.4 – Temas de usuários com interesses em comum

```

1 SELECT DISTINCT ?other , ?topic_label
2 FROM <http://localhost:8000/coppla>
3 WHERE
4 {
5   ?user a foaf:Person .
6   ?user foaf:topic_interest ?topic .
7   ?other a foaf:Person .
8   ?other foaf:topic_interest ?topic .
9   ?other foaf:topic_interest ?topic_rec .
10  ?topic_rec rdfs:label ?topic_label
11  FILTER NOT EXISTS{ ?user foaf:topic_interest ?topic_rec }
12  FILTER(
13    ?user = <http://127.0.0.1:8080/Plone/author/joao>
14  )
15 }
16 ORDER BY ?topic_rec

```

A Tabela 6.4 apresenta possíveis recomendações de temas que não fazem parte dos interesses do participante *João*. Os relacionamentos nas CdPs também podem ser empre-

gados para evidenciar a relevância de temas, conteúdos ou usuário. A recomendação do tema *Inteligência Artificial*, por exemplo, pode ser reforçada uma vez que faz parte das preferências de três participantes com interesses semelhantes aos de João.

Tabela 6.4: Temas de participantes com interesses semelhantes

<i>other</i>	<i>topic_label</i>
http://127.0.0.1:8080/Plone/author/clara	Informática na Educação
http://127.0.0.1:8080/Plone/author/rosa	Inteligência Artificial
http://127.0.0.1:8080/Plone/author/matheus	Inteligência Artificial
http://127.0.0.1:8080/Plone/author/clara	Inteligência Artificial
http://127.0.0.1:8080/Plone/author/clara	Objetos de Aprendizagem
http://127.0.0.1:8080/Plone/author/matheus	Ontologias
http://127.0.0.1:8080/Plone/author/rosa	Sistemas Tutores Inteligentes

Fonte: Elaborado pelos autores

Temas de conteúdos marcados com interesses do usuário: As relações entre usuário e temas também podem ser combinadas em contextos específicos das CdPs. Os temas marcados em conteúdos, por exemplo, podem ser fontes de informações que derivam em novas sugestões de relacionamentos. A consulta SPARQL que segue apresenta sugestões de temas de conteúdos que são marcados com pelo menos um interesse do participante, conforme a Tabela 6.5.

Os dois primeiros padrões de triplas, linhas 5 e 6 do Trecho de código 6.5, buscam usuários e seus temas de interesse. Após, a tripla (*?resource coppla:has_subject ?topic*), linha 7, recupera os conteúdos marcados com os tema de interesse do usuário e, na linha 8, encontra todos os outros temas marcados em cada conteúdo selecionado anteriormente. Estes temas são então filtrados. Caso não exista uma tripla que descreva o interesse do participante pelo tema recuperado, linhas 10 a 12, este tema é incluído à lista de possíveis sugestões.

Trecho de código 6.5 – Temas de conteúdos de interesse do usuário

```

1 SELECT DISTINCT ?resource , ?topic_label
2 FROM <http://localhost:8000/coppla>
3 WHERE
4 {
5   ?user a foaf:Person .
6   ?user foaf:topic_interest ?topic .
7   ?resource coppla:has_subject ?topic .
8   ?resource coppla:has_subject ?new_topic .
9   ?new_topic rdfs:label ?topic_label
10  FILTER NOT EXISTS{

```



```

11     ?user foaf:topic_interest ?new_topic
12   }
13   FILTER (
14     ?user = <http://127.0.0.1:8080/Plone/author/joao>
15   )
16 }
17 GROUP BY ?topic

```

A principal diferença entre esta consulta e as anteriores é a fonte para recuperação das informações que deixa de ser outros usuários e passa a ser os recursos compartilhados nas comunidades de prática. Todavia, o papel dos demais participantes de CdPs segue fundamental para a construção de um ambiente rico em informações, propício à descoberta de novos conhecimentos e que contribui para a construção dinâmica de perfis individuais. Nesta perspectiva, esta consulta poderia ser ordenada conforme a relevância para usuários similares combinando-a com as consultas apresentadas anteriormente.

Tabela 6.5: Temas relacionados aos conteúdos de interesse do participante

<i>resource</i>	<i>topic_label</i>
http://127.0.0.1:8080/Plone/comunidades/inteligencia-artificial/acervo/ontologias-foaf-e-sioc	Ontologias
http://127.0.0.1:8080/Plone/comunidades/educacao/acervo/projeto-scala	Informática na Educação
http://127.0.0.1:8080/Plone/comunidades/inteligencia-artificial/acervo/filtragem-colaborativa	Inteligência Artificial

Fonte: Elaborado pelos autores

Conteúdos marcados com temas de interesse do usuário: Para os participantes de CdPs, acompanhar a produção da comunidade e manter-se informados é importante para o engajamento e o sentimento de pertencer ao grupo. O Trecho de código 6.6 busca por conteúdos marcados com temas de interesse do usuário em que ele não tenha executado ações de visualização, comentários ou qualquer outra forma de interação prevista pela ontologia CoPPLA.

O participante e seus interesses são recuperados nas linhas 5 e 6. A linha 7 encontra os recursos compartilhados nas comunidades de prática marcados com os temas de interesse do usuário. A condição para apresentar somente conteúdos onde o participante não interagiu é garantida pelo filtro de subclasses de *Action*, entre as linhas 9 e 14, que desconsidera conteúdos onde existam triplas que descrevam ações do usuário naquele contexto. Finalmente, nas linhas 17 e 18, caso um conteúdo apresente mais de um tema de interesse associado, os resultados são agrupados e ordenados por recurso.

Trecho de código 6.6 – Conteúdos marcados com temas de interesse do usuário

```

1 SELECT DISTINCT ?resource , ?topic_label
2 FROM <http://localhost:8000/coppla>
3 WHERE
4 {
5   ?user a foaf:Person .
6   ?user foaf:topic_interest ?topic .
7   ?resource coppla:has_subject ?topic .
8   ?topic rdfs:label ?topic_label .
9   FILTER NOT EXISTS{
10    ?action coppla:context ?resource .
11    ?action a ?type .
12    ?type rdfs:subClassOf* coppla:Action .
13    ?action coppla:agent ?user
14  }
15  FILTER( ?user = <http://127.0.0.1:8080/Plone/author/joao> )
16 }
17 GROUP BY ?resource
18 ORDER BY ?resource

```

A tripla (*?type rdfs:subClassOf* coppla:Action*), linha 12, pesquisa por ações que são subclasses de *Action* por meio do predicado *rdfs:subClassOf*. O operador "*" inclui todos os níveis de subclasses por transitividade. Assim, uma ação de comentário (*CommentAction*), subclasse de ação de comunicação (*CommunicateAction*), que por sua vez é subclasse de ação de interação (*InteractAction*), subclasse de ação (*Action*) é considerada também, por transitividade, subclasse de ação (*Action*).

A Tabela 6.6 apresenta a lista de conteúdos marcados com temas de interesse do usuário em que ele não tenha interagido. Estes resultados podem ser utilizados para recomendar conteúdos ou enfatizá-los nas ferramentas de colaboração, na *timeline* das comunidades de prática ou em resumos de novidades diárias.

Tabela 6.6: Conteúdos marcados com temas de interesse do participante

<i>resource</i>	<i>topic_label</i>
http://127.0.0.1:8080/Plone/comunidades/inteligencia-artificial/acervo/lod	Web Semântica
http://127.0.0.1:8080/Plone/comunidades/inteligencia-artificial/acervo/semantica-e-iot	Internet das Coisas
http://127.0.0.1:8080/Plone/comunidades/inteligencia-artificial/acervo/semantica-e-iot	Web Semântica

Ações do usuário: O perfil dinâmico do usuário evolui conforme as interações e as definições de novos relacionamentos nas comunidades de prática. Por isso, manter o histórico das ações dos participantes é um importante mecanismo para compreender o usuário e, conseqüentemente, o uso da plataforma e de suas ferramentas de colaboração. A consulta SPARQL descrita no Trecho de código 6.7 pesquisa por todas as ações do usuário (*?action_type*) mostrando o contexto (*?context*), a ferramenta de colaboração (*?container*), a comunidade de prática (*?community*) e o momento (*?datetime*) em que ocorreram.

De modo semelhante às consultas anteriores, entre as linhas 7 e 13 são selecionados o usuário e suas ações na plataforma. Esta consulta também utiliza-se da transitividade para encontrar subclasses da classe *Action*, linha 12. O contexto onde a ação ocorreu, ou seja, o conteúdo, ferramenta de colaboração, comunidade, ou qualquer outro local onde o usuário tenha interagido é selecionado na linha 9. O momento em que a ação ocorreu é recuperado pela propriedade *startTime*, com a tripla presente na linha 10.

A consulta semântica tenta identificar a comunidade e a ferramenta de colaboração onde a ação ocorreu, entre as linhas 15 e 29, por meio das propriedades *is_part_of_community* e *SIOC:container_of*, beneficiando-se da descrição formal da estrutura das CdPs. Porém, estas informações são opcionais uma vez que o servidor semântico também armazena ações que ocorrem em contextos externos ao domínio das comunidades de prática, como o acesso a uma página de perfil de usuário ou de um tema específico, espaços que transcendem o alcance de uma única comunidade de prática.

Trecho de código 6.7 – Ações do usuário nas comunidades de prática

```

1 SELECT DISTINCT ?context , ?container , ?community ,
2                 ?datetime , ?action_type
3 FROM <http://localhost:8000/coppla>
4
5 WHERE
6 {
7   ?user a foaf:Person .
8   ?action coppla:agent ?user .
9   ?action coppla:context ?context .
10  ?action coppla:startTime ?datetime .
11  ?action rdf:type ?type .
12  ?type rdfs:subClassOf* coppla:Action .
13  ?type rdfs:label ?action_type .
14

```

```

15  OPTIONAL {
16      ?container sioc:container_of ?context .
17      ?container coppla:is_part_of_community ?community
18  }
19  OPTIONAL {
20      ?context rdf:type sioc:Container .
21      BIND (?context AS ?container) .
22      ?context coppla:is_part_of_community ?community
23  }
24  OPTIONAL {
25      ?context rdf:type coppla:CommunityOfPractice .
26      BIND (
27          ?context AS ?community
28      )
29  }
30
31  FILTER(
32      ?user = <http://127.0.0.1:8080/Plone/author/joao>
33  )
34  }
35  ORDER BY (?datetime)

```

A partir desta consulta, é possível acompanhar a trajetória do usuário na plataforma e disponibilizar ferramentas para a visualização destas informações aos moderadores das comunidades de prática. A formalização dos relacionamentos a partir da ontologia CoPPLA ainda permite a associação de outras informações relevantes à análise de quem organiza e é responsável por manter a comunidade engajada, como a popularidade de um determinado conteúdo baseada nos acessos dos usuários. Novamente, o aspecto dinâmico das interações influencia o resultado de consultas mais complexas.

A Tabela 6.7 apresenta o conjunto de ações do usuário *João* na plataforma de comunidades de prática, incluindo o contexto e o momento em que ocorreram. As ferramentas de colaboração e as CdPs foram omitidas nesta tabela para facilitar a visualização das ações descritas nos cenários de colaboração. A lista ordenada das ações do usuário engloba o acesso (Consume Action) e o compartilhamento (Share Action) de conteúdos, comentários (Comment Action) e respostas (Reply Action), pesquisas (Share Action), ações de seguir usuários (Follow Action) e a ação de participar de uma nova comunidade (Join Action).

Tabela 6.7: Ações do usuário nas comunidades de prática

<i>context</i>	<i>datetime</i>	<i>action_type</i>
http://127.0.0.1:8080/Plone/comunidades/inteligencia-artificial	2017-11-21T 18:52:19.259426	Consume Action
http://127.0.0.1:8080/Plone/comunidades/inteligencia-artificial/acervo	2017-11-21T 18:53:19.259426	Consume Action
http://127.0.0.1:8080/Plone/comunidades/inteligencia-artificial/acervo/filtragem-colaborativa	2017-11-21T 18:58:00.259426	Consume Action
http://127.0.0.1:8080/Plone/comunidades/inteligencia-artificial/acervo/filtragem-colaborativa	2017-11-21T 19:07:00.000000	Consume Action
http://127.0.0.1:8080/Plone/comunidades/inteligencia-artificial/acervo/filtragem-colaborativa	2017-11-21T 19:11:00.000000	Share Action
http://127.0.0.1:8080/Plone/comunidades/inteligencia-artificial/acervo/filtragem-colaborativa	2017-11-21T 19:12:00.000000	Follow Action
http://127.0.0.1:8080/Plone/comunidades/inteligencia-artificial	2017-11-21T 19:47:00.000000	Consume Action
http://127.0.0.1:8080/Plone/comunidades/inteligencia-artificial	2017-11-21T 19:48:00.000000	Search Action
http://127.0.0.1:8080/Plone/comunidades/inteligencia-artificial/acervo/ontologias-foaf-e-sioc	2017-11-21T 19:49:00.000000	Consume Action
http://127.0.0.1:8080/Plone/comunidades/inteligencia-artificial/acervo/filtragem-colaborativa	2017-11-21T 21:11:00.000000	Reply Action
http://127.0.0.1:8080/Plone/comunidades/inteligencia-artificial/acervo/ontologias-foaf-e-sioc	2017-11-21T 21:54:00.000000	Reply Action
http://127.0.0.1:8080/Plone/comunidades/educacao/acervo/projeto-scala	2017-11-21T 23:04:00.000000	Consume Action
http://127.0.0.1:8080/Plone/comunidades/educacao	2017-11-21T 23:05:00.000000	Consume Action
http://127.0.0.1:8080/Plone/comunidades/educacao	2017-11-21T 23:10:00.000000	Join Action
http://127.0.0.1:8080/Plone/comunidades/educacao/acervo/padrao-obaa	2017-11-21T 23:14:00.000000	Consume Action
http://127.0.0.1:8080/Plone/comunidades/educacao/acervo/padrao-obaa	2017-11-21 T23:16:00.000000	Follow Action
http://127.0.0.1:8080/Plone/comunidades/educacao/acervo/padrao-obaa	2017-11-22T 01:21:00.000000	Comment Action
http://127.0.0.1:8080/Plone/comunidades/educacao/acervo/padrao-obaa	2017-11-22T 01:29:00.000000	Comment Action

Fonte: Elaborado pelos autores

Ações de comunicação do usuário: Especializando a consulta anterior, é possível selecionar apenas as ações de comunicação do usuário. Diferente de um simples acesso ou pesquisa, as ações de comunicação geram resultados que são fontes de informação para outros participantes das comunidades de prática. As ações de comunicação compreendem as ações de compartilhamento de conteúdos, comentários, perguntas e respostas, implementadas neste trabalho, e convites e notificação, ações que estão além do escopo desta dissertação.

O Trecho de código 6.8 pesquisa por ações que são subclasses de *CommunicateAction*, conforme linha 6, para selecionar apenas as ações de comunicação previstas na ontologia CoPPLA. Informações complementares, para encontrar a comunidade de prática, a ferramenta de colaboração, ou outras relações relevantes, também podem ser incluídas à consulta de maneira semelhante as apresentadas anteriormente.

Trecho de código 6.8 – Ações de comunicação do usuário

```

1 SELECT DISTINCT ?context ?datetime ?action_label
2 FROM <http://localhost:8000/coppla>
3 WHERE
4 {
5   ?action rdf:type ?type .
6   ?type rdfs:subClassOf* coppla:CommunicateAction .
7   ?action coppla:context ?context .
8   ?action coppla:agent ?user .
9   ?action coppla:startTime ?datetime .
10  ?type rdfs:label ?action_label
11  FILTER(
12    ?user = <http://127.0.0.1:8080/Plone/author/joao>
13  )
14 }
15 ORDER BY (?datetime)

```

A Tabela 6.8 apresenta a lista de ações de comunicação (*action_label*) do usuário *João*, o contexto (*context*) e o momento em que ocorreram (*datetime*). Estes resultados descrevem a trajetória individual de produção de conteúdo, importante para compreender a forma como os usuários interagem com o ambiente. Contudo, não relaciona esta informações aos outros participantes das comunidades de prática, uma característica importante quando considerada a aprendizagem social e a colaboração e troca de experiências como base para a construção do conhecimento em CdPs. Estes relacionamentos serão analisados nas próximas consultas semânticas.

Tabela 6.8: Ações de comunicação do usuário

<i>context</i>	<i>datetime</i>	<i>action_label</i>
http://127.0.0.1:8080/Plone/comunidades/inteligencia-artificial/acervo/filtragem-colaborativa	2017-11-21T19:11:00.000000	Share Action
http://127.0.0.1:8080/Plone/comunidades/inteligencia-artificial/acervo/filtragem-colaborativa	2017-11-21T21:11:00.000000	Reply Action
http://127.0.0.1:8080/Plone/comunidades/inteligencia-artificial/acervo/ontologias-foaf-e-sioc	2017-11-21T21:54:00.000000	Reply Action
http://127.0.0.1:8080/Plone/comunidades/educacao/acervo/padrao-obaa	2017-11-22T01:21:00.000000	Comment Action
http://127.0.0.1:8080/Plone/comunidades/educacao/acervo/padrao-obaa	2017-11-22T01:29:00.000000	Comment Action

Fonte: Elaborado pelos autores

Interações entre usuários A proposta desta consulta é relacionar os participantes de comunidades de prática de acordo com suas interações em um mesmo contexto. Para tal, a pesquisa considera todas as ações dos usuários, incluindo acesso aos conteúdos e pesquisas, ações que não resultam em informações acessíveis por seus pares.

O Trecho de código 6.9 seleciona, entre as linhas 4 e 7, as ações do usuário *João*. Após, entre as linhas 10 e 14, são recuperadas as demais interações executadas por outros usuários em um mesmo contexto. O filtro da consulta, linhas 16 e 17, garante que as ações não possuam um mesmo participante responsável por sua execução. Assim, busca-se apenas contextos onde mais de um participante tenha interagido, entre eles *João*, conforme a Tabela 6.9.

Trecho de código 6.9 – Interações entre usuários

```

1 SELECT DISTINCT ?context_title ?joao_action ?user2 ?action2
2 FROM <http://localhost:8000/coppla>
3 WHERE{
4   ?action coppla:context ?context .
5   ?action coppla:agent ?user .
6   ?action rdf:type ?type1 .
7   ?type1 rdfs:label ?joao_action .
8   ?action coppla:startTime ?datetime .
9   ?context coppla:title ?context_title .
10  ?other_action coppla:context ?context .
11  ?other_action coppla:agent ?other_user .

```

```

12  ?other_action rdf:type ?type2 .
13  ?type2 rdfs:label ?action2 .
14  ?other_user foaf:firstName ?user2 .
15  FILTER(
16    ?user = <http://127.0.0.1:8080/Plone/author/joao> &&
17    ?user != ?other_user )
18  }
19  ORDER BY(?datetime)

```

Tabela 6.9: Interações entre usuários

<i>context_title</i>	<i>joao_action</i>	<i>user2</i>	<i>action2</i>
Filtragem Colaborativa	Consume Action	Rosa	Comment Action
Filtragem Colaborativa	Consume Action	Rosa	Consume Action
Filtragem Colaborativa	Share Action	Rosa	Comment Action
Filtragem Colaborativa	Share Action	Rosa	Consume Action
Filtragem Colaborativa	Follow Action	Rosa	Comment Action
Filtragem Colaborativa	Follow Action	Rosa	Consume Action
Ontologias FOAF e SIOC	Consume Action	Matheus	Comment Action
Ontologias FOAF e SIOC	Consume Action	Matheus	Consume Action
Ontologias FOAF e SIOC	Consume Action	Matheus	Follow Action
Ontologias FOAF e SIOC	Consume Action	Rosa	Reply Action
Ontologias FOAF e SIOC	Consume Action	Matheus	Share Action
Filtragem Colaborativa	Reply Action	Rosa	Comment Action
Filtragem Colaborativa	Reply Action	Rosa	Consume Action
Ontologias FOAF e SIOC	Reply Action	Matheus	Comment Action
Ontologias FOAF e SIOC	Reply Action	Matheus	Consume Action
Ontologias FOAF e SIOC	Reply Action	Matheus	Follow Action
Ontologias FOAF e SIOC	Reply Action	Rosa	Reply Action
Ontologias FOAF e SIOC	Reply Action	Matheus	Share Action
Projeto SCALA	Consume Action	José	Comment Action
Projeto SCALA	Consume Action	Clara	Comment Action
Projeto SCALA	Consume Action	Rosa	Share Action
Padrão OBAA	Consume Action	Clara	Comment Action
Padrão OBAA	Consume Action	José	Follow Action
Padrão OBAA	Consume Action	José	Reply Action
Padrão OBAA	Consume Action	Clara	Share Action
Padrão OBAA	Follow Action	Clara	Comment Action
Padrão OBAA	Follow Action	José	Follow Action
Padrão OBAA	Follow Action	José	Reply Action
Padrão OBAA	Follow Action	Clara	Share Action
Padrão OBAA	Comment Action	Clara	Comment Action
Padrão OBAA	Comment Action	José	Follow Action
Padrão OBAA	Comment Action	José	Reply Action
Padrão OBAA	Comment Action	Clara	Share Action

A Tabela 6.9 apresenta o conjunto de ações do usuário *João* (*joao_action*), o contexto (*context*) e a relação entre estas ações e outros usuários (*user2*) que interagiram neste mesmo contexto (*action2*). O resultado é o conjunto das combinações das interações dos usuários. Em vista disso, algumas ações estão duplicadas, uma vez que foram combinadas em pares.

Esta consulta implica em algum nível de interação entre os usuários, entretanto, não permite afirmar que houve colaboração entre os participantes de comunidades de prática. O acesso de diferentes usuários a um mesmo recurso, por exemplo, faz parte destes resultados, mas não pode ser considerado uma ação de colaboração, mesmo que os usuários se beneficiem do conteúdo ao acessá-lo.

Ações de comunicação entre usuários: Avançando em questões relacionadas a identificação de colaboração em comunidades de prática, a consulta a seguir pretende relacionar usuários em contextos onde mais de um participante tenha interagido por meio de ações de comunicação (*CommunicateAction*), subclasse de ação (*Action*) na ontologia CoPPLA.

De acordo com o Modelo de Colaboração 3C (Comunicação, Coordenação e Cooperação), para colaborar os indivíduos precisam trocar informações (comunicação), operar em conjunto em um ambiente compartilhado (cooperação) e organizar-se (coordenação), atribuindo responsabilidades e supervisionando uns aos outros (FUKS et al., 2003). A colaboração compreende, então, reciprocidade e interdependência entre pares.

No contexto deste trabalho e a partir da definição do Modelo 3C, a trajetória de colaboração de um usuário será definida como o conjunto histórico de ações de comunicação entre participantes de comunidades de prática em um mesmo contexto. A disponibilidade de diferentes ferramentas para colaboração, assim como a capacidade de compartilhar e acessar conteúdos nas CdPs, conferem os recursos necessários para a comunicação e a cooperação entre os usuários.

A coordenação ocorre de forma implícita por meio da organização das ferramentas e estruturas das CdPs e dos compromissos, convenções e vocabulários definidos pelos próprios participantes durante a comunicação. Adicionalmente, o acompanhamento das ações dos usuários pelos moderadores pode contribuir para a coordenação e a facilitação das atividades nas comunidades de prática.

O Trecho de código 6.10 pesquisa por ações de comunicação entre usuários em um mesmo contexto. As linhas 5 e 6 selecionam as ações de comunicação do usuário *João*. A linha 7 encontra o contexto e a linha 13 o momento em que as ações ocorreram. Entre

as linhas 14 e 20 são relacionados os participantes e as ações de comunicação associadas aos mesmos contextos onde *João* interagiu. Os resultados são ordenados conforme as ações ocorreram na plataforma, linha 26, a partir da informação recuperada pela linha 13 da consulta SPARQL.

Trecho de código 6.10 – Ações de comunicação entre usuários

```

1 SELECT DISTINCT ?context_title ?user1 ?action1 ?user2 ?action2
2 FROM <http://localhost:8000/coppla>
3 WHERE
4 {
5   ?action rdf:type ?type .
6   ?type rdfs:subClassOf* coppla:CommunicateAction .
7   ?action coppla:context ?context .
8   ?context coppla:title ?context_title .
9   ?action coppla:agent ?user .
10  ?user foaf:firstName ?user1 .
11  ?action rdf:type ?type1 .
12  ?type1 rdfs:label ?action1 .
13  ?action coppla:startTime ?datetime .
14  ?other_action coppla:context ?context .
15  ?other_action rdf:type ?type2 .
16  ?type2 rdfs:subClassOf* coppla:CommunicateAction .
17  ?other_action coppla:agent ?other_user .
18  ?other_user foaf:firstName ?user2 .
19  ?other_action rdf:type ?type2 .
20  ?type2 rdfs:label ?action2
21  FILTER(
22    ?user = <http://127.0.0.1:8080/Plone/author/joao> &&
23    ?user != ?other_user
24  )
25 }
26 ORDER BY(? datetime)

```

A Tabela 6.10 apresenta os contextos (*context_title*), os usuários (*user1* e *user2*) e suas respectivas ações de comunicação (*action1* e *action2*) nas comunidades de prática. Nesta consulta, as relações entre os participantes tornam-se evidentes, destacando os usuários que interagiram com *João* ao mesmo tempo que descrevem o percurso seguido pelo participante ao navegar pelo ambiente. Desta maneira, a trajetória de colaboração de um usuário é inferida a partir dos relacionamentos entre os participantes em um mesmo conteúdo, seja por meio de compartilhamentos ou discussões sobre o recurso.

Tabela 6.10: Ações de comunicação entre usuários

<i>context_title</i>	<i>user1</i>	<i>action1</i>	<i>user2</i>	<i>action2</i>
Filtragem Colaborativa	João	Share	Rosa	Comment Action
Filtragem Colaborativa	João	Reply	Rosa	Comment Action
Ontologias FOAF e SIOC	João	Reply	Matheus	Comment Action
Ontologias FOAF e SIOC	João	Reply	Rosa	Reply Action
Ontologias FOAF e SIOC	João	Reply	Matheus	Share Action
Padrão OBAA	João	Comment	Clara	Comment Action
Padrão OBAA	João	Comment	Clara	Share Action
Padrão OBAA	João	Comment	José	Reply Action

Fonte: Elaborado pelos autores

A definição desta consulta permite acompanhar a trajetória de colaboração na perspectiva de usuários individualmente, porém, a associação com as demais atividades colaborativas nos diversos contextos de uma CdP, representa a produção coletiva dos participantes e da própria comunidade de prática, transparecendo sua prática e domínio.

6.3 Considerações do capítulo

Este capítulo propôs cenários de colaboração e consultas semânticas para validar, conceitualmente, a capacidade de representação, recuperação e descoberta de conhecimento do perfil dinâmico de usuário desenvolvido a partir das tecnologias da web semântica e alinhado às ontologias CoPPLA, FOAF e SIOC.

Um conjunto de dados inicial foi criado e carregado no servidor semântico por meio do gerenciador de perfil, verificando seu funcionamento geral e a integração entre a plataforma de comunidades de prática, o gerenciador de perfil e o servidor Virtuoso. O conjunto das ações dos usuários também foi incluído ao servidor semântico utilizando-se as APIs implementadas pelo gerenciador.

A definição das consultas SPARQL levaram em consideração os aspectos estáticos dos usuários e, sobretudo, o aspecto dinâmico da construção de um perfil que evolui conforme interage com a comunidade de prática, suas ferramentas de colaboração e participantes. Desta forma, o perfil mantém informações dinâmicas que estão relacionadas

não somente ao usuário, mas também a sua rede de relacionamentos e trajetória de colaboração no ambiente de CdPs.

Finalmente, o perfil de usuário integra informações de diferentes complementos das comunidades de prática em uma base de conhecimento unificada. A utilização das ontologias para a descrição destas informações foi explorada para encontrar relações implícitas por meio de inferências que resultam em conhecimento além do representado diretamente pelo conjunto de triplas RDF. Adicionalmente, as tecnologias da web semântica conferem à plataforma de comunidades de prática maior interoperabilidade das informações, alcançando 4 estrelas na classificação de dados abertos conectados (ISOTANI; BITTENCOURT, 2015).

7 CONCLUSÃO

Este capítulo apresentará uma revisão dos objetivos deste trabalho e a síntese das atividades realizadas durante o seu desenvolvimento. Após, será discutido como o perfil dinâmico de usuário e o servidor semântico contribuiram para as comunidades de prática. Por fim, serão apontadas as novas possibilidades criadas a partir da utilização da web semântica para a formalização do conhecimento em comunidades de prática e os desafios de futuras pesquisas.

7.1 Revisão dos objetivos

Esta revisão pretende organizar as principais atividades desenvolvidas em função dos objetivos específicos e geral apresentados no capítulo de introdução desta dissertação. Associando os conceitos de comunidades de prática, perfil de usuário e web semântica, o trabalho foi conduzido orientado pela seguinte questão de pesquisa:

"É possível, por meio de tecnologias da web semântica e ontologias, construir uma base de conhecimento capaz de capturar o aspecto dinâmico e distribuído das interações em comunidades de prática a fim de construir um perfil de usuário que identifique suas preferências e formas de relacionamento nestes ambientes?"

Apoiado na hipótese de que a representação formal das interações em comunidades de prática é capaz de encontrar relações complexas entre as próprias comunidades, seus conteúdos e seus participantes, os seguintes objetivos específicos foram definidos:

1. Mapear os relacionamentos entre as comunidades de prática, as ferramentas de colaboração, os conteúdos, os participantes e suas interações;
2. Propor uma representação semântica para o conhecimento construído em comunidades de prática;
3. Estabelecer serviços e interfaces para a aquisição, persistência e recuperação das informações relacionadas ao perfil do usuário.

O primeiro objetivo específico foi alcançado durante a etapa de mapeamento e descrição semântica das ações de colaboração, descrita na Seção 5.3 desta dissertação. Este mapeamento constrói triplas RDF que descrevem as comunidades de prática, as ferramentas de colaboração, os conteúdos, os participantes e suas interações no ambiente utilizando as ontologias CoPPLA, FOAF e SIOC, conforme apresentado na Seção 4.3.

O segundo objetivo específico está, em parte, na Seção 3.3 e diluído em todo o Capítulo 5. A representação semântica proposta utiliza as ontologias supracitadas para descrever o ambiente de comunidades de prática. Esta informação é arranjada em triplas RDF e armazenada em um servidor semântico que, em primeira instância, é o servidor de aplicação *Openlink Virtuoso*. Entretanto, este servidor pode ser facilmente substituído através da configuração de parâmetros de conexão do gerenciador de perfil dinâmico de usuário.

Esta característica só é possível devido ao terceiro objetivo específico. O gerenciador de perfil dinâmico foi desenvolvido para fazer o intercâmbio entre a plataforma de comunidades de prática e o servidor semântico. O gerenciador possui toda a lógica responsável pelo mapeamento descrito no primeiro objetivo específico. Além disso, o gerenciador implementa interfaces para a recepção das informações da plataforma CoP-PLA e responde às requisições de informações do usuário, conforme a Seção 5.2. Uma interface adicional pode ser acessada diretamente do servidor semântico, a partir de seu *endpoint SPARQL*.

As consultas semânticas descritas no Capítulo 6 recuperaram informações ligadas aos aspectos estáticos e dinâmicos dos participantes de comunidades de prática. A representação proposta é capaz de organizar informações que estão relacionadas tanto ao usuário quanto à sua rede de relacionamentos. Assim, o perfil dinâmico atualiza-se de acordo com as ações do usuário, mas também com as ações de seus pares. A estas ações é possível associar o contexto e o momento em que ocorreram, os participantes envolvidos, o tipo de ação executada e os recursos e ferramentas de colaboração utilizados.

Sendo assim, é possível afirmar que o uso das tecnologias da web semântica e das ontologias CoPPLA, FOAF e SIOC foi suficiente para construir uma base de conhecimento capaz de capturar e representar o aspecto dinâmico das interações em comunidades de prática. A partir destas informações criou-se um perfil de usuário que recupera os interesses explícitos dos participantes de comunidades de prática, assim como relaciona-os aos interesses de seus pares e conteúdos de suas comunidades.

7.2 Contribuições

A primeira contribuição deste trabalho está no desenvolvimento de um conjunto de serviços que torna a plataforma de comunidades de prática aderente à web semântica. Este esforço compreendeu a adequação de ontologias previamente desenvolvidas e a utilização

das tecnologias da web semântica para a formalização das informações do ambiente. A partir da formalização do conhecimento das comunidades de prática, torna-se possível a execução de consultas semânticas, processamentos automáticos e a interoperabilidade das informações.

O perfil de usuário com semântica associada pode armazenar informações que antes estavam dispersas entre as diferentes ferramentas de colaboração de uma comunidade de prática. A capacidade de acompanhar as interações dos usuários, capturando diferentes aspectos de suas interações e representando-os com valor semântico permite combinar, reutilizar e compartilhar o conhecimento construído dinamicamente durante as trocas ocorridas entre os participantes de comunidades de prática.

Conforme apresentado no Capítulo 2, este trabalho propôs o uso da web semântica para alcançar os três níveis de interoperabilidade do perfil do usuário: estrutural, sintático e semântico. Uma vez que diferentes aplicações podem consumir as informações do perfil do usuário a partir de sua representação formal, considera-se este requisito alcançado. A Tabela 6.1, por exemplo, é o resultado de uma consulta por informações pessoais do usuário. O formato padrão RDF tem para cada resultado associado sua descrição formal. Desta maneira, quem busca por essas informações não precisa conhecer as estruturas internas do perfil do usuário (estrutural), recebe as informações em um formato padrão (sintática) e pode verificar o significado daquela informação (semântico).

7.3 Trabalhos futuros

A integração de tecnologias da web semântica às comunidades de prática amplia as perspectivas de trabalhos futuros em duas frentes principais: a evolução das próprias tecnologias da web semântica e o desenvolvimento de novas ferramentas de gestão, comunicação e colaboração que façam uso desta nova base de conhecimento.

Este trabalho propôs cenários de colaboração, que representaram o uso geral da plataforma CoPPLA, para verificar a conformidade da solução desenvolvida e a sua capacidade de representar as informações de CdPs. A validação em uma aplicação real é uma das atividades que pode ser desenvolvida a partir do estado atual da solução. Esta linha de pesquisa envolve, também, o desenvolvimento do algoritmo para o acompanhamento dos usuários no sistema, integrando-o às interfaces já implementadas pelo gerenciador de perfil dinâmico.

Outros aspectos práticos que podem ser investigados estão relacionados à perfor-

mance das consultas semânticas e a segurança e privacidade das informações. O nível de acesso à base semântica precisa estar de acordo com o papel desempenhado pelo indivíduo na plataforma de comunidades de prática. Determinados sistemas podem consumir informações além de sua competência para a execução de processamentos que possam colaborar para a compreensão geral de determinada situação, desde que de forma anônima e que não revele ao usuário informações às quais ele não possui acesso.

Para delimitar o escopo da dissertação, este trabalho considerou apenas um subconjunto das ferramentas de colaboração, tipos de conteúdo e ações em comunidades de prática. O mapeamento semântico das demais informações já implementadas na plataforma e previstas na ontologia CoPPLA, como avaliação de postagens, também é uma atividade a ser desenvolvida.

A plataforma CoPPLA é aprimorada constantemente e novas ferramentas de colaboração são integradas ao sistema com frequência. Nesta perspectiva, é necessário evoluir o modelo ontológico para descrever estes mecanismos incluídos à plataforma, como a ferramenta de cursos, os elementos de gamificação e, recentemente, aplicativos para celular. Este trabalho envolve, posteriormente, o mapeamento semântico conforme descrito no desenvolvimento desta dissertação.

A ontologia SIOC estende a ontologia Dublin Core para formalizar propriedades como título e data de criação de um recurso. Dublin Core é uma especificação bastante difundida para a formalização de recursos na internet. A ontologia CoPPLA pode seguir a mesma abordagem expandindo seu vocabulário para a formalização de mais informações alinhadas à especificação Dublin Core. Atualmente este alinhamento restringe-se às ontologias FOAF e SIOC.

Finalmente, o uso da web semântica permite a execução de consultas federadas que podem acessar descrições de recursos em bases semânticas externas, como a DBpedia Spotlight. Fazer a conexão com dados abertos vai de encontro à iniciativas como o projeto LOD (*The Linked Open Data Project*), que pretende publicar e interligar dados estruturados na internet utilizando as recomendação da web semântica como SPARQL e RDF. Desta forma, é possível pesquisar por novos relacionamentos e combinar informações para gerar novos conhecimentos, alcançando as 5 estrelas propostas pelo sistema de classificação de dados abertos conectados.

Quanto ao desenvolvimento de novas ferramentas de gestão, comunicação e colaboração para as comunidades de prática, uma base semântica permite que consultas complexas sejam executadas, recuperando e combinando informações, inclusive incompletas,

para a descoberta de novos conhecimentos.

A organização das ações do usuário em uma representação formal permite a definição de métricas para o acompanhamento de sua trajetória pelo ambiente de aprendizagem. A partir destas informações é possível criar painéis interativos combinando as ações dos usuários, contextos, outros participantes que interagiram em um mesmo recurso, materiais relacionados, temas marcados ou quaisquer informações que possam ser recuperadas do servidor semântico.

O perfil dinâmico do usuário evolui conforme as interações acontecem no ambiente e pode ser explorado para a adaptação da plataforma e de suas ferramentas de colaboração, para o aprimoramento de sistemas de recomendação e para a construção de elementos de gamificação que colaborem para a percepção de progresso individual e coletivo.

REFERÊNCIAS

- ABEL, M.; FIORINI, S. R. Uma revisão da engenharia do conhecimento: Evolução, paradigmas e aplicações. **International Journal of Knowledge Engineering and Management (IJKEM)**, v. 2, n. 2, p. 1–35, 2013.
- ALLEN, J. F. A plan-based approach to speech act recognition. 1979.
- ANDRADE, A. d.; VICARI, R. M. Construindo um ambiente de aprendizagem a distância inspirado na concepção sociointeracionista de vygotsky. **Educação online: teorias, práticas, legislação e formação corporativa. São Paulo: Loyola**, p. 257–274, 2003.
- BAKER, R. S.; INVENTADO, P. S. Educational data mining and learning analytics. In: **Learning analytics**. [S.l.]: Springer, 2014. p. 61–75.
- BARUA, D. et al. Modelling long term goals. In: **User Modeling, Adaptation, and Personalization**. [S.l.]: Springer, 2014. p. 1–12.
- BEASLEY, M. **Practical web analytics for user experience: How analytics can help you understand your users**. [S.l.]: Newnes, 2013.
- BEHAR, P. A. **Modelos pedagógicos em educação a distância**. [S.l.]: Artmed, 2009.
- BEHR, A.; PRIMO, T. T.; VICARI, R. Obaa-leme: A learning object metadata content editor supported by application profiles and educational metadata ontologies. In: **Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação**. [S.l.: s.n.], 2014. v. 3, n. 1, p. 455.
- BERKANI, L.; CHIKH, A. Towards an ontology for supporting communities of practice of e-learning “copes”: A conceptual model. **Learning in the Synergy of Multiple Disciplines**, Springer, p. 664–669, 2009.
- BERKANI, L.; CHIKH, A. A process for knowledge reuse in communities of practice of e-learning. **Procedia-Social and Behavioral Sciences**, Elsevier, v. 2, n. 2, p. 4436–4443, 2010.
- BERKANI, L.; CHIKH, A.; NOUALI, O. Semantics and knowledge capitalization in online communities of practice of e-learning. In: **KMIS**. [S.l.: s.n.], 2011. p. 96–104.
- BERNERS-LEE, T. **Linked Data**. [S.l.], 2006. Available from Internet: <https://www.w3.org/DesignIssues/LinkedData.html> (accessed February 04, 2016).
- BERNERS-LEE, T. **Semantic Web and Linked Data**. 2009. Available from Internet: <http://www.w3.org/2009/Talks/0120-campus-party-tbl> (accessed February 10, 2016).
- BERNERS-LEE, T.; HENDLER, J.; LASSILA, O. The semantic web. a new form of web content that is meaningful to computers will unleash a revolution of new possibilities. **Scientific American**, v. 284, n. 5, p. 1–5, 2001.
- BITTENCOURT, I. et al. Towards a new generation of web-based educational systems: The convergence between artificial and human agents. **IEEE Multidisciplinary Engineering Education Magazine**, v. 3, n. 1, p. 17–24, 2008.

- BOJARS, U. et al. Sioc core ontology specification. **WC Member**, 2007.
- BORBA, E. J. de; GASPARINI, I. O uso da trajetória de aprendizagem do aluno em ambientes virtuais de aprendizagem. **RENOTE**, v. 13, n. 1, 2015.
- BORST, W. N. **Construction of engineering ontologies for knowledge sharing and reuse**. [S.l.]: Universiteit Twente, 1997.
- BOUDEBZA, S. et al. Using an ontological and rule-based approach for contextual semantic annotations in online communities. In: **E-Learning Systems, Environments and Approaches**. [S.l.]: Springer, 2015. p. 95–115.
- BRAY, T. The javascript object notation (json) data interchange format. 2014.
- BRICKLEY, D.; MILLER, L. Foaf vocabulary specification 0.98. **Namespace document**, v. 9, 2012.
- BRUSILOVSKY, P.; MILLÁN, E. User models for adaptive hypermedia and adaptive educational systems. In: SPRINGER-VERLAG. **The adaptive web**. [S.l.], 2007. p. 3–53.
- BURKE, R. Hybrid web recommender systems. In: **The adaptive web**. [S.l.]: Springer, 2007. p. 377–408.
- CABALLÉ, S. Evaluation and validation of the virtualization of live collaborative learning sessions. **International Journal of Engineering Education**, v. 28, n. 6, p. 1274, 2012.
- CABALLE, S. et al. Enhancing knowledge management in online collaborative learning. **International Journal of Software Engineering and Knowledge Engineering**, World Scientific, v. 20, n. 04, p. 485–497, 2010.
- CABALLÉ, S. et al. Providing effective feedback, monitoring and evaluation to on-line collaborative learning discussions. **Computers in Human Behavior**, Elsevier, v. 27, n. 4, p. 1372–1381, 2011.
- CABALLÉ, S. et al. Cc–lr: providing interactive, challenging and attractive collaborative complex learning resources. **Journal of Computer Assisted Learning**, Wiley Online Library, v. 30, n. 1, p. 51–67, 2014.
- CARMAGNOLA, F.; CENA, F.; GENA, C. User model interoperability: a survey. **User Modeling and User-Adapted Interaction**, Springer, v. 21, n. 3, p. 285–331, 2011.
- CHIKH, A.; BERKANI, L. Communities of practice of e-learning, an innovative learning space for e-learning actors. **Procedia-Social and Behavioral Sciences**, Elsevier, v. 2, n. 2, p. 5022–5027, 2010.
- CHIKH, A.; BERKANI, L.; SARIRETE, A. Modeling the communities of practice of e learning (copes). In: **4th Annual Conference proceedings of Learning International Networks Consortium**. [S.l.: s.n.], 2007. p. 428–441.
- COHEN, P. R.; PERRAULT, C. R. Elements of a plan-based theory of speech acts. **Cognitive science**, Elsevier, v. 3, n. 3, p. 177–212, 1979.

CONESA, J. et al. Towards an ontology to model and represent collaborative learning data. In: SPRINGER. **World Summit on Knowledge Society**. [S.l.], 2011. p. 351–356.

CONESA, J. et al. Exploiting the semantic web to represent information from on-line collaborative learning. **International Journal of Computational Intelligence Systems**, Taylor & Francis, v. 5, n. 4, p. 653–667, 2012.

CROCKFORD, D. The application/json media type for javascript object notation (json). 2006.

ELLIS, C. A.; GIBBS, S. J.; REIN, G. Groupware: some issues and experiences. **Communications of the ACM**, ACM, v. 34, n. 1, p. 39–58, 1991.

ERLING, O. **Implementing a SPARQL compliant RDF triple store using a SQL-ORDBMS**. [S.l.]: Technical Report, OpenLink Software Virtuoso, 2001.

ERLING, O. Virtuoso, a hybrid rdbms/graph column store. **IEEE Data Eng. Bull.**, v. 35, n. 1, p. 3–8, 2012.

FENSEL, D. et al. Oil: An ontology infrastructure for the semantic web. **IEEE intelligent systems**, IEEE, v. 16, n. 2, p. 38–45, 2001.

FERNANDEZ, M. et al. User profile modelling in online communities. 2014.

FIORIO, M.; SILVA, J. da; RIBEIRO, A. Um framework de comunidades de prática em ambientes virtuais de aprendizagem. **RENOTE**, v. 9, n. 1, 2011.

FRANCISCATTO, R. et al. Scala–sistema de comunicação alternativa para letramento de pessoas com autismo: implementação de um sistema de busca avançada. In: **XI Congresso de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología (TE&ET 2016)**. [S.l.: s.n.], 2016.

FUKS, H.; RAPOSO, A. B.; GEROSA, M. A. Engenharia de groupware: desenvolvimento de aplicações colaborativas. In: **XXI Jornada de Atualização em Informática, Anais do XXII Congresso da Sociedade Brasileira de Computação**. [S.l.: s.n.], 2002. v. 2, p. 89–128.

FUKS, H. et al. Do modelo de colaboração 3c à engenharia de groupware. **Simpósio Brasileiro de Sistemas Multimídia e Web–Webmidia**, p. 0–8, 2003.

GAÑÁN, D.; CABALLÉ, S.; CONESA, J. Towards software infrastructure for the systematic virtualization of collaborative learning sessions. In: IEEE. **Intelligent Networking and Collaborative Systems (INCoS), 2013 5th International Conference on**. [S.l.], 2013. p. 422–429.

GAÑÁN, D. et al. An application framework to systematically develop complex learning resources based on collaborative knowledge engineering. **International Journal of Applied Mathematics and Computer Science**, v. 25, n. 2, p. 361–375, 2015.

GAUCH, S. et al. User profiles for personalized information access. In: **The adaptive web**. [S.l.]: Springer, 2007. p. 54–89.

GHORAB, M. R. et al. Personalised information retrieval: survey and classification. **User Modeling and User-Adapted Interaction**, Springer, v. 23, n. 4, p. 381–443, 2013.

GRUBER, T. Collective knowledge systems: Where the social web meets the semantic web. **Web semantics: science, services and agents on the World Wide Web**, Elsevier, v. 6, n. 1, p. 4–13, 2008.

GRUBER, T. R. et al. A translation approach to portable ontology specifications. **Knowledge acquisition**, Academic Press, v. 5, n. 2, p. 199–220, 1993.

HASAN, L.; MORRIS, A.; PROBETS, S. Using google analytics to evaluate the usability of e-commerce sites. **Human centered design**, Springer, p. 697–706, 2009.

HEALY, A. Communities of practice as a support function for social learning in distance learning programs. **M.D. Lytras, al. et (Eds.), WSKS 2009, CCIS 49**, p. 49–56, 2009.

HEATH, T.; BIZER, C. Linked data: Evolving the web into a global data space. **Synthesis lectures on the semantic web: theory and technology**, Morgan & Claypool Publishers, v. 1, n. 1, p. 1–136, 2011.

HOGAN, A. Linked data & the semantic web standards. In: **Linked Data Management**. [S.l.]: Chapman and Hall/CRC, 2014. p. 3–48.

HOLZHÜTER, M.; FROSCH-WILKE, D.; KLEIN, U. Exploiting learner models using data mining for e-learning: A rule based approach. In: **Intelligent and Adaptive Educational-Learning Systems**. [S.l.]: Springer, 2013. p. 77–105.

ISOTANI, S.; BITTENCOURT, I. I. **Dados Abertos Conectados: Em busca da Web do Conhecimento**. [S.l.]: Novatec Editora, 2015.

ISOTANI, S. et al. Estado da arte em web semântica e web 2.0: potencialidades e tendências da nova geração de ambientes de ensino na internet. **Brazilian Journal of Computers in Education**, v. 17, n. 01, p. 30, 2009.

KÄSER, T. et al. Beyond knowledge tracing: Modeling skill topologies with bayesian networks. In: SPRINGER. **Intelligent Tutoring Systems**. [S.l.], 2014. p. 188–198.

KELLY, D.; TEEVAN, J. Implicit feedback for inferring user preference: a bibliography. In: ACM. **ACM SIGIR Forum**. [S.l.], 2003. v. 37, n. 2, p. 18–28.

KOBASA, A. Generic user modeling systems. In: **The adaptive web**. [S.l.]: Springer, 2007. p. 136–154.

LUNA, V. et al. An ontology-based approach for representing the interaction process between user profile and its context for collaborative learning environments. **Computers in Human Behavior**, Elsevier, v. 51, p. 1387–1394, 2015.

MIZOGUCHI, R. Part 1: introduction to ontological engineering. **New Generation Computing**, Springer, v. 21, n. 4, p. 365–384, 2003.

MIZOGUCHI, R.; BOURDEAU, J. Using ontological engineering to overcome ai-ed problems: Contribution, impact and perspectives. **International Journal of Artificial Intelligence in Education**, Springer, v. 26, n. 1, p. 91–106, 2016.

MOLON, J. T. et al. Armazenando registros de colaboração utilizando triple store. In: **Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação**. [S.l.: s.n.], 2013. v. 2, n. 1.

O'REILLY, T. **What is web 2.0**. 2005.

PEÑA-AYALA, A. Educational data mining: A survey and a data mining-based analysis of recent works. **Expert systems with applications**, Elsevier, v. 41, n. 4, p. 1432–1462, 2014.

PEREIRA, M.; SILVA, J. L. T. da; BOFF, E. Um sistema de following para ampliar a interação em comunidades de prática. **RENOTE**, v. 11, n. 3, 2013.

PEREIRA, M. S.; SIQUEIRA, S. W. M. Levantamento sistemático da utilização da web semântica para ambientes virtuais de aprendizagem. In: **Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação**. [S.l.: s.n.], 2014. v. 3, n. 1, p. 475.

PLUMBAUM, T. User modeling in the social semantic web. Technische Universität Berlin, 2015.

PRIMO, T. et al. Towards ontological profiles in communities of practice. **IEEE Multidisciplinary Engineering Education Magazine**, v. 7, p. 13–22, 2012.

PRIMO, T. T. Método de representação de conhecimento baseado em ontologias para apoiar sistemas de recomendação educacionais. 2013.

PROCACI, T. et al. Análise empírica de comunidades online baseadas em enriquecimento semântico para encontrar usuários especialistas. In: **Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação**. [S.l.: s.n.], 2015. v. 4, n. 1, p. 558.

RIBEIRO, A. M. et al. Dos ambientes de aprendizagem às comunidades de prática. **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO**, v. 22, 2011.

RIBEIRO, A. M. et al. Dos ambientes de aprendizagem às comunidades de prática. **Anais do XXII SBIE - XVII WIE**, 2011. Aracaju, 21 a 25 de novembro de 2011.

RICCI, F. et al. User modeling, adaptation and personalization. In: SPRINGER. **Proc. 23rd International Conf., UMAP**. [S.l.], 2015.

RICH, E. User modeling via stereotypes*. **Cognitive science**, Wiley Online Library, v. 3, n. 4, p. 329–354, 1979.

RICH, E. Users are individuals: individualizing user models. **International journal of man-machine studies**, Elsevier, v. 18, n. 3, p. 199–214, 1983.

SERRANO, M. et al. Internet of things iot semantic interoperability: Research challenges, best practices, recommendations and next steps. **European Research Cluster on Internet of Things**, 2015.

SILVA, J. L. D. et al. A reference profile ontology for communities of practice. **International Journal of Metadata, Semantics and Ontologies**, Inderscience Publishers Ltd, v. 7, n. 3, p. 185–196, 2012.

SILVA, J. L. T.; RIBEIRO, A. M.; FIORIO, M. Um estudo de implantação de comunidades de prática em um portal institucional. **RECIIS – R. Eletr. de Com. Inf. Inov. Saúde**, v. 3, n. 3, 2011. Rio de Janeiro.

- TADLAOUI, M.; CHIKH, A.; BOUAMRANE, K. Alem: A reference model for educational adaptive web applications. In: **Intelligent and Adaptive Educational-Learning Systems**. [S.l.]: Springer, 2013. p. 25–48.
- TIFOUS, A. et al. An ontology for supporting communities of practice. In: ACM. **Proceedings of the 4th international conference on Knowledge capture**. [S.l.], 2007. p. 39–46.
- TRIANAFILLOU, E.; POMPORTSIS, A.; DEMETRIADIS, S. The design and the formative evaluation of an adaptive educational system based on cognitive styles. **Computers & Education**, Elsevier, v. 41, n. 1, p. 87–103, 2003.
- VIDOU, G. et al. Towards an ontology for knowledge management in communities of practice. **Practical Aspects of Knowledge Management**, Springer, p. 303–314, 2006.
- W3C. **OpenLink Virtuoso**. [S.l.], 2012. Available from Internet: https://www.w3.org/2001/sw/wiki/OpenLink_Virtuoso (accessed July 21, 2017).
- W3C. **Web Services Architecture**. [S.l.], 2013. Available from Internet: <https://www.w3.org/TR/ws-arch> (accessed September 18, 2017).
- WENGER, E. Communities of practice: Learning as a social system. **Systems thinker**, v. 9, n. 5, p. 2–3, 1998.
- WENGER, E. **Communities of practice: Learning, meaning, and identity**. [S.l.]: Cambridge university press, 1999.
- WENGER, E. Communities of practice and social learning systems. v. 7, n. 2, p. 225–246, Maio 2000. Wenger Organization.
- WENGER, E. **Communities of Practice: Learning as a Social System**. [S.l.: s.n.], 2008.
- WENGER, E. Communities of practice and social learning systems: the career of a concept. **Social learning systems and communities of practice**, Springer, v. 3, p. 179–198, 2010.
- WENGER, E.; TRAYNER, B. Introduction to communities of practice. a brief overview of the concept and its uses. 2015. Available from Internet: <http://wenger-trayner.com/introduction-to-communitiesof-practice> (accessed August 12, 2017).
- WENGER, E.; WHITE, N.; SMITH, J. D. **Digital habitats: Stewarding technology for communities**. [S.l.]: CPsquare, 2009.
- WENGER, E. et al. **Technology for Communities**. [S.l.: s.n.], 2005.
- WERBACH, K.; HUNTER, D. **The gamification toolkit: dynamics, mechanics, and components for the win**. [S.l.]: Wharton Digital Press, 2015.
- WOOLF, B. P. A roadmap for education technology. 2010.
- ZEM-LOPES, A. M. et al. Tecnologias da web semântica em ambientes educacionais: uma revisão sistemática. In: **Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)**. [S.l.: s.n.], 2013. v. 24, n. 1, p. 977.

ZEM-LOPES, A. M.; PEDRO, L. Z.; ISOTANI, S. Qualidade de softwares educacionais baseados na web (semântica): Um mapeamento sistemático. **RENOTE**, v. 12, n. 1, 2014.